

Anais INOVTEC 2019 / INOVTEC Proceedings 2019

**8º Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul
1º Seminário de Educação, Trabalho e Tecnologias**

**Eighth Innovation and Technology Seminar IFSul
First Education, Work and Technologies Seminar**



Edição

**Prof. Dr. Eng. Vinícius Martins
Prof. Tecgº Paulo Ricardo Böesch Júnior**

Novembro 2019

ISSN 2446-7618

Anais INOVTEC 2019 / INOVTEC Proceedings 2019

8º Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul – Brasil/RS
1º Seminário de Educação, Trabalho e Tecnologias – Brasil/RS

Eighth Innovation and Technology Seminar IFSul – Brazil/RS
First Education, Work and Technologies Seminar – Brazil/RS

Os textos que compõem os ANAIS foram impressos conforme os originais enviados pelos autores, portanto todas as informações são de responsabilidade dos autores.

Todos os direitos e autorização para uso das informações contidas nestes Anais pertencem ao **Instituto Federal de Educação, ciência e Tecnologia Sul Rio-grandense.**

Sapucaia do Sul, 05 a 07 de Novembro de 2019.

PREFÁCIO

No ano de 2019 o povo Brasileiro está conhecendo o seu 38º Presidente e a nova câmara dos deputados e congresso nacional. Ouve uma grande renovação na política brasileira, desde os cargos de menor influência até os mais significativos nos três poderes do Brasil. E não foram apenas trocas nos cargos do Poder Executivo, Poder Legislativo e Poder Judiciário, mas também nas grandes empresas Brasileira como Petrobras e Vale. A política brasileira atual ainda é bastante displicente em relação à igualdade de gêneros, mesmo com o aumento do número de mulheres na nova bancada do Congresso. O PIB do Brasil em 2018, foi de R\$ 6,8 trilhões e representou 1,1%. Sendo que havia esperança para 2019, que o PIB fosse de 2,50%. Mas a mediana das projeções do mercado para a economia brasileira em 2019 está sendo de 0,92%. Para 2020, o ponto-médio para o crescimento esperado do Produto Interno Bruto (PIB) do país permaneceu inalterado em 2,00%.

A Ciência, pesquisa e tecnologia sofreram um enorme impacto no seu financiamento, pois as agências de fomento nacional, como o CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) que tiveram o contingenciamento na casa de milhões de reais, que influenciaram o andamento ou até mesmo suspensão de diversas pesquisas. Os cortes de bolsas representaram uma estagnação da pesquisa, mas ilustra uma descontinuidade de entendimento da importância da ciência e tecnologia no país, sem falar de todos os alunos que sofreram com o corte econômico. Mas a pesquisa brasileira continua aumentando a quantidade de publicação nacional, apresentando pesquisas relevantes e estando entre as 15 maiores nações de desenvolvimento científico.

O Marco Legal permite a atualização do Brasil como país de desenvolvimento tecnológico com a integração das instituições de ensino/pesquisa com o mundo produtivo local, nacional e internacional. Mas ainda não foi no ano de 2019 em que o Marco legal deslançou e foi implementado dentro das instituições de ciência e tecnologia.

A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, a qual contém o conjunto de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) afirmam que para pôr o mundo em

um caminho sustentável é urgentemente necessário tomar medidas ousadas e transformadoras. E neste ano de 2019 diversos acidentes ambientais ocorreram reforçando este caráter de urgência de utilização sustentável e desenvolvimento de tecnologia para o atingimentos dos 17 objetivos.

Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável serão somente alcançados através de desenvolvimento tecnológico com inovações através de pesquisa aplicada que é a missão dos Institutos Federais. E é esta a missão do IFSul de desenvolver tecnologia aplicada ao mundo do trabalho através da nacionalização de tecnologias e produtos. A absorção do conhecimento técnico, científico e a formação de recursos humanos para inovação. Unindo o conhecimento teórico ao aplicado através de pesquisas e inovações entre o mundo acadêmico e a o setor industrial é uma das metas que norteiam esta edição do INOVTEC. Neste caminho chegamos ao 8º Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul - INOVTEC 2019 e ao 1º Seminário de Educação, Trabalho e Tecnologias, com o intuito de unir as instituições de pesquisas com troca de informações e tecnologia para o bem comum da humanidade. A junção da indústria, que move o Brasil e impulsiona as riquezas com a academia onde formamos profissionais de alta capacidade prontos para o mundo do trabalho é de fundamental importância estratégica para o país que tem interesse em transformar-se em uma grande potência. A força motriz da inovação é o ser humano criativo e determinado em transformar através do trabalho, o mundo conforme as suas aspirações com determinações promovendo um mundo melhor para as próximas gerações e para o meio ambiente.

Prof. Dr. Vinícius Martins

Presidente da Comissão Organizadora
Sapucaia do Sul - RS, Brasil, Novembro de 2019.

PREFACE

In 2019, the Brazilian people are meeting their 38th President and a new Chamber of Deputies and National Congress. You have made a major reform of Brazilian politics, from the smallest to the highest charges in the three powers of Brazil. There were not only exchanges in the costs of the Executive, Legislative and Judiciary, but also in large Brazilian companies such as Petrobras and Vale. Current Brazilian policy is still quite complicated in relation to gender, even as the number of women on the new Congress bench increases. Brazil's GDP in 2018 was R \$ 6.8 trillion and represented 1.1%. Since there was hope for 2019, or that the GDP was 2.50%. But the median of market projections for the Brazilian economy in 2019 is 0.92%. For 2020, the average point for the expected growth of the country's Gross Domestic Product (GDP) remained unchanged at 2.00%.

Science, research and technology had a huge impact on their funding, as national funding agencies such as CNPq (National Council for Scientific and Technological Development) and Capes (Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel) had the contingency. in the millions of reais, which influenced the progress or even suspension of various research. Scholarship cuts represented a stagnation of research, but it illustrates a lack of understanding of the importance of science and technology in the country, not to mention all the students who suffered from the economic cutback. But Brazilian research continues to increase the amount of national publication, presenting relevant research and being among the 15 largest nations of scientific development.

The Legal Framework allows Brazil to be updated as a technological development country by integrating teaching / research institutions with the local, national and international productive world. But it was not yet in 2019 when the legal framework was launched and implemented within science and technology institutions.

The 2030 Agenda for Sustainable Development, which contains the set of 17 Sustainable Development Goals (SDGs), states that bold and transformative action is urgently needed to put the world on a sustainable path. And this year of 2019 several

environmental accidents occurred reinforcing this urgency of sustainable use and technology development to achieve the 17 objectives.

The 17 sustainable development goals will only be achieved through technological development with innovations through applied research that is the mission of the Federal Institutes. And this is IFSul's mission to develop technology applied to the world of work through the nationalization of technologies and products. The absorption of technical and scientific knowledge and the formation of human resources for innovation. Combining theoretical knowledge with applied knowledge through research and innovations between the academic world and the industrial sector is one of the goals that guide this edition of INOVTEC. In this way we reach the 8th IFSul Innovation and Technology Seminar - INOVTEC 2019 and the 1st Education, Work and Technology Seminar, with the purpose of uniting research institutions with information and technology exchange for the common good of humanity. The junction of the industry, which moves Brazil and drives wealth with the academy where we train high-capacity professionals ready for the world of work is of fundamental strategic importance for the country that is interested in becoming a great power. The driving force of innovation is the creative human being determined to transform through work, the world according to his aspirations with determinations promoting a better world for the next generations and for the environment.

Prof. Dr. Vinícius Martins

President of Organization Commission
Sapucaia do Sul – RS, Brazil, November 2019.

Comissão Organizadora

Vinícius Martins

Claudia Ciceri Cesa

Tomaz Fantin de Souza

Pedro Carlos Hernandez Junior

Luciana Neves Loponte

Michael Gularte Recondo

Carolina Soares da Silva

Marlise Sozio Vitcel

Patrícia Hammes Strelow

Paulo Ricardo Böesch Júnior

Comissão Científica Nacional

André Capellão de Paula (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
André Seidel (UNILASALLE – Brasil)
Carlos Alberto Mendes Moraes (UNISINOS – Brasil)
Carmen Iara Walter Calcagno (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Célia Malfatti (UFRGS – Brasil)
César Antonio Oropesa Avellaneda (UFPel – Brasil)
Cesar Pedrini Neto (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Cristiano Vitorino da Silva (URI – Brasil)
Daniel Pacheco Lacerda (UNISINOS – Brasil)
Diego Pacheco Wermuth
Diego Piazza (UCS – RS)
Durval João De Barba Júnior (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Eduardo André Perondi (UFRGS – Brasil)
Eleani Maria da Costa (PUC-RS – Brasil)
Ênio Cesar Machado Fagundes (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Gelsa Edith Navarro Hidalgo (UFRGS / Unilasalle – Brasil)
Guilherme Holsbach Costa (UCS – Brasil)
Ivan Guerra Machado (UFRGS – Brasil)
Jarbas André da Rosa (FACCAT – Brasil)
Joanir Luís Kalnin (UCS – Brasil)
José Carlos Krause de Verney (ULBRA – Brasil)
José Lesina César (ULBRA – Brasil)
Leandro Sosnoski (FTEC – Brasil)
Lírio Schaeffer (UFRGS – Brasil)
Lisiane Trevisan (IFRS – Brasil)
Luciana Neves Loponte (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Marcelo Adriano Duarte (IFSUL – Brasil)
Maria Luiza Sperb Indrusiak (UNISINOS – Brasil)
Maria Raquel Caetano (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Mauricio Zardo Oliveira (UCS – Brasil)
Moises de Mattos Dias (FEEVALE – Brasil)
Nestor Heck (UFRGS – Brasil)
Patrice Monteiro de Aquim (FEEVALE – Brasil)
Patrícia Thoma Elts (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Pedro Carlos Hernandez Júnio (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Rejane Maria Candiota Tubino (UFRGS – Brasil)
Robinson Figueiredo de Camargo (UFMS – Brasil)
Rodrigo Marques de Figueiredo (UNISINOS – Brasil)
Ruth Marlene Campomanes Santana (UFRGS – Brasil)
Sandro Luís Arenhardt (SENAI – Brasil)
Sandro Rogério dos santos (UCS – Brasil)
Sérgio da Silva Kucera (UCS – Brasil)
Tomaz Fantin de Souza (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)
Vânia Caldas de Souza (UFRGS – Brasil)
Vinícius Martins (IFSul – câmpus Sapucaia do Sul – Brasil)

Comissão Científica Internacional

Professor PHD José R. Marty Delgado (UCLV – Cuba / Angola)

Professor Dr. Germán Abate (INTI - Argentina)

Professor Dr. Ernesto Gustavo Máffia (Universidad Nacional de La Plata – Unlp)

Professor John Strybos (Alamo Colleges – Estados Unidos)

Comissão Discente

Anabelly Machado Teixeira

Andressa Piñeiro Machado

Cristiane Ferreira

Douglas Fontoura Oliveira

Eduarda Machado da Silva

Fernanda Espinoza Genuino

Gabriel Marques de Borba

Gabriela Araujo Caron

Ingrid Ashelley da Cunha e Silva

Júlia Henz Santana

Kethellen Ariadne Pereira da Silva

Larissa Tups Brandão

Leonardo Meres Soares

Ludimila Machado Trein

Luiza Helena da Cruz Souto

Maria Eduarda Weber Cardoso

Nayuri de Souza Kargwanski

Róbson da Silva de Dorneles

Realização

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), Campus Sapucaia do Sul, iniciou suas atividades em 1996, fruto do trabalho incansável da então Escola Técnica Federal de Pelotas e do apoio da comunidade de Sapucaia do Sul. Hoje vivemos um novo e promissor momento. O campus Sapucaia do Sul ampliou sua oferta de cursos voltados para a educação profissional e tecnológica, atuando em todas as suas modalidades, consoante com os desafios de um país consciente do papel fundamental da formação técnica e humana para o desenvolvimento sustentável.

O IFSUL/Campus Sapucaia do Sul pensa o futuro com a experiência e o conhecimento construído ao longo desses mais de dez anos de existência. Tornar-se o CENTRO DE REFERÊNCIA MUNDIAL NO SETOR DO PLÁSTICO E PARA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL é, portanto, uma meta coerente com o passado e condizente com o momento presente de nosso trabalho em prol de uma educação voltada para a promoção humana e social.

Para tanto precisamos estar preparados e é o que estamos demonstrando nos últimos anos com o incentivo à capacitação docente, com a modernização de nossas instalações, com a qualificação permanente de nosso quadro de funcionários, com a ampliação de nossos laboratórios equipados para atender as demandas dos diferentes cursos e com a consolidação de importantes parcerias institucionais.

Reiteramos que o investimento em educação, quando bem planejado, contribui para a construção de um mundo melhor para todos. Acreditamos que, diante do cenário mundial de incertezas e transformações, atitudes firmes que coloquem a educação em primeiro lugar e como alicerce de novas oportunidades são o diferencial para a efetivação de nosso compromisso social.

Em suma, embora nossos esforços institucionais estejam voltados para a inovação tecnológica, temos plena consciência de nosso papel formativo. Nosso foco fundamental é o educando. Nesse sentido, garantir um ambiente propício para o desenvolvimento das atividades pedagógicas, melhorar nossa infraestrutura e buscar novas oportunidades também fazem parte do compromisso assumido com uma educação para a vida e com a formação de profissionais para o mundo.

INDICE - SUMMARY

375- ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA DUREZA EM LIGA DE TITÂNIO TI6AL4V FORJADA A QUENTE E TRATADA TERMICAMENTE

Vojciechovski Jr, J.¹; Lima, D. R. S de.²; Medeiros, G. A.³; Wolfart Jr. M.⁴

1 - 8

376- DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA

Wlassak, F. M.¹; Wolfart Junior, M.²; Ozorio, M. J. C.³; Pasini, M. R.⁴; Lima, D. R. S.⁵; Fogliatto, A. A. B.⁶

9 - 18

377- UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO HÍBRIDO NO INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA - LAGES

Medeiros, G. A.¹; Teixeira, E.²; Lima. D.R.S de³

19 - 24

378- CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL ATRAVÉS DE ATAQUE QUÍMICO COLORIDO COM LEPERA PARA AÇO E FERRO FUNDIDO

Silva, M.A.¹; Wolfart Junior, M.²; Lima, D. R. S.³; Fogliatto, A. A. B.⁴; Ozorio, M. J. C.⁵; Pereira, L.⁶

25 - 35

379- DESENVOLVIMENTO DE MOLDES PARA PRODUZIR PLACAS EM BRAILLE

Aguirre, H. R.¹; Calcagno, C. I. W.²; De Barba Jr, D. J.³

36 - 47

380- AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DOS EQUIPAMENTOS DE PROCESSAMENTO DE TERMOPLÁSTICOS NUMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS ENVOLVIDOS

Bonaci,R.¹; Zortea, B,R²

48 - 62

381- A INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PREPARAÇÃO DO MATERIAL NAS PROPRIEDADES DA ESPUMA DE FÉCULA DE MANDIOCA

Figueiró, C. S.¹; de Sá, M. R. T.²; Calcagno, C. I.W.³; Santana, R. M. C.⁴

63 - 75

382- CLASSIFICAÇÃO DE AFÍDEOS COM MOMENTOS INVARIANTES DE HU E REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Belloni, B. M.¹; Lazzaretti, A. T.²; dos Santos, C. A. S.³

76 - 82

383- ANÁLISE DAS PRODUÇÕES INDUSTRIAIS DA EMPRESA BRAPOTEC

Macedo, A. R.¹; de Oliveira, D. ²; da Rosa, J. L. B.³; de Oliveira, L. T.⁴; Dalpiaz, T. A.⁵

83 - 97

384- APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA NA PRODUÇÃO DE PEÇAS

Becker, G. K.¹; Abreu, J. L. ²; Pletsch, L. M. ³; Zortea, R. B.⁴;

98 - 111

385- SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA COM APROVEITAMENTO DA DESCARGA DE COMPRESSORES DE AMÔNIA: DESSUPERAQUECEDOR A PLACAS

Marzocchella, D.¹

112 - 122

386- INTEGRAÇÃO DE UM MÓDULO DE MOVIMENTAÇÃO LINEAR E SISTEMA DE VISÃO NO CONTEXTO DE UMA BANCADA DE INSPEÇÃO

Pereira, I.¹; Sabino Netto, A.C.²

123 - 129

387- ESTUDO PARA ADEQUAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D DE BAIXO CUSTO PARA IMPRESSÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS DE ALTA TEMPERATURA DE PROCESSAMENTO

Fischer, M.¹; Cioccarri, G. B. ²; Sabino. Netto, A. C.³

130 - 136

388- INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO MECÂNICA A FRIO E DE SUAS DIFERENTES FERRAMENTAS NA MICROESTRUTURA DA LIGA DE ALUMÍNIO AI-9,5Si

Bagatini, P. S.¹; Bartex, S. L. T.²; de Barcellos, V. K.³

137 – 144

389- A INFLUÊNCIA DA DISPERSÃO DE LUZ, GERADA POR UMA CAMADA ADICIONAL DE TIO₂, NOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES.

Andrade, R.L.¹; Santos, M.J.L.²; Oliveira, M.C.³; Kohlrausch, E.C.⁴

145 – 159

390- INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO TÉRMICO DOS FILMES DE SEMICONDUTOR DO ELETRODO NOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTE

Andrade, R.L.¹; Santos, M.J.L.²; Oliveira, M.C.³; Kohlrausch, E.C.⁴

160 – 174

391- DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO COM FIBRA DE CARBONO E MATRIZ DE RESINA EPÓXI DA ASA DE UMA AERONAVE

de Castro, A.M.¹; Grison, V.²; Gasparin, A. L.³

175 – 189

392- INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE FIBRA DA CASCA DE BANANA E LÚPULO NAS PROPRIEDADES DE EMBALAGENS EXPANDIDAS DE FÉCULA DE MANDIOCA

Silva, A.¹; Trojaner, M. R.²; Figueiró, C. S.³; Araújo, L.L.⁴; Santana, R. M. C.⁵

190 – 198

393- FERRAMENTA DE MONITORAMENTO PARA PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Piovezan, A. A.¹; Waskow, R. P.²; Campani, D. B.³; Tubino, R. M. C.⁴

199 – 213

394- ASPECTOS GERAIS DA INJEÇÃO DE PÓ METÁLICO (Fe) UTILIZANDO PEAD E BORRACHA TERMOPLÁSTICA

Silva, F.¹; Motta, C. A.O. ²; Callegaro, R.M.³

214 – 227

395- INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE TiB₂ NA MICROESTRUTURA, REFINAMENTO DE GRÃO E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA LIGA ZAMAC 5

Boaroli, D.¹; Knewitz, F. L.²; de Souza, A. D. C.³; Kempinski, L. A.⁴; Barbosa, L. G. M. S.⁵; de Barcellos, V. K.⁶

228 – 236

396- REPROJETO DA GEOMETRIA DE UMA BOBINADOR DE FILMES PLANOS

de Barba Jr., D. J.¹; Martins, V. ²; Cardozo, F. G.³

237 – 250

397- SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA O MOSTO DECERVEJA ARTESANAL: PARTE 2 - EXECUÇÃO

de Barba Jr., D. J.¹; Oliveira, J. A .P. ²; Araujo, R. D.³

251 – 263

398- SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA O MOSTO DE CERVEJA ARTESANAL: PARTE 1 - PROJETO

de Barba Jr., D. J.¹; Oliveira, J. A .P. ²; Araujo, R. D.³

264 – 277

399- MEDIDOR DE ENERGIA PARA MÁQUINAS USANDO ARDUINO: MELHORIAS APLICADAS

de Barba Jr., D. J.¹; Bork, C. A .S. ²; Weber, L. O.³

278 – 288

400- MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO: MÁQUINA INJETORA ARBURG MODELO 420C

de Barba Jr., D. J.¹; Bork. C.A.S. ²; Vargas, T. R.³

289 – 301

401- MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO: TRANSFORMADOR RETIFICADOR

de Barba Jr., D. J.¹; Bork. C.A.S.²; Silva, M. A. S.³

302 – 313

402- UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO DFE MATRIX EM MOLDES DE INJEÇÃO

de Barba Jr., D. J.¹; Bork. C.A.S.²; Marques, G.S.³; Avila, L.F.⁴

314 – 323

403- MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO: MICROCERVEJARIA

de Barba Jr., D. J.¹; Bork. C.A.S.²; Ambrosi, M.³

324 – 333

404- TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: IMPLANTAÇÃO NO PROCESSO DE ELETROEROSÃO POR PENETRAÇÃO

De Barba Jr., D. J.¹; Bork. C.A.S.²; Melgar, A. D.³; Duarte, M. O.⁴

334 – 347

405- AUTOMAÇÃO DA ETAPA DE MOSTURAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ARDUINO

de Barba Jr., D. J.¹; Bork. C.A.S.²; Silva, L. B.³

348 – 358

406- INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PELOTIZAÇÃO NO GRAU DE ESFERICIDADE E ARREDONDAMENTO DE PARTICULADOS CERÂMICOS

Wurzel, G. B.¹; Calcagno, C. I. W.²

359 – 371

407- IMPRESSÃO 3D POR MÉTODO FDM COM FILAMENTO DE PEAD

Zedes, G. R.¹; Calcagno, C. I. W.²; Fagundes, E. C. M.³

372 – 382

408- CORROSÃO EM DUTOS DE ÁGUA INDUSTRIAL

Zortéa, J.B. ¹; Scienza, L.C. ²; Martins, V. ³; Hubert, H.M.K.⁴

383 – 394

409- CONFECÇÃO DE ROSCAS M10 EM IMPRESSORA 3D FDM COM VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DE EXTRUSÃO

Rigo, J. C. F. ¹; Calcagno, C. I. W. ²; de Barba Jr, D. J. ³

395 – 404

410- ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO EFEITO DO LUBRIFICANTE EM UM PROCESSO DE TREFILAÇÃO DE BARRAS DE AÇO SAE 1020 E SAE 1045

Dos Santos, J. T. ¹; De Souza, T.F. ²

405 – 417

411- COMPORTAMENTO DE DESGASTE DA LIGA DE MAGNÉSIO ZK30 REVESTIDA PELO PROCESSO DE ANODIZAÇÃO ASSISTIDA POR PLASMA (PEO)

Mussulini, L.¹; Rodrigues, J.S. ²; Malfatti, C.³

418 – 427

412- ANODIZAÇÃO ASSISTIDA POR PLASMA (PEO) APLICADA EM LIGA DE ALUMÍNIO 2024-T3

Dorneles, M.T.¹; Rodrigues, J.S.²; Santos, P.B.³; Castro, V.V.⁴; Malfatti, C.F. ⁵

428 – 436

413- REVESTIMENTOS CERÂMICOS PRODUZIDOS POR ANODIZAÇÃO ASSISTIDA POR PLASMA (PEO) EM Ti-6Al-4V

Bell, P.S.¹; Kerstner, E.K.²; de Castro, V.V.³; Krieger, D.⁴; Aguzzoli, C.⁵; Malfatti, C.F.⁶

437 – 446

414- ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE FALHA EM PRATO DE ENCOSTO DE LIGA MPIF-FC0208

Peixoto, P. H.¹; Nascimento, T. S.²; Pereira L.³; Amaral. R. F.⁴; Barcellos, V. K.⁵

447 – 453

415- CENÁRIO DE SINALIZAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO DAS PORTAS DO IFSUL/SAPUCAIA

de Souza, R. R.¹; Calcagno, C. I. W.²

454 – 461

416- DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE CORTE IMPRESSOS EM 3D

Aguirre, T. A. R. ¹; Calcagno, C. I. W. ²

462 – 471

417- ANÁLISE EXPERIMENTAL DO EFEITO DA GEOMETRIA DA FIEIRA EM BARRAS TREFILADAS DE AÇO SAE 1045 PARA DIFERENTES REDUÇÕES DE PROCESSO

de Souza, T.F.¹; Wolfardt, M.Jr. ²; Turra, C, J.³; Carvalho, F.A.C.⁴; Rocha, A.S.⁵

472 – 484

418- AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM PROCESSO DE TREFILAÇÃO PARA DIFERENTES REDUÇÕES DOS AÇOS SAE 1020 E 1045 EM AMBIENTE INDUSTRIAL E EM MÁQUINA DE ENSAIOS

de Souza, T.F.¹; Wolfardt, M.Jr. ²; Pasini, M, R.³; Schoenwald, M.L.⁴; Rocha, A.S.⁵

485 – 496

419- MÓDULO DIDÁTICO DE MEDIÇÃO DE DEFLEXÃO

da Rosa, W. C. ¹; de Souza, T. F. ²

497 – 508

420- USINAGEM DO NIÓBIO COMERCIALMENTE PURO, UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ferrari, V.Z.¹; Malfatti, C.F.²; Martins, V. ³; Tavares, A.C. ⁴

509 – 523

421- “ENTRANDO EM CENA”: APRENDENDO SOBRE A CONQUISTA DOS DIREITOS TRABALHISTAS A PARTIR DE UM JOGO DE INTERPRETAÇÃO DE PAPÉIS EM ESTILO RPG

Parisoto, C.A. ¹; Hammes, I. L. ²

524 – 530

422- A NECESSIDADE DA INCLUSÃO DA AGROECOLOGIA NOS CURSOS TÉCNICOS DE AGROPECUÁRIA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

Parisoto, M.¹; Calixto, P. M. ²

531 – 538

423- DIÁLOGOS SOBRE A FORMAÇÃO NO CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

Martins, R. S.¹; Santos Jr, N. J. F. dos ²; Valadão, Y. das N. ³

539– 546

424- O EMI SOB A ÓTICA DOS ESTUDANTES DOS QUARTOS ANOS DOS CURSOS TÉCNICOS INTEGRADOS DO IFRS CAMPUS OSÓRIO

Garcez, E. B.¹; Loponte, L. N. ²

547 – 557

425- MÉTODOS ALTERNATIVOS NA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA: UM ESTUDO SOBRE MONTESSORI E WALDORF

Neves, C. C. M.¹; Jung, H. S.²

558 – 566

426- RELAÇÕES DE GÊNERO NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO: TRAJETÓRIAS E EXPERIÊNCIAS DE JOVENS-ALUNOS NO AMBIENTE ESCOLAR

Saueressig, G.G.¹; Staats, L. S.²; de Azevedo Prates, D. M.³

567 – 581

427- OS JOVENS DO ENSINO MÉDIO INTEGRADO E A SOCIEDADE DO CANSAÇO: REFLEXÕES NECESSÁRIAS PARA A FORMAÇÃO DO SUJEITO INTEGRAL

Madalena, A. G.¹; Caetano, M. R. ²

582 – 594

428- ADAPTAÇÃO DE TEXTOS LITERÁRIOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA INTELECTUAL

Pires, V. O. D.¹; Cardozo, J. V. ²

595 – 604

**429- CRIATIVIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA:
PROCESSOS DE CRITICIDADE GERADORES DE TRANSFORMAÇÃO**

Ritter, E.S. Del Z.¹; Eltz, P. T. ²

605 – 611

**430- INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: POLÍTICA PEDAGÓGICA
INSTITUCIONAL COMO FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.**

Soares, E.R.¹; Eltz, P.T.²

612 – 626

**431- INTÉRPRETE DE LIBRAS E USO DE APLICATIVOS TRADUTORES: REFLEXÃO
SOBRE SUAS CONTRIBUIÇÕES NA INCLUSÃO DE ALUNOS SURDOS**

Pereira, M. K. ¹; Bueno, K. A. ²

627– 637

432- PESSOAS DEFICIENTES, PRECONCEITO E MERCADO DE TRABALHO

Pessel, E. R.¹

638 – 652

**433- A UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO
COMO PROPULSORAS DA AUTONOMIA DE PESSOAS DA MATURIDADE**

Luz, C.B.S.¹; Jung, H.S. ²; Miranda, J.A.A.³;

653 – 662

**434- A GESTÃO DEMOCRÁTICA NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIENCIA
E TECNOLOGIA SULRIOGRANDENSE E O DESENVOLVIMENTO REGIONAL**

Caetano, M.R.¹; da ROSA, W. F. R.²

663 – 677

435- APRESENTAÇÃO DOS NÚMEROS IRRACIONAIS COM O AUXÍLIO DA TI

Coiro, L. B.¹; Cordeiro, M. N. ²

678 – 686

436- MANIFESTAÇÃO CULTURAL: UM GRUPO DE TRABALHO PARA A REVITALIZAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS DE CONVIVÊNCIA

Ritter, E.S. del Z.¹; Eltz, P. T. ²; Genuíno, F. ³; de Borba, G. M.⁴; Kargwanski, N. de S.⁵; da Silva, K. A.P. ⁶

687 – 693

437- UTILIZAÇÃO DOS LACTOBACILLUS BULGARICUS NAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS

de Oliveira, M. A. M.¹; Serpa, D. ²; Queiroz, B.³

694 – 701

438- WEBQUEST: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA E MATEMÁTICA

Fagundes, A. G. F.¹; Spolavori, M. F. ²

702 – 710

439- EXPRESSÕES NUMÉRICAS: UMA INTERVENÇÃO SIGNIFICATIVA

Lopes, M. M.¹

711 – 725

440- A REDE DE INFLUÊNCIAS E O CONTEXTO DO TEXTO DA EDUCAÇÃO FÍSICA NA BASE COMUM CURRICULAR: PISTAS PARA UMA ANÁLISE CRÍTICA

Farias, L. S.¹; Caetano, M. R.²

726 – 738

441- METODOLOGIAS PARA CONSTRUIR IDEIAS GEOMÉTRICAS DE POLÍGONOS E ÂNGULOS NO OITAVO ANO: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA

Munhoz, C. I. F. ¹; Pureza, P. C.²

739 – 751

442- RESSIGNIFICAÇÃO DOS CONCEITOS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO, ATRAVÉS DO ASSUNTO ELETRONEGATIVIDADE

de Oliveira, M. A. M.¹; Migliorini, M. V. ²

752 – 756

ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA DUREZA EM LIGA DE TITÂNIO Ti6Al4V FORJADA A QUENTE E TRATADA TERMICAMENTE

Vojciechowski Jr, J.¹

Lima, D. R. S de.²

Medeiros, G. A.³

Wolfart Jr. M.⁴

¹ Graduando em Engenharia Mecânica, Joécio Vojciechowski Júnior, IFC Campus Luzerna, joelciovjunior@gmail.com.

² Doutor em Engenharia – Processos de Fabricação, Diego Rodolfo Simões de Lima, IFC Campus Luzerna, diego.lima@ifc.edu.br.

³ Mestre em Engenharia – Processos de Fabricação, Gianpaulo Alves Medeiros, IFSC Campus Joinville, gianpaulo.medeiros@ifsc.edu.br

⁴ Doutor em Engenharia – Ciência dos Materiais, Mario Wolfart Junior, IFC Campus Luzerna, mario.wolfart@ifc.edu.br

Resumo

Ligas de titânio forjadas apresentam elevada resistência mecânica e baixo peso específico, o que possibilita que essas ligas possuam aplicações em diversos ramos industriais, como o segmento automobilístico e aeroespacial. Apresentam também boa biocompatibilidade, tendo seu uso crescentemente explorado para a obtenção de próteses e materiais biomédicos em geral. Neste artigo é abordada uma análise experimental, realizada na liga Ti6Al4V, caracterizando a evolução da dureza do material ao longo de seu processamento. Foram medidas as durezas obtidas desde as condições iniciais de fornecimento, seguindo a análise após as amostras serem forjadas a quente e, por fim, deformada e tratada termicamente. Os resultados mostram acréscimo considerável de dureza após deformação plástica e ainda maior quando forjada e tratada termicamente, evidenciando o grande potencial de endurecimento dessa liga após processamento.

Palavras-chave: Forjamento a quente, forjamento de liga de titânio, Ti6Al4V.

ESTUDY OF HARDNESS VARIATION OF HOT FORGED AND HEAT TREATED TITANIUM ALLOY Ti6Al4V

Abstract

Forged titanium alloys have high mechanical strength and low specific weight, which enables these alloys to have applications in various industrial sectors, such as the automotive and aerospace segments. They also have good biocompatibility, and their use has been increasingly explored to obtain prostheses and biomedical materials. This paper deals with an experimental analysis, applied on Ti6Al4V alloy, characterizing the hardness evolution of the material processing. The hardness obtained from the initial supply conditions were measured, as was after the samples were hot forged and, finally, measured after deformed and heat treated. The results show a considerable increase in hardness after plastic deformation and even higher

when forged and heat treated, showing the great hardening potential of this alloy after processing.

Key words: hot forging, Titanium alloy forging, Ti6Al4V.

1 INTRODUÇÃO

As ligas de titânio apresentam como característica principal uma alta resistência mecânica, combinada com baixa densidade e boa resistência à corrosão, gerando então, componentes que suportam elevadas forças de trabalho, associado com um baixo peso. Estas, são qualidades buscadas por diversas áreas industriais, sobretudo pela automobilística, aeronáutica, aeroespacial, petrolífera e biomecânica [1].

Quanto à classificação destas ligas, elas se diferem de acordo com as fases existem na microestrutura em temperatura ambiente, podendo ser Alpha (α), Beta (β) ou Alpha + Beta ($\alpha+\beta$). As ligas α apresentam uma estrutura cristalina HC, apresentando boa resistência mecânica e tenacidade, pecando, porém, na conformabilidade. Já as ligas β apresentam boa conformabilidade, devido sua estrutura cristalina ser HCC, com boas qualidades mecânicas para trabalhos a frio, porém, não indicadas para altas temperaturas pela alta vulnerabilidade de contaminação pela atmosfera [1].

Já as ligas $\alpha+\beta$ possuem boa combinação das características mecânicas das duas fases, com a vantagem de serem mais resistentes à oxidação e serem tratáveis termicamente [1]. A liga Ti-6Al-4V é uma das mais importantes neste grupo, devida sua ampla utilização, boa conformabilidade e usinabilidade. Esta, apresenta alto ponto de fusão e alta aplicabilidade na indústria aeroespacial, onde fatores como a resistência à fluência, fadiga e degradação são essenciais, características presentes na liga. Apenas esta indústria consome cerca de 75% do Titânio mundial [2].

Para a produção de peças nesta liga é comum a prática de forjamento, que consiste em um processo de conformação mecânica que imprime uma força de compressão em um material metálico sobre uma matriz, forçando-o assumir a geometria desta. As matrizes podem ser abertas, onde o material escoar livremente sobre as superfícies, ou fechadas, em que o material é envolvido pela matriz, forçando-o sobre suas cavidades [3].

O material pós-conformado é usualmente submetido à tratamentos térmicos, que consistem em operações envolvendo aquecimento e rápido resfriamento, objetivando alterações microestruturais da matéria que concedam aumentos na resistência mecânica, alívio de tensões e aumento da tenacidade. Uma das características do Ti-6Al-4V é a possibilidade de executar estas operações, permitindo melhorias em peças desta liga [2].

Os níveis máximos de resistência mecânica em ligas $\alpha+\beta$ são obtidos através do tratamento térmico de solubilização, seguido por um envelhecimento. Para isso, o material é inserido em um forno previamente aquecido à altas temperaturas, na faixa de transição da fase β , por um curto período de tempo, seguido do resfriamento em água. Após isto, o material é submetido novamente ao forno, em temperaturas mais baixas e por períodos maiores, realizando o envelhecimento do material [4].

Este processo dissolve grandes precipitados intermetálicos, coalescidos e concentrados na matriz metálica, tornando os elementos químicos solubilizados na rede cristalina do titânio. Após resfriado rapidamente, a liga é novamente aquecida, com temperaturas mais baixas e tempos maiores, o que possibilita que os elementos de liga, agora solubilizados, combinem-se entre si, formando precipitados finamente dispersos na rede cristalina da liga de titânio, conferindo ao material ganho de dureza e resistência mecânica, além de incremento na resiliência e tenacidade do material.

Para finalizar o processo produtivo de uma peça desta liga, após a realização do forjamento e tratamento térmico, a mesma é submetida à usinagem, operação que remove material em excesso e permite que a peça final apresente a geometria desejada e a tolerância dimensional necessária para o correto funcionamento.

Explora-se neste artigo um estudo realizado sob a liga Ti-6Al-4V em que esta foi submetida ao forjamento e tratamento térmico, analisando o comportamento da dureza das amostras após os processos descritos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O material de trabalho desta pesquisa se trata da liga de titânio $\alpha+\beta$ Ti-6Al-4V, recebida em barras de 25,4 mm (1 polegada) em estado recozido. Esta foi cortada em geratrizes com 42 mm de altura por uma serra-fita. Em sequência, as amostras foram instaladas em um torno mecânico convencional, a fim de se obter geratrizes

com as dimensões adequadas para o processo. Após realizada tais etapas, foram obtidas 6 amostras da liga de titânio Ti-6Al-4V com 40 mm de altura cada.

O processo de forjamento se deu através de matrizes abertas, objetivando-se realizar o recalque das geratrizes, comprimindo-as no sentido da altura e gerando peças com deformações verdadeiras de 0,5 e 0,8, valores dentre os utilizados comumente em indústrias do ramo de conformação mecânica.

Através de cálculos utilizando a equação (1), obteve-se que as alturas finais das geratrizes forjadas para as deformações de 0,5 e 0,8 deveriam ser de 26 mm e 17 mm, respectivamente. Para que o processo ocorresse de forma precisa, foram usinados através do torneamento 2 pares de batentes de aço ABNT 1020, com as devidas alturas para cada processo.

$$\varphi = \ln \frac{h}{h_0} \quad (1)$$

Onde φ representa a deformação verdadeira Onde φ representa a deformação verdadeira do material , h e h_0 são as alturas final e inicial, respectivamente.

Em sequência, 5 *billets* de Ti-6Al-4V foram inseridos em um forno Jung J-100 à temperatura de 995°C, correspondente à temperatura de transição da fase *beta*, por 1 hora. Este processo tem fim de aumentar a conformabilidade do material, caracterizando-o como um forjamento a quente.

As matrizes utilizadas para o processo se tratam de dois cilindros retos do aço H13, material recomendado para a produção de peças forjadas a quentes. O ferramental foi instalado em uma prensa hidráulica Hidraumak com capacidade de força de 2000 kN e aquecido com bico de gás, que incidiu chama proveniente de gás GLP por 30 min, diretamente nas superfícies das matrizes, como mostra a figura 01. Como parâmetros da prensa, foram utilizadas 2000 kN de força, com uma velocidade de máquina de aproximadamente 20 mm/s.

Realizada tais preparações, dois batentes foram instalados na matriz e se deu início ao forjamento do lote. Cada peça foi retirada rapidamente do forno (que está localizado adjacente à prensa) e postos no centro da matriz. O tempo entre o processo de transporte da geratriz até a prensa e início do forjamento foi de aproximadamente 4 segundos. Após realizado dois testes com os batentes de 26

mm de altura, estes foram trocados pelos batentes de 17 mm e dado sequência no processo. As peças recalçadas geraram 2 amostras com uma deformação verdadeira igual à 0,54 e duas com deformação verdadeira de 0,85.



Figura 01. Aquecimento da Matriz

Do par de amostras de cada deformação, uma foi tratada termicamente e caracterizada, enquanto a outra foi caracterizada imediatamente após o forjamento. O tratamento térmico empregado consistiu em solubilização por 1 hora à 950°C, seguido pelo resfriamento em água. Após, foi realizado o envelhecimento em uma temperatura de 430°C por 4 horas, utilizando novamente a água como meio de resfriamento. O processo resultou então em 6 amostras, como descreve a tabela 1:

Tabela 1: Amostras com os processos submetidos

Amostra	Estado
#1	Recozido, sem forjamento
#2	Tratada termicamente, sem forjamento
#3	Forjada com deformação de 0,540 sem tratamento térmico
#4	Forjada com deformação de 0,540 com tratamento térmico
#5	Forjada com deformação de 0,855 sem tratamento térmico
#6	Forjada com deformação de 0,855 com tratamento térmico

As amostras foram então cortadas e embutidas em baquelite, através de uma embutidora metalográfica, seguida pela preparação de amostras com

sequência de lixas de gramaturas 100, 200, 320, 400, 600 e 1200. Por fim, executou-se o polimento em panos, embebidos com pasta de diamante de 3 μ m e 1 μ m.

Os testes para medir a dureza foram realizados em um durômetro em escala Vickers, da marca com uma carga de 0,49 N de força, por um tempo de 10 segundos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de dureza obtidos nas diferentes amostras, em escala Vickers, são apresentados na tabela 2.

Tabela 2: Resultados do teste de Dureza Vickers

Amostra	Média (HV)
# 1 - Recozida, sem forjamento	302,3
#2 - Tratada termicamente, sem forjamento	352,8
#3 - Forjada com deformação de 0,54 sem tratamento térmico	357,9
#4 - Forjada com deformação de 0,540 com tratamento térmico	382,4
#5 - Forjada com deformação de 0,855 sem tratamento térmico	355,5
#6 - Forjada com deformação de 0,855 com tratamento térmico	375,1

Pelos resultados obtidos, é possível constatar o aumento de dureza adquirido pelas amostras, ao longo das etapas incrementais de processamento. Das amostras não tratadas termicamente, nomeadamente as amostras #1, #3 e #5, respectivamente a matéria-prima não deformada, a geratriz deformada a 0,54 e a geratriz de 0,85 de deformação, pode-se perceber que a deformação conferiu um aumento de dureza na matéria-prima da ordem de 18,4% para a deformação menor e 17,6% para a deformação maior imposta na peça.

Esse aumento de dureza após deformação é coerente com a formação de encruamento de grão e possibilidade de formação de textura mecânica nas peças recalçadas. Neste experimento, o aumento de deformação manteve praticamente constante o incremento de dureza, enquanto o esperado era de que, quanto maior a deformação, maior o endurecimento conseguido. Essa manutenção da dureza,

inclusive com sutil redução deste em números absolutos, pode indicar a formação de recristalização de grãos ou aumento da fração recristalizada, decorrente do também aumento da deformação imposta. Um ensaio metalográfico pode confirmar ou refutar esta teoria e será uma das próximas etapas do projeto que abriga o presente artigo.

Em relação ao tratamento térmico, ao se comparar a amostra #1, não deformada e não tratada termicamente, com a amostra #2, não deformada e tratada termicamente, pode-se observar um significativo aumento de dureza, da ordem de 16,7%. Este tratamento térmico imposto, conforme já apresentado, objetiva a formação de precipitados finamente dispersos na microestrutura da liga. Pelos resultados encontrados da caracterização da dureza, é esperado que foi obtido a dispersão de precipitados desejada. No entanto, novamente, será necessária uma análise metalográfica para avaliar a quantidade e morfologia dos precipitados, para se confirmar as indicações de causa e efeito.

A condição que maior incremento de dureza apresentou é a que concilia a deformação imposta pelo forjamento com o tratamento térmico posterior. Esta combinação é encontrada nas amostras #4 e #6, que respectivamente apresenta deformações verdadeiras impostas de 0,54 e 0,85, seguidas de tratamento térmico de solubilização e envelhecimento artificial. Nestas condições, a amostra de menor deformação, após tratamento térmico, apresentou um acréscimo de dureza de 26,5%, ao passo que a amostra com maior deformação imposta teve um acréscimo de dureza 24,1%. Estes resultados se mantiveram coerentes com aqueles obtidos após a deformação e antes do tratamento térmico, onde as deformações impostas apresentaram resultados de dureza semelhantes, com suave diminuição para o caso da maior deformação, o que, aqui também, suspeita-se de aumento da fração de grãos recristalizados pelo trabalho termomecânico.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta valores de dureza que evoluem positivamente em relação a matéria-prima, quando se submete as peças a deformação no processo de forjamento e, ainda mais, após tratamento térmico de solubilização e envelhecimento artificial.

O tratamento térmico empregado neste trabalho se mostrou eficiente para incremento de dureza, tanto em peças deformadas, quanto em peças não deformadas.

A deformação também apresentou influência no aumento de dureza da peça, em relação a matéria-prima, no entanto, não se pode fazer uma correlação direta entre aumento de deformação e aumento de dureza, provavelmente devido a fenômenos de recristalização que são mais presentes quanto maior a deformação aplicada às peças no processo a quente.

Para trabalhos futuros, faz-se necessária uma análise metalográfica para se avaliar a fração de grãos recristalizados do material e confirmar as suspeitas para a suave diminuição de dureza das peças, quando se aumentou a deformação aplicada. Igualmente, a análise metalográfica pode ser importante para validar a formação de precipitados finamente dispersos na microestrutura do material, obtidos após tratamento térmico.

Agradecimentos

Este projeto é financiado com recursos do Instituto Federal Catarinense – campus Luzerna, o qual agradecemos.

REFERÊNCIAS

- 1 KNOLL, P.K., SCHAEFFER, L.. Análise Microestrutural da Liga de Titânio $\alpha+\beta$ Ti-6Al-4V, Forjada à Quente. 17°CBECEMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais, Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 2006.
- 2 SUGAHARA, T., MOURA NETO, C., REIS, D.A.P., PIORINO NETO, F. Caracterização Mecânica e Microestrutural da Liga Ti-6Al-4V Tratada Termicamente. Revista Brasileira de Aplicações a Vácuo, São Paulo, São Paulo, Brasil, 2008.
- 3 SCHAEFFER L. Forjamento. Porto Alegre: Editora Imprensa Livre; 2001.
- 4 DONACHIE, M. J. Titanium: A Technical Guide. ASM International. Materials Park, Ohio, United States of America, 2000.

DESENVOLVIMENTO E VALIDAÇÃO DE EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE FADIGA POR FLEXÃO ROTATIVA

Wlassak, F. M.¹

Wolfart Junior, M.²

Ozorio, M. J. C.³

Pasini, M. R.⁴

Lima, D. R. S.⁵

Fogliatto, A. A. B.⁶

¹ Estud. Engenharia, Frederico Murilo Wlassak, IFC - Luzerna, wlassak.f@gmail.com.

² Prof. Dr. Eng., Mario Wolfart Junior, IFC - Luzerna, mario.wolfart@ifc.edu.br.

³ Prof. Ms. Eng., Marcelo de Jesus Cevey Ozorio, IFC - Luzerna, marcelo.ozorio@ifc.edu.br.

⁴ Estud. Engenharia, Mateus Ritter Pasini, IFC - Luzerna, mateus.pasini@ifc.edu.br.

⁵ Prof. Dr. Eng., Diego Rodolfo Simões de Lima, IFC - Luzerna, diego.Lima@ifc.edu.br.

⁶ Prof. Dr. Eng., Aloysio Arthur Becker Fogliatto, IFC - Luzerna, aloysio.fogliatto@ifc.edu.br.

Resumo

Componentes com funções estruturais devem manter-se íntegros durante toda sua vida útil. Para atingir tais objetivos, é necessário efetuar Avaliações de Integridade Estrutural (AIE) e Previsões de Vida Residual (PVR) periodicamente. O estudo das propriedades dos materiais é fundamental para o desenvolvimento de novos componentes, sendo que uma importante propriedade é a resistência à fadiga, a qual prevê a vida útil do material em balanço. Para ser definida a vida em fadiga, o material deve ser submetido a ensaios cíclicos de tensão alternada, onde o ciclo de tensão máxima e mínima são iguais em magnitude. O valor de ciclos de tensão suportados pelo corpo de prova são representados por N, sendo contabilizado pelo equipamento utilizado no ensaio. O limite de resistência do material a fadiga σ_n representa o valor máximo suportado por um material em um determinado número de ciclos antes de sua ruptura. A forma como os resultados são apresentados se dá pela curva σ -N, (WÖHLER, 1852 - 1869). Neste trabalho, foi desenvolvido equipamento para ensaio de fadiga por flexão rotativa e sua validação por meio de ensaios em corpos de prova confeccionados em aço AISI 1020 conforme a norma ASTM E 606, após a finalização dos ensaios foi levantada curva σ -N. O desenvolvimento do equipamento e ensaios foram realizados no LABEMM (Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalúrgicos) localizado no IFC - Luzerna. Os resultados obtidos pelo equipamento desenvolvido com recursos próprios apresentam curvas σ -N similares a literatura, e posteriormente será utilizado para o desenvolvimento de pesquisas.

Palavras-chave: Fadiga, Flexão rotativa, Curva de Wöhler, Validação.

DEVELOPMENT AND VALIDATION OF ROTATIVE FLEXION FATIGUE TESTING EQUIPMENT

Abstract

Components with structural functions must remain intact throughout their service life. To achieve these goals, Structural Integrity Assessments (IEA) and Residual Life Forecasts (PVR) are required from time to time. Studying the properties of materials is fundamental for the development of new components, and an important property is fatigue strength, which predicts the useful life of the material in balance. To define the fatigue life, the material must undergo cyclic alternating stress tests, where the maximum and minimum stress cycle are equal in magnitude. The value of stress cycles supported by the specimen is represented by N , and is accounted for by the equipment used in the test. The material fatigue strength limit σ represents the maximum value supported by a material over a given number of cycles prior to its rupture. The way the results are presented is given by the curve σ - N , (WÖHLER, 1852 - 1869). In this work, equipment for rotary flexion fatigue testing was developed and its validation through tests on specimens made of AISI 1020 steel according to ASTM E 606, after the completion of the tests, the σ - N curve was raised. The equipment development and tests were carried out at LABEMM (Mechanical and Metallurgical Testing Laboratory) located at IFC - Luzerna. The results obtained by the equipment developed with its own resources present σ - N curves similar to the literature, and will later be used for research development.

Key words: Fatigue, Rotary bending, Wöhler curve, Validation.

1 INTRODUÇÃO

A palavra fadiga, do latim “*fatigare*”, significa “cansar, estar cansado”, e descreve as falhas de materiais que sofreram carregamentos cíclicos.

A ocorrência de falhas mecânicas vem sendo enfrentada pelo homem desde o início da utilização de ferramentas para o trabalho. Mas, atualmente sendo agravadas devido a alta produtividade e desempenho almejado em estruturas e componentes mecânicos modernos, trazendo trágicas consequências em decorrência dessas falhas. Contudo, com avanços tecnológicos de análises de mecanismos de falhas, tem-se diminuído estes riscos potenciais.

Falhas catastróficas são péssimos para a economia. Um estudo econômico estimou que fraturas por fadiga nos Estados Unidos em 1978 geraram um gasto de aproximadamente USD 119 bilhões anuais, cerca de 4% do PIB americano. Também estimou que se a tecnologia anual fosse aplicada na época, o gasto seria reduzido para aproximadamente USD 35 bilhões, e se maiores investimentos na área de

pesquisa sobre estas falhas o valor seria reduzido para aproximadamente USD 28 bilhões.(ANDERSON, T. L., 1995).

A determinação da vida de componentes submetidos a fadiga é uma etapa essencial no dimensionamento de projetos. No ano de 1985 o voo JAL-123 colidiu em uma montanha após perder a cauda, deixando ao total 520 vítimas fatais. Segundo relatório efetuado pelo governo japonês, a inspeção falhou em identificar a fadiga mecânica dos rebites utilizados para unir os painéis da fuselagem da cauda, as quais foram substituídas 7 anos antes do acidente. Até os dias atuais este é conhecido como o segundo pior acidente da aviação civil.

O primeiro estudo sobre fadiga em materiais metálicos foram desenvolvidos por W. A. J. Albert por volta de 1829, porém, A. Wöhler foi o primeiro a aplicar carregamentos de flexão rotativa, e de torção, por volta do período de 1852 - 1869, em Berlim. Também responsável por desenvolver o primeiro método de ensaio de fadiga por flexão rotativa e a curva de Wöhler (σ -N). Bauschinger, por volta de 1871-1886 desenvolveu um extensômetro com espelho de sensibilidade igual a 10^{-6} e conduziu estudos sobre a tensão-deformação inelástica, propondo assim um “limite elástico natural” cíclico abaixo do qual nunca iria ocorrer fadiga. Em 1903 Ewing e Humfrey descobriram as linhas de deslizamento, trinca de fadiga e o crescimento da trinca até a falha. Em 1910 Basquin desenvolveu a lei exponencial para testes de fadiga, (lei de Basquin). Griffith desenvolveu em 1921, um critério de falha e relacionou a fadiga ao crescimento da trinca. Paris em 1961 publicou a lei da mecânica da fratura de Paris para o crescimento de trincas na fadiga.

O seguinte projeto propôs o desenvolvimento de equipamento para ensaio de fadiga por flexão rotativa e a validação por meio de ensaios de fadiga em corpos de prova (CP) confeccionados em aço AISI 1020 conforme a norma ASTM E 606, após a realização dos ensaios foi realizado o levantamento da curva σ -N. Para o levantamento da curva σ -N segundo a norma ASTM A 370.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ENSAIO DE FADIGA

Fadiga por flexão rotativa utiliza a forma de tensão alternada, onde o ciclo de tensão mínimo e máximo são iguais em magnitude. A tensão máxima ($\sigma_{\text{máx}}$), é o maior valor da tensão no ciclo, e a tensão mínima ($\sigma_{\text{mín}}$), é o menor valor. Intervalo de tensão (σ_r) é a diferença entre $\sigma_{\text{máx}}$ e $\sigma_{\text{mín}}$; amplitude de tensão (σ_a), é a metade de σ_r ; tensão média (σ_m), é a média entre $\sigma_{\text{máx}}$ e $\sigma_{\text{mín}}$.

O valor de ciclos de tensão suportado pelo corpo de prova até a fratura é plotado por N, esse número é contabilizado pelo equipamento de ensaio de fadiga por flexão rotativa, representando o limite de ciclos para iniciar e propagar a trinca através do material até romper-se. Caso não ocorra rompimento, o valor de N representa o limite de resistência a fadiga do material.

O limite de resistência do material à fadiga, σ_n , é o valor máximo suportado por um material num determinado número de ciclos sem romper. Já o limite de fadiga, σ_f , é definido como valor limite de tensão, abaixo da qual, o material pode suportar valores infinitos de tensões regulares.

A forma de apresentação dos resultados são obtidas pela curva σ -N, (WÖHLER, 1852 - 1869), onde se obtém o gráfico de tensão (σ), por número de ciclos (N), necessárias para a fratura. Nota-se que quanto menor a $\sigma_{m\acute{a}x}$ maior será N, e vice versa. Verifica-se que para aços existe um patamar correspondente ao limite de fadiga do material, porém ligas não-ferrosas em geral não apresentam tal patamar. Para casos que apresenta-se este patamar, o ensaio deve ser seguido até 10 milhões de ciclos, para casos em que não se apresenta o patamar, o ensaio deve ser levado até 50 milhões de ciclos.

Como a ruptura por fadiga depende de inúmeros fatores e para se traçar um diagrama σ -N é necessária uma grande quantidade de corpos de prova (CP), segundo as normas ASTM E 739-10 e ASTM E 606; são necessários 10 CP, a curva σ -N deve ser traçada como uma linearização de diversos pontos ou mesmo uma faixa que engloba todos os pontos espalhados. Os pontos são determinados pela $\sigma_{m\acute{a}x}$ aplicada sobre o corpo de prova e o número de ciclos N necessários até a ruptura.

2.2 DESENVOLVIMENTO DO EQUIPAMENTO

O equipamento foi desenhado utilizando o Software Autodesk Inventor, para o planejamento dos componentes mecânicos, assim como a geração dos desenhos de fabricação das peças a serem usinadas.

Para construção da estrutura foi utilizado aço AISI 8620. Para a confecção dos mancais, bases e blocos foram utilizados alumínio Al 7075. Para o eixo de fixação foi utilizado aço AISI 4340.

A Figura 1 apresenta o desenho técnico utilizado para a confecção dos mancais responsáveis pela sustentação dos blocos, tanto do motor quanto do eixo.

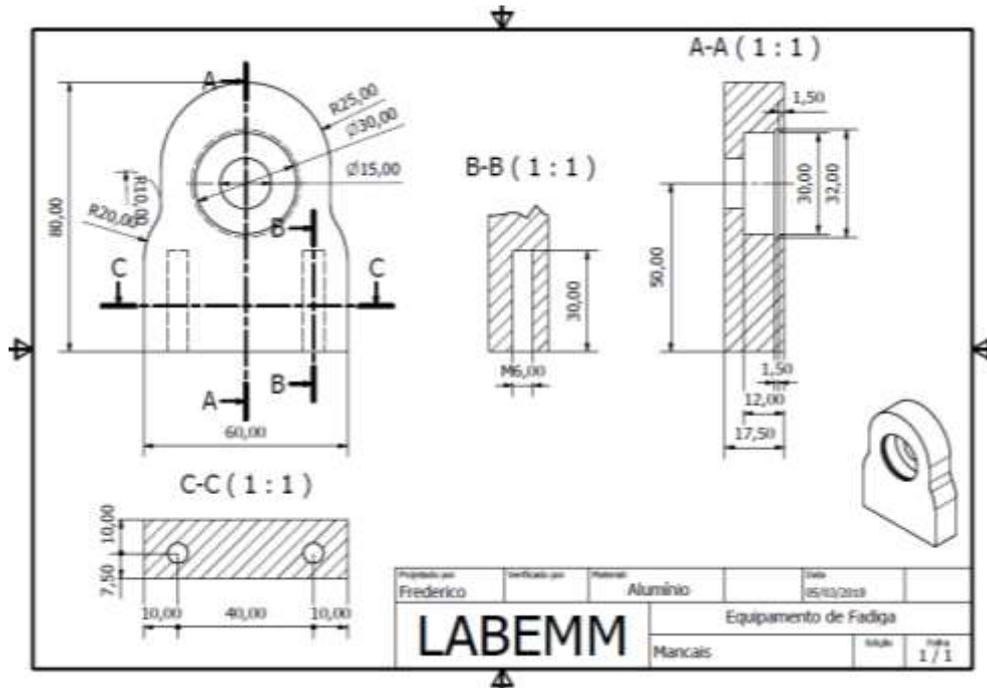


Figura 1: Mancal de Fixação

Fonte: Próprio autor.

A Figura 2 apresenta o projeto para a base do eixo, a qual suporta os mancais e é fixa sobre o rolamento linear para evitar cargas parasitas sobre o corpo de prova que está sendo ensaiado.

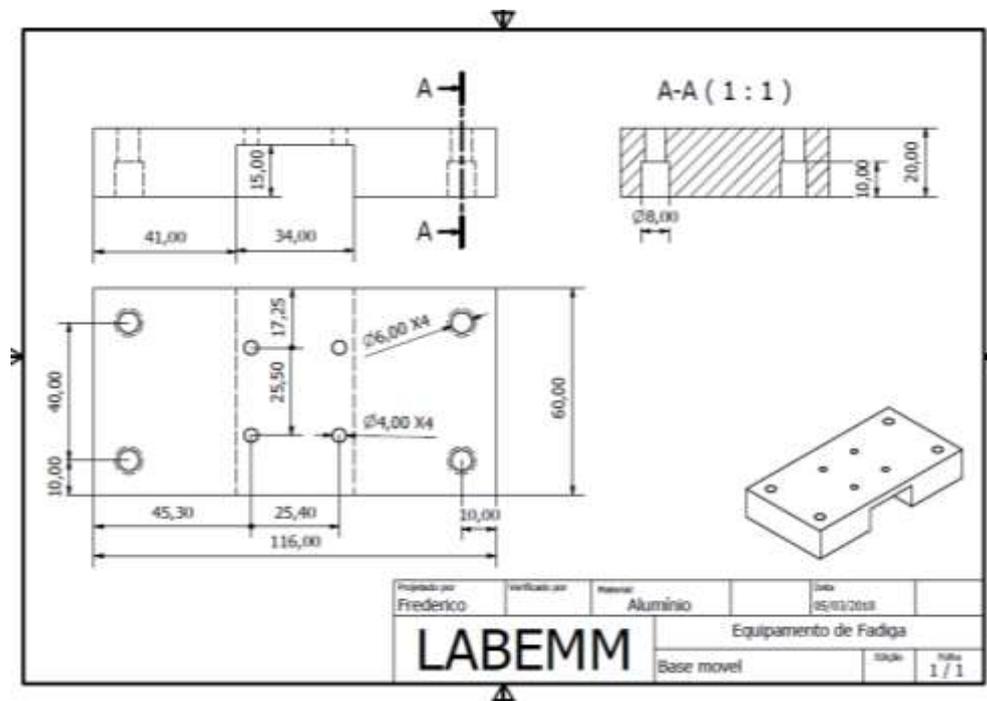


Figura 2: Base do eixo

Fonte: Próprio autor.

A Figura 3 apresenta o desenho técnico para a usinagem do bloco do eixo rolamentado.

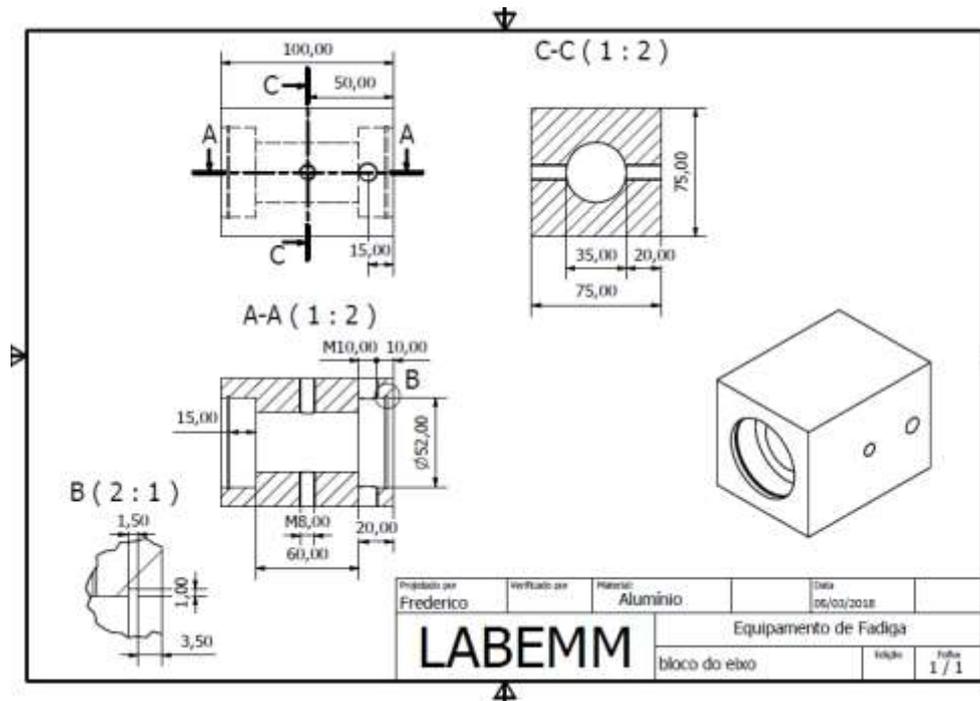


Figura 3: Bloco do eixo rolamentado
Fonte: Próprio autor

A Figura 4 apresenta o projeto utilizado na confecção do bloco onde é fixo o motor. Para evitar a perda de desempenho o CP é fixo diretamente no motor.

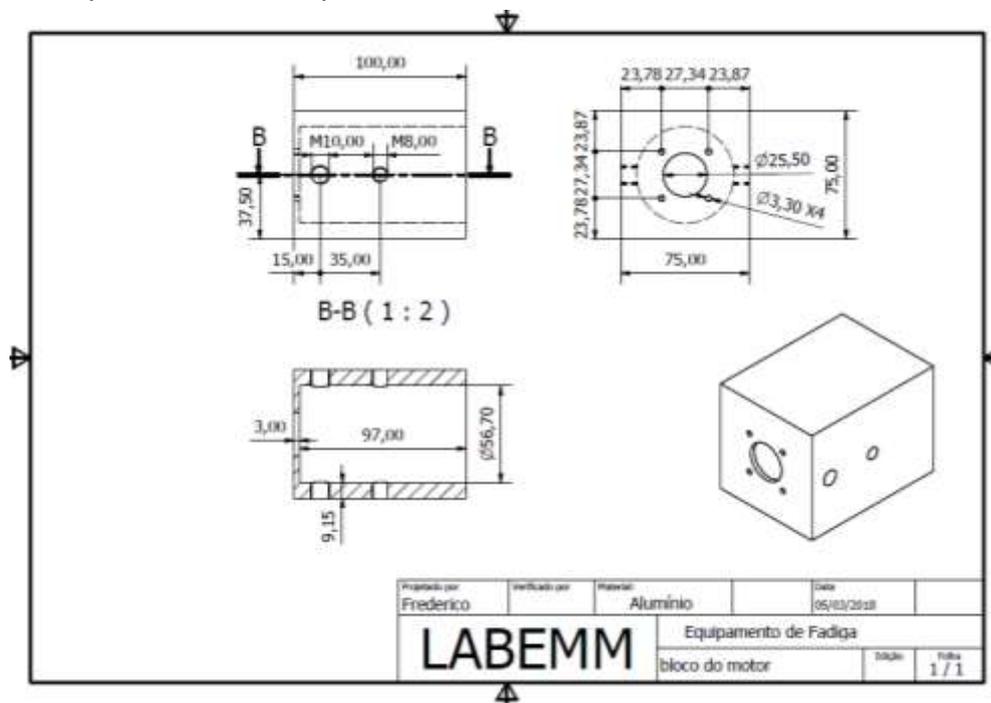


Figura 4: Bloco do motor.
Fonte: Próprio autor.

Na Figura 5 está representado o desenho técnico do eixo de fixação para os corpos de prova.

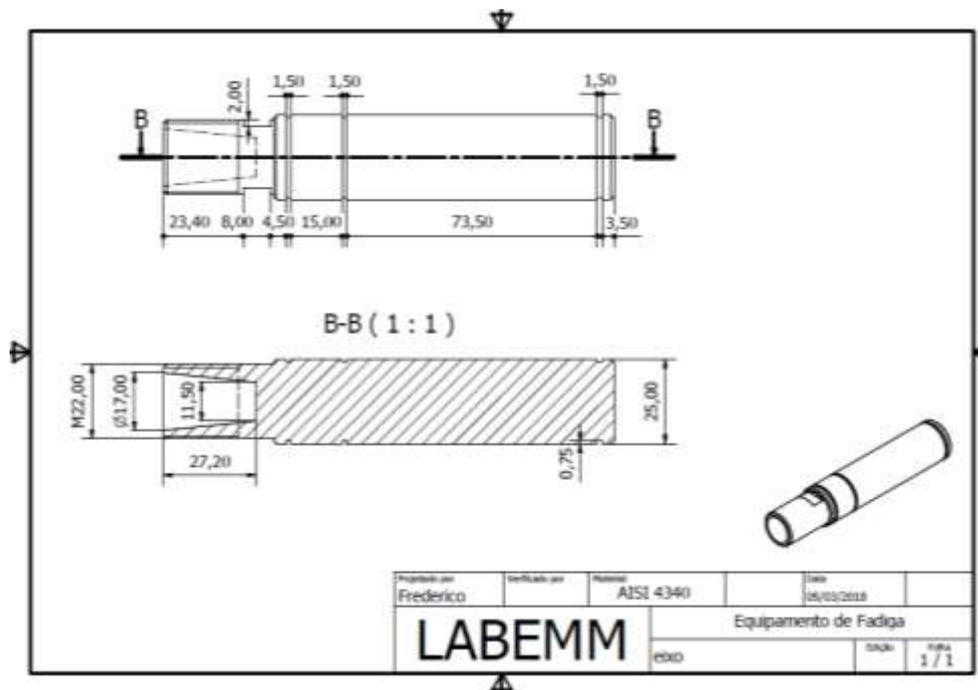


Figura 5: Eixo de fixação
Fonte: Próprio autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a usinagem de todos os componentes e montagem do equipamento como demonstrado na Figura 6, iniciou-se o processo de validação do mesmo, executando ensaios de fadiga por flexão rotativa conforme a norma ASTM E 606 em corpos de prova produzidos em aço AISI 1020 conforme a norma ASTM E 606 demonstrados na Figura 7.



Figura 6: Equipamento para ensaio de fadiga por flexão rotativa.
Fonte: Próprio autor.

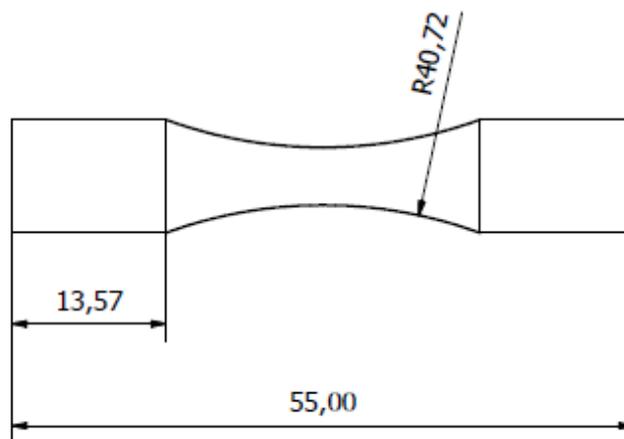


Figura 7: Corpo de Prova.
Fonte: Próprio autor.

A Tabela 1 a seguir apresenta os corpos de prova utilizados para o ensaio, constando valores de ciclos e tensões utilizadas.

Tabela 1: Resultados dos ensaios de fadiga

ENSAIO DE FADIGA EM AÇO AISI 1020										
CP	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6	CP 7	CP 8	CP 9	CP 10
Tensão MPa	320	320	300	300	320	260	240	260	260	230
Ciclos	8×10^4	9×10^4	10^5	3×10^5	9×10^5	10^6	2×10^6	5×10^6	8×10^6	10^7

Fonte: Próprio autor.

Para que um aço atinja seu limite de resistência a fadiga, este deve atingir valores de ciclos acima de 10^7 conforme especificado nas normas ASTM E 606 e ASTM E 739-10. Para cada valor de tensão utiliza-se um corpo de prova, caso ocorra rompimento, o ensaio é interrompido os valores são gravados dando início a outro ensaio, com tensão menor que a anterior até que se atinja uma carga em que não ocorra rompimento. A curva de Wöhler demonstrada no Gráfico 1 conforme a norma ASTM E 739, contém comparações dos valores obtidos pelos ensaios realizados no equipamento desenvolvido pelo projeto e valores padronizados de resistência a fadiga do aço AISI 1020.

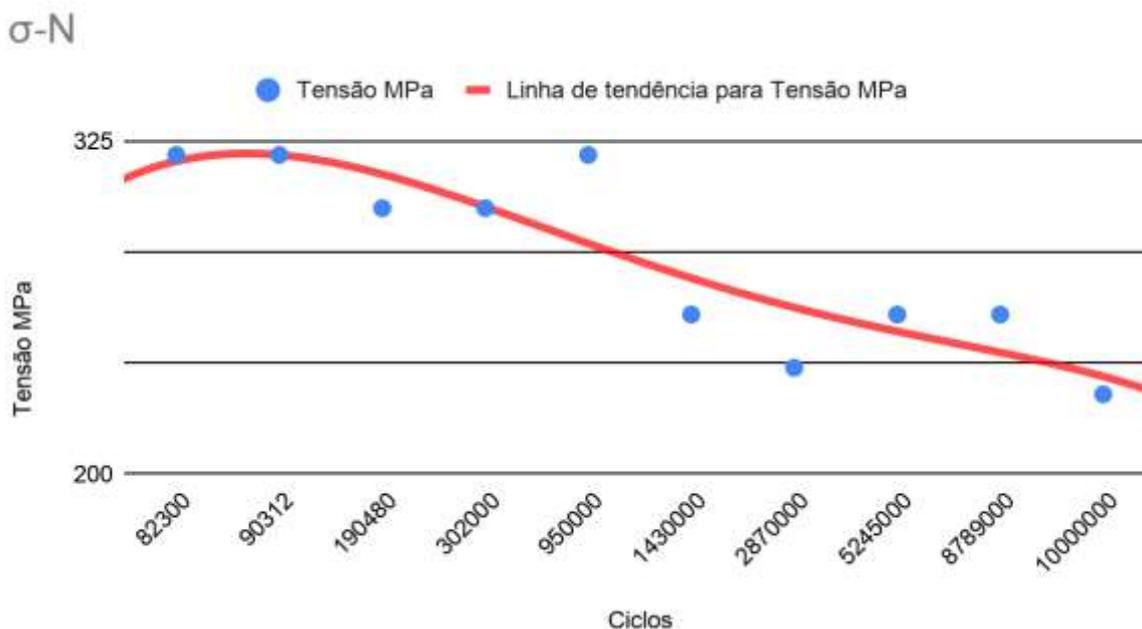


Gráfico 1: Curva de Wöhler σ -N

Fonte: Próprio autor.

Segundo a norma ASTM A 321 a resistência a fadiga média do aço AISI 1020 para corpos de prova padronizados é de aproximadamente 200 a 250 MPa.

4 CONCLUSÃO

Após a conclusão da montagem do equipamento e a realização de ensaios de fadiga por flexão rotativa em aço AISI 1020, constatou-se que o equipamento atende as especificações normalizadas para o ensaio segundo a norma ASTM E 606 e ASTM E 739-10, apresentando valores condizentes com o especificado conforme a norma ASTM A 321, para valores de resistência a fadiga. Assim torna o equipamento apto para a realização de ensaios voltados à pesquisa e estudo dos materiais.

Agradecimentos

Ao IFC - LABEMM pela disponibilização do espaço e equipamentos necessários para a execução do projeto.

Ao professor Dr. Eng. Mario Wolfart Junior pela indicação do tema, orientação, conhecimento, discernimento e direcionamento deste trabalho.

Aos técnicos de laboratório Mateus Ritter Pasini e Fernando Prando Dacas pela colaboração no desenvolvimento do equipamento e na confecção dos corpos de prova.

REFERÊNCIAS

ASM INTERNATIONAL. FATIGUE. Elements of Metallurgy and Engineering Alloys, 2008 Disponível em<

http://www.asminternational.org/documents/10192/1849770/05224G_Chapter14.pdf
Acesso em: 13/08/2019.

ASTM A370-19e1, Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019.

ASTM E466-07, Standard Practice for Conducting Force Controlled Constant Amplitude Axial Fatigue Tests of Metallic Materials, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2007.

ASTM E606 / E606M-12, Standard Test Method for Strain-Controlled Fatigue Testing, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.

ASTM E739-10(2015), Standard Practice for Statistical Analysis of Linear or Linearized Stress-Life (S-N) and Strain-Life (ϵ -N) Fatigue Data, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015.

BANNATINE, Julie A.; COMER, Jess J. HANDROCK, James I. "Fundamentals of metal fatigue analysis". EUA, Pretince Hall, 1990.

CALLISTER, William D. Ciência e Engenharia de Materiais: uma introdução. 7ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

CDMUNICAS. Contruzione di Macchine. Fatica 2p. Disponível em <<http://www.cdmunicas.it/notes/PEM/2016/L9%20-%20fatica%20parte%202.pdf>>. Acesso em: 10/08/2019.

DIETER, G. E. Metalurgia mecânica. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1981.

FREDEL, Márcio C. Propriedades mecânicas: ensaios fundamentais – vol 1. Florianópolis, 2015.

GARCIA, Amauri; SPIN, Jaime A.; SANTOS, Carlos A. dos. Ensaio dos materiais. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012

HANDBOOK. Fatigue and fracture. 19. ed. Ohio: ASM International, 1996.

INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS: ESTUDOS DE CASO. Caso 073: Fadiga Mecânica – Voo JAL-123 (1985), 2014. Disponível em <<http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2014/05/caso-073-fadiga-mecanica-voo-jal123.html>>. Acesso em: 20/07/2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO 1143:2010: Metallic materials – Rotating bar bending fatigue testing. Genebra, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO 12107:2012: Metallic materials — Fatigue testing — Statistical planning and analysis of data. Genebra, 2012.

NORTON, R.L. Projeto de máquinas: uma abordagem integrada. 2.ed. Porto Alegre: Bookman (Grupo A), 2004.

UMA EXPERIÊNCIA DE ENSINO HÍBRIDO NO INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA - LAGES

Medeiros, G. A.¹

Teixeira, E.²

Lima, D.R.S de³

¹ Mestre em Engenharia, Gianpaulo Alves Medeiros, IFSC, gianpaulo.medeiros@ifsc.edu.br

² Técnico em Mecatrônica, Ezequiel Teixeira, IFSC, Ezequiel.fff.20.02@gmail.com

³ Doutor em Engenharia, Diego Rodolfo Simões de Lima, IFC, diego.lima@ifc.edu.br

Resumo

Apresenta-se uma experiência de ensino híbrido utilizando a construção de um robô, por uma turma de curso técnico concomitante do IFSC, com o objetivo de aumentar a efetividade do processo de ensino e aprendizagem. Sendo inicialmente apresentado o sistema de ensino híbrido para os alunos do curso técnico em mecatrônica, realizado o planejamento por metas e desenvolvido os robôs de sumô, aplicando-se as ferramentas que permitiram a realização do trabalho *on-line* e *no campus*. Conclui-se que o sistema de ensino híbrido é viável nos cursos técnicos concomitantes, permitindo melhoria no processo de ensino/aprendizagem e diminuição da evasão.

Palavras-chave: Ensino Híbrido; Robótica; Arduíno;

HIBRID EDUCATION APROACH ON INSTITUTO FEDERAL SANTA CATARINA - LAGES

Abstract

It presents a hybrid teaching experience, using robot construction by a concomitant IFSC technical course group, to increase the effectiveness of the teaching and learning process. Being presented the hybrid education system for students of mechatronics technician course, planned by goals and developed the Sumô Robots, applied as tools that allow to perform work *on-line* and *on-site*. To conclude that the hybrid education system is viable in the concurrent technical courses, allowing the improvement of the teaching / learning process and reduction of dropout.

Key words: Hybrid education, robotic.

1 INTRODUÇÃO

Muitas vezes o conhecimento adquirido nas disciplinas não é rapidamente aplicado pelo discente, ficando por vezes a aplicação prática e funcional, distante da realidade dos alunos no decorrer do curso. Neste contexto, o aluno acaba absorvendo conhecimento durante o curso sem a certeza de sua aplicabilidade direta em sua profissão. Em contrapartida, iniciativas que contemplam maior interatividade, interdisciplinaridade e aplicação de novas tecnologias encontram relutância por parte dos docentes.

Atualmente a robótica vem sendo disponibilizada para as escolas públicas mas há uma resistência dos professores, por terem um conhecimento específico quase que nulo. O pouco conhecimento dos professores não contempla uma aula completa e dinâmica para o desenvolvimento dos alunos na sala de aula deixando de lado as partes da tecnologia fora de seu planejamento estratégico (COSTA et al., 2014).

O mundo da Robótica exerce um grande fascínio sobre as pessoas no geral. A tecnologia atrai muita procura no mercado por ela trazer um conforto maior, mas a autonomia complexa que vemos nos filmes não é possível encontrar em nosso cotidiano, por não terem sido criadas ou desenvolvidas pelos seres humanos. Compreendendo a complexidade da robótica, hoje é possível programar máquinas para que elas se tornem “inteligentes” fazendo um auto reconhecimento do local ao qual vão atuar em suas designadas tarefas, como robôs aspiradores por exemplo. Tomamos por exemplo os robôs de sumô que têm sido conhecidos mundialmente, havendo competições nacionais e internacionais em que o robô é programado para reconhecer o ambiente e derrubar o seu oponente para fora do ringue, sendo assim, um exemplo de autonomia incompleta (JESUS; 2008).

Robôs de sumô são um exemplo de ensino híbrido por trazer para sala de aula tarefas estritamente necessárias para o desenvolvimento do projeto e permitindo autonomia ao aluno para realizar outras tarefas on-line, em casa ou nos laboratórios. Ensino híbrido é um método que visa basicamente a união entre o método tradicional (presencial) com o aprendizado *on-line*, que se utiliza de tecnologias digitais. O ensino híbrido busca basicamente adaptar o ensino a realidade atual de um mundo altamente conectado e interativo (BACICH e MORAN, 2015).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este projeto teve como finalidade a montagem de um robô sumô em turmas do quarto módulo do curso técnico concomitante em mecatrônica, esse robô foi desenvolvido para a modalidade de competição. O robô consiste em fazer movimentos programados pelo *Arduíno* (placa de controle) e o objetivo é tirar o adversário do tatame conforme as regras e esse robô deverá saber o limite do tatame para que seu movimento seja interrompido (Fig.1).

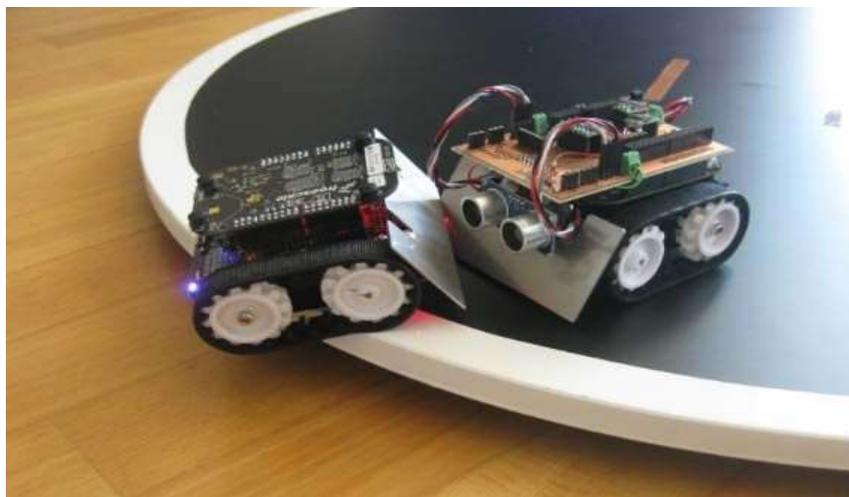


Figura 1. Luta de robôs de Sumô. Fonte: <http://bruno.strik.com.br/>

O projeto foi realizado no Instituto Federal de Santa Catarina - Campus Lages com o custo de aproximadamente R\$ 2000,00. O projeto foi dividido em três partes: mecânica, elétrica e computacional. Inicialmente foi feita formatação do plano de projeto que inclui: a descrição e cronograma (Tabela1), custos, croqui do protótipo. Nesta etapa os alunos foram divididos em grupos e introduzidos às técnicas de elaboração e gestão de projetos e aplicaram estas ferramentas para planejar a execução desde a pesquisa bibliográfica até a montagem final do protótipo. Todo o material de apoio (manuais, exemplos, sites) foi disponibilizado na plataforma “docentes”. Depois, foi apresentado o projeto técnico final, no qual constou um plano de atividades detalhado em um desenho técnico final do robô, que foi feito em *CAD* (desenho assistido por computador).

No laboratório de Processos de Fabricação foram desenvolvidas as partes mecânicas com auxílio de um professor e de um técnico responsável do laboratório. Foram envolvidos cortes e usinagem nos tornos convencionais de barras redondas de alumínio e de aço para fabricação de rodas (Fig.2a). Foram efetuados cortes com talhadeiras e através de esmerilhadoras portáteis para a fabricação do chassi do robô de sumô. Foram feitas dobras nas chapas para montagem do chassi com auxílio da bancada de ajustagem e morsa. Efetuando a união dos componentes mecânicos para montagem dos sistemas de transmissão de movimento do motor para as rodas e de elementos de suporte estáticos onde foram inseridas e assentadas a placas eletrônicas e sensores.

Já na parte elétrica e eletrônica foram ocupados os laboratórios de Elétrica e Eletrônica, destacando nessa parte de eletrônica o uso do *Arduíno* (placa de controle). No processo de programação foram utilizados os computadores do laboratório de Informática para realizar as programações com o auxílio de uns dos técnicos do campus com dicas e exemplos, de modo que, fossem transmitidas a programação do robô para que o mesmo pudesse realizar suas tarefas designadas (Fig. 2- b, c e d.).

Tabela 1 - Cronograma de realização do projeto.

Atividades	Fevereiro			Março				Abril				Junho				Julho		
Início da elaboração do projeto	X	X	X															
Execução de início de desenho			X	X														
Construção				X	X	X	X	X										
Programação do Arduíno					X	X	X	X										
Montagem final									X	X	X	X	X	X	X	X		
Testes Finais																	X	X



Figura 2 - A: cortes de chapas; B: planejamento da parte eletrônica (aula); C: testes programação; D: Luta Robô Sumô.
Fonte: Próprio Autor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao desenvolver o projeto utilizando ferramentas do ensino híbrido os discentes tiveram a oportunidade de entrar em um universo totalmente novo para eles. Puderam de fato aprender técnicas de projeto como Cronograma, Orçamento e planejamento da execução. Assim como desenvolver a comunicação interpessoal, pro atividade, responsabilidade pelo construção do seu aprendizado e principalmente o interesse sem o qual provavelmente nenhuma ferramenta funcionaria.

Atrasos no cronograma por conta da falta de material no campus e outros fatores fizeram parte do aprendizado. Testes foram feitos em horários diversificados nos laboratórios para a manutenção caso houvesse erros, houve erros e foram imediatamente corrigidos. Alguns alunos atrasaram na entrega do projeto por conta de sua usinagem e acessórios inseridos ao robô que por muito acabaram não dando certo. Os combates de Robô de Sumô foram todos realizados internamente no campus, no laboratório de automação todos registrados em vídeos, todos por

câmeras de celular pelos próprios alunos.

Com base nas análises na construção do robô, foram formados cinco grupos, sendo três com 2 integrantes por robô, um grupo com quatro integrantes para um robô e um grupo com três integrantes para um robô. Dado as circunstâncias os grupos com apenas dois integrantes concluíram seus robôs dentro do prazo estabelecido e os demais grupos com um número superior a dois integrantes acabaram não concluindo. Grupos com mais de dois integrantes acabaram perdendo o foco na construção do robô por motivos de discussões de ideias para o projeto que, acabaram atrapalhando a montagem, programação e conclusão do robô. Em relação à evasão, obteve-se 94% de permanência, ocorrendo apenas um caso de desistência.

No âmbito do processo aprendido, foi possível observar que o sistema de metas estabelecido pelo cronograma permite ao discente desenvolver o senso de responsabilidade necessário para o funcionamento do sistema híbrido e que o acompanhamento, seja por entrevistas ou por relatórios, pelos docentes é indispensável.

4 CONCLUSÃO

Pode-se observar pelo projeto que, usando os métodos de ensino híbrido, é possível aumentar a capacidade de aprendizagem podendo se tornar mais prático em salas de aula e ser aplicado em disciplinas como projeto integrador. O Contato direto com robôs permite manter o interesse do aluno e diminuir a evasão.

Grupos mais efetivos são de dois alunos estabelecidos por sorteio.

Em turmas com mais de vinte alunos, pelo menos no que foi observado, nessa situação não se recomenda a utilização do método de ensino híbrido, pois exige do docente constante acompanhamento das equipes e das metas, devido à falta de maturidade dos alunos de cursos técnicos concomitante que neste caso estavam na faixa de 15 à 17 anos.

A inserção do modelo em pequena escala desde os primeiros módulos pode aumentar o êxito dos discentes no seu entendimento e maior aproveitamento dos recursos.

Agradecimentos

Ao Governo Federal, ao IFSC pelo fomento do projeto. À direção do campus Lages, à coordenadora de pesquisa Ana Paula de Lima Veeck, à coordenadora de extensão Thais Esteves Ramos Fontana e coordenação de curso pelo apoio ao projeto. À psicóloga do campus Lages, Mariana Gomes Farias De Oliveira. Ao professor Jeferson Fraytag pelo extraordinário suporte nas atividades e a todos docentes da área de processos industriais.

REFERÊNCIAS

- 1 COSTA, P. C.; ROBÓTICA EDUCACIONAL EM ESCOLAS PÚBLICAS: DESAFIOS E PERSPECTIVAS. In: 1º Congresso Nacional de Educação 2014. Campina Grande, 2014. Anais. Associação Internacional de Pesquisa na Graduação em Pedagogia

- (AINPGP). Disponível em:
http://www.editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/Modalidade_1datahora_10_08_2014_23_51_08_idinscrito_1812_c3dd782aa1058df2ce5691958b0387f7.pdf
Acesso: out 2019.
- 2 MEGGIOLARO, M. A.; TUTORIAL EM ROBÔS DE COMBATE. Disponível em:
<[http://www.robot.bmstu.ru/files/books/\[Robotic\]%20Tutorial%20RioBotz.pdf](http://www.robot.bmstu.ru/files/books/[Robotic]%20Tutorial%20RioBotz.pdf)> Acesso em: out 2019.
- 3 Revista Pátio, nº 25, junho, 2015, p. 45-47. Disponível em:
<http://www.grupoa.com.br/revistapatio/artigo/11551/aprender-e-ensinar-com-foco-na-educacao-hibrida.aspx> Acesso em: out. 2019

CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL ATRAVÉS DE ATAQUE QUÍMICO COLORIDO COM LEPERA PARA AÇO E FERRO FUNDIDO

Silva, M.A.¹

Wolfart Junior, M.²

Lima, D. R. S.³

Fogliatto, A. A. B.⁴

Ozorio, M. J. C.⁵

Pereira, L.⁶

¹ *Estud. Engenharia, Matheus Alves da Silva, IFC – Luzerna, matheus77.alvessilva@gmail.com.*

² *Prof. Dr. Eng., Mario Wolfart Junior, IFC – Luzerna, mario.wolfart@ifc.edu.br.*

³ *Prof. Dr. Eng., Diego Rodolfo Simões de Lima, IFC – Luzerna, diego.lima@ifc.edu.br.*

⁴ *Prof. Dr. Eng., Aloysio Arthur Becker Fogliatto, IFC – Luzerna, aloysio.fogliatto@ifc.edu.br.*

⁵ *Prof. Me. Eng., Marcelo de Jesus Cevey Ozório, IFC – Luzerna, marcelo.ozorio@ifc.edu.br.*

⁶ *Estud. Mestrado, Leonardo Pereira, UFRGS – Porto Alegre, leonardo.pereira@ufrgs.br.*

Resumo

A busca pelo aperfeiçoamento de ligas instiga o desenvolvimento de técnicas como a caracterização microestrutural para monitoramento do comportamento de suas microestruturas relacionados à responsabilidade mecânica. Possibilitando assim, a melhora da relação resistência mecânica / peso, exemplo de emprego muito utilizado na indústria automobilística. Entretanto, a caracterização microestrutural possibilita limitada observação de fases quando utilizadas com ataques químicos convencionais, tornando-se necessário o estudo de ataques especiais de diferenciação de microconstituintes. Quando controladas todas as variáveis e instabilidades do ataque, o reagente LePera se torna eficiente na identificação. Ele se encaixa no grupo dos ataques químicos coloridos pois possibilita a distinção e visualização de diferentes fases através da coloração. Diante disso, através de duas ligas (Aço bainítico austemperado e recozido, Ferro Fundido Nodular austemperado) e um conjunto de variáveis, foi verificado a eficiência do LePera na caracterização microestrutural de ligas multifásicas. Os procedimentos empregados foram: variação dos reagentes (I - 1g de metabissulfito de sódio em 100ml de água destilada e II - 6g de ácido pícrico em 100ml de álcool etílico) que formam a solução LePera, sem/com pré-ataque, tempo de ataque de 30s, imersão em água destilada, limpeza em água corrente e secagem natural na posição vertical. A bainita apresentou tonalidade marrom, ferrita / ferrita bainítica tom azul – esverdeado, austenita retida e martensita coloração branca. Deste modo, é possível identificar através do LePera a influência de porcentagens de fases em propriedades mecânicas de distintas ligas.

Palavras-chave: caracterização; microestrutural; ataque; químico; LePera.

MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION THROUGH TINT ETCHING WITH LEPERA FOR STEEL AND CAST IRON

Abstract

The search for alloy improvement promotes the development of techniques such as microstructural characterization to monitor the behavior of their microstructures related to mechanical responsibility. Thus, enabling the improvement of the mechanical strength / weight ratio, an example of employment widely used in the automotive industry. However, the microstructural characterization allows limited observation of phases when used with conventional etchings, making a necessity the study of special etchings of differentiation of microconstituents. When all etching variables and instabilities are controlled, the LePera reagent becomes efficient in identifying. The reagent fits into the group of tint etching becoming possible to distinguish and visualize different phases through staining. Therefore, through two alloys (annealed and austempered bainitic steel, austempered Nodular cast iron) and a set of variables, the efficiency of LePera in the microstructural characterization of multiphase alloys was verified. The procedures utilized were: variation of the reagents (I - 1g of sodium metabisulphite in 100ml of distilled water and II - 6g of picric acid in 100ml of ethyl alcohol) which will form the LePera solution, with/without pre-attack, 30s etching time, immersion in distilled water, cleaning under running water and natural drying in an upright position. The bainite presented brown color, blue - green bainitic ferrite / ferrite, retained austenite and martensite white color. Thus, it is possible to identify through LePera the influence of phase percentages on mechanical properties of different alloys.

Key words: microstructural; characterization; etching; LePera.

1 INTRODUÇÃO

Conseguir caracterizar ligas multifásicas é essencial para estabelecer a correlação entre propriedades mecânicas e as porcentagens de fases formadas de maneiras assimétricas e irregulares. Assim, é possível aprimorar as mais diversas ligas buscando melhoras de propriedades mecânicas. As ligas geralmente compostas por bainita, austenita retida e martensita são famosas por possuírem ótima relação entre dureza mecânica, tenacidade e resistência a fadiga (ABDALLA, 2006 ⁽¹⁾; RAMOS et al., 2014 ⁽²⁾; ROCHA, ZOCH, 2017 ⁽³⁾). Devido a essa ótima afinidade entre propriedades, essas ligas são comumente aplicadas para melhorar a relação resistência mecânica / peso, aonde, é possível substituir determinado componente que contém microestrutura comum por outra liga com característica multifásica (BHADESHIA, 2001 ⁽⁴⁾). Com isso, é possível reduzir a espessura de determinado componente mantendo a mesma responsabilidade mecânica ou até mesmo superior.

Entretanto, a capacidade de diferenciação microestrutural é bastante complexa na microscopia óptica. Esse empecilho é devido as ligas multifásicas apresentarem várias morfologias assimétricas e irregulares (GIRAULT et al., 1998 ⁽⁵⁾), efeito da manutenção do tempo x temperatura nos tratamentos térmicos (COLPAERT, 2008 ⁽⁶⁾). Mais comumente utilizadas, as ligas de aço e de ferro fundido necessitam de técnicas eficazes que apresentem ótima repetibilidade e

precisão a fim de quantificar suas fases. No entanto, técnicas que não utilizam microscópio eletrônico de varredura (MEV) e que demonstram exatidão na identificação de diferentes fases são escassas, com isso, instituições que não dispõem de MEV, dificilmente controlam tal habilidade metalográfica.

Um ataque químico atípico para caracterização microestrutural através da microscopia óptica é por intermédio da solução LePera. Esse reagente se enquadra no grupo dos ataques químicos *tint etching*, os quais possibilitam a distinção de fases através de diferentes colorações (ASTM E 407 ⁽⁷⁾). Basicamente, durante o arrefecimento das ligas, as fases são originadas com relevos particulares, o LePera atua na superfície dessas ligas formando uma fina película de óxido (filme) com espessuras distintas de acordo com essas saliências (FUKUGAUCHI, 2010 ⁽⁸⁾). Deste modo, através desse filme formado e com a refração da luz proporcionada por microscópios ópticos, é possível identificar as fases em diferentes colorações. A solução LePera foi criada em 1998 por LePera, aonde se consiste em dois reagentes combinados que formam a solução final (LEPERA, 1998 ⁽⁹⁾). Solução essa, que possui a característica de demonstrar a bainita na tonalidade marrom, ferrita em tom azul-esverdeado, austenita retida juntamente com a martensita em tom branco (GIRAULT et al., 1998 ⁽⁵⁾; COLPAERT, 2008 ⁽⁶⁾; FUKUGAUCHI, 2010 ⁽⁸⁾; SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾; Pereira, Garcia e Hashimoto, 2002 ⁽¹¹⁾).

No entanto, apesar do LePera ter sido criado em 1998, ele é pouco empregado na caracterização microestrutural. O pouco beneficiamento da distinção de microconstituintes proporcionadas por ele se justifica por conta de sua alta instabilidade, sendo altamente instável a diversas variações como: composição química da liga e dos reagentes, proporção dos reagentes, método de secagem, pré-ataque, tempo de ataque, temperatura e umidade relativa do ar (FUKUGAUCHI, 2010 ⁽⁸⁾). Essa instabilidade ocasiona em ineficácia de distinção das fases o que torna inviável a utilização da solução. Todavia, usufruindo de bibliografias pontuais e escassas, é possível encontrar sugestões de aprimoramento do LePera.

SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾, exemplifica o processo de formação do filme com o LePera a partir de uma série de metodologias com o intuito de eliminar variáveis prejudiciais a formação do filme, são elas: alterações da proporção do LePera modificado (I - 1g de metabissulfato de sódio em 100ml de água destilada e II - 6g de ácido pícrico em 100ml de álcool etílico), sem pré-ataque, tempo de ataque químico de 30s e cessado com imersão em água destilada, limpeza em água corrente e secagem natural na posição vertical. Ainda, segundo diferentes autores (GIRAULT et al., 1998 ⁽⁵⁾; COLPAERT, 2008 ⁽⁶⁾; FUKUGAUCHI, 2010 ⁽⁸⁾; SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾), é necessário fazer a alteração das proporções dos reagentes que constituem o LePera, se demonstrar predominância da coloração marrom, aumenta-se a proporção do reagente I, se ao contrário, houver predominância da coloração azul, eleva-se a proporção do reagente II. Essa alternância entre as proporções dos reagentes é essencial, pois normalmente, os ataques químicos são realizados em distintas ligas e em diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar. Em vista disso, teoricamente é possível a utilização do LePera para a caracterização microestrutural de diferentes ligas através da microscopia óptica.

Portanto, o propósito deste artigo é realizar o teste de eficácia do LePera quando aplicadas em distintas microestruturas e ligas multifásicas, assim, possibilita-se a quantificação de distintas fases através da microscopia óptica. Para tal procedimento, foi utilizado o aço bainítico DIN 18MnCrSiMo64 e um ferro fundido nodular. Ambas microestruturas foram analisadas em estado austemperado e

também feita a análise do aço em estado recozido. Basicamente, o tratamento térmico de austêmpera tem a finalidade de obtenção da bainita e outras fases, possibilitando boa relação entre propriedades mecânicas (COLPAERT, 2008 ⁽⁶⁾), já o recozimento, consiste em conceder uma microestrutura propícia para a usinagem ou modificar outras características da liga (CHIAVERINI, 1977 ⁽¹²⁾).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Através de metodologias indicadas por bibliografias, foi realizado procedimentos para a verificação da eficiência da solução LePera em diferentes microestruturas. Essas microestruturas foram avaliadas a partir do aço bainítico DIN 18MnCrSiMo64 (em estado austemperado e recozido) e um ferro fundido nodular (em estado austemperado).

As ligas demonstram diferentes composições químicas, processos de fabricação e tratamentos térmicos de austêmpera, sendo evidenciados a partir da Tabela 1 e Tabela 2 respectivamente. Para o tratamento térmico de recozimento da liga DIN 18MnCrSiMo64, utilizou-se o próprio estado da liga conforme recebido de fabricação após o processo de laminação.

Tabela 1. Composição química das ligas DIN 18MnCrSiMo64 e ferro fundido nodular.

Elementos químicos identificados (%) no Laboratório de Metalurgia Física - LAMEF

DIN	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Al	Sn	Fe
18MnCrSiMo64	0,189	1,16	1,35	0,0097	0,0147	0,0582	1,14	0,0901	0,263	0,0136	-	Balanço
Ferro Fundido Nodular	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Cu	Mo	Mg	Sn	Fe
	3,56	2,30	0,32	0,021	0,07	0,53	0,03	0,66	0,18	0,034	0,02	Balanço

Fonte: os autores.

Tabela 2. Condição de fabricação das ligas DIN 18MnCrSiMo64 e ferro fundido nodular e seus processos de austêmpera.

Liga	DIN 18MnCrSiMo64	Ferro Fundido Nodular
Condição de fabricação	Laminado	Bruto de fusão
Tratamento térmico de austêmpera	i. Austenitização à 900 °C durante 30 minutos; ii. Austêmpera 335°C por 30 minutos; iii. Arrefecimento.	i. Austenitização à 860°C durante 90 minutos; ii. Austêmpera 320°C por 10 minutos; iii. Austêmpera 380°C por 60 minutos; iv. Arrefecimento.

Fonte: os autores.

Para a metalografia, foram preparadas amostras de acordo com a ASTM E3. Conforme sugerido por SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾, as amostras foram limpas repetidas vezes com água destilada a fim de evitar qualquer contaminação da solução LePera. Ainda conforme recomendado (SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾), os dois reagentes que formam o LePera, foram mantidos em aproximadamente 0°C e combinados instantes antes da realização do ataque químico.

Tanto a composição química utilizada do LePera quanto o processo utilizado para o ataque químico, seguiram a metodologia evidenciada por SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾ através da Tabela 3 e Tabela 4 respectivamente. Para fins comparativos com o filme formado pelo LePera, foi realizado ataque químico com reente comum (nital 2%) em ambas as ligas.

Tabela 3. Modificação da composição química do LePera evidenciada por SILVA, M. A. et al, 2019⁽¹⁰⁾.

Solução Final	Reagente I	Reagente II	Proporção testada
LePera modificado (LePera ²)	1g de metabissulfito de sódio em 100ml de água destilada	6g de ácido pícrico em 100ml de álcool etílico	Variação

Fonte: Adaptado de SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾.

Tabela 4. Metodologia de ataque químico evidenciado por SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾.

Ataque químico	Solução utilizada	Proporção dos reagentes I e II	Pré - Ataque	Tempo de ataque	Método de interrupção do ataque	Limpeza pós cessar o ataque	Método de secagem / posição das amostras
J	LePera ²	Variação	-	30s	Imersão em água destilada	Água corrente	Natural/ vertical

Fonte: Adaptado de SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾.

Diferentes autores (COLPAERT, 2008; FUKUGAUCHI, 2010; GIRAULT et al., 1998; SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾), destacam que é necessário a variação de proporção dos reagentes I e II. Essas variações são devido a diferentes composições químicas das ligas e condições de temperaturas e umidades relativas do ar, o que explica a variação de proporção descrita na Tabela 4.

Por fim, mediante a utilização do microscópio óptico OPTIKA B- 1000MET e dispendo de aumento de 500x, foi possível visualizar as microestruturas de ambas as ligas. Ainda, através do software OptikaView7, foram capturadas fotos dos microconstituintes para serem analisados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente, foi realizado ataque químico com reagente comum (nital 2%) em ambas as ligas conforme demonstrado na sequência de figuras (Figura 1 a Figura 3) para fins comparativos com o filme formado com o LePera.

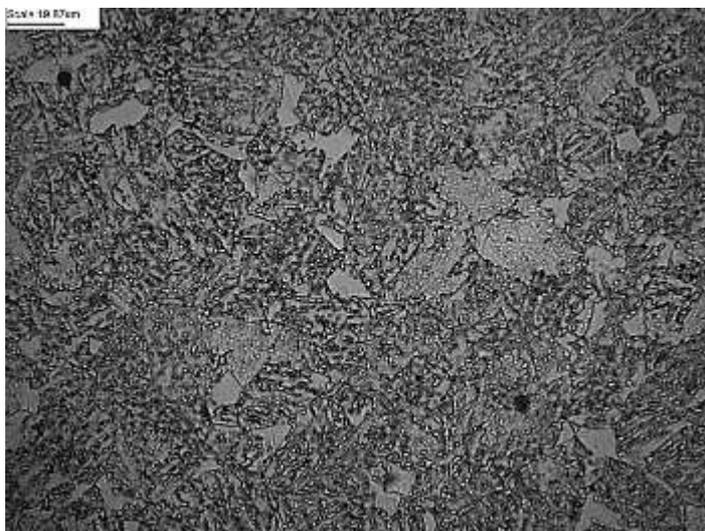


Figura 1. Aço DIN 18MnCrSiMo64 recozido, ataque químico Nital 2%, aumento 500x.
Fonte: Os autores.

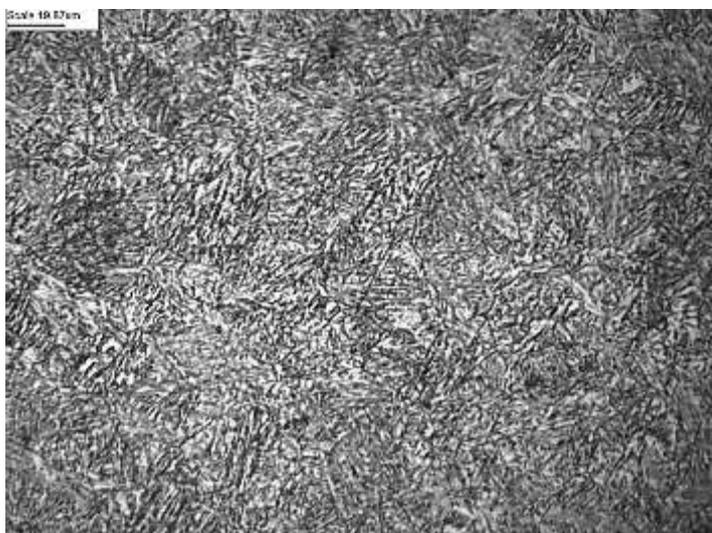


Figura 2. Aço DIN 18MnCrSiMo64 austemperado, ataque químico Nital 2%, aumento 500x.
Fonte: Os autores.

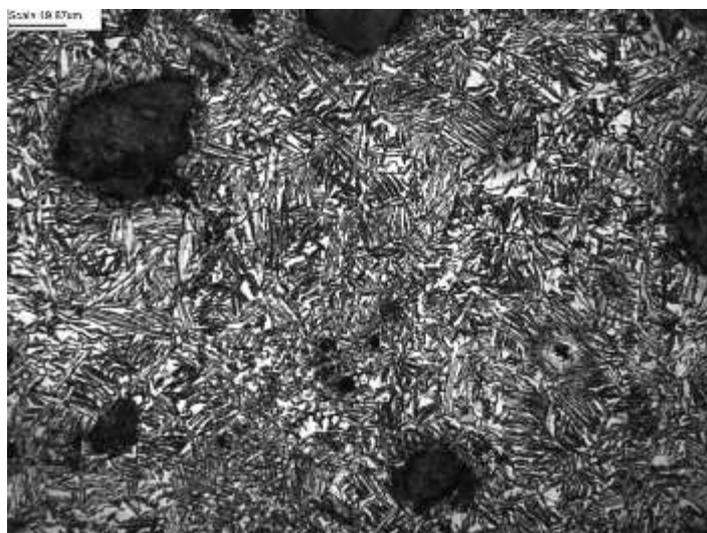


Figura 3. Ferro Fundido Nodular austemperado, ataque químico Nital 2%, aumento 500x.
Fonte: Os autores.

Através da sequência de figuras acima, é notada a ineficiência dos reagentes comuns na distinção de fases através de microscopia óptica. Não há clareza das fases presentes, o que impossibilita qualquer quantificação microestrutural, sendo notado apenas, diferentes morfologias assimétricas e irregulares. Deste modo,

justifica-se a necessidade de estudo de outros reagentes que possuem capacidade de diferenciação dos microconstituintes.

A partir da próxima sequência de figuras (Figura 4 a Figura 9), é demonstrado os resultados obtidos com o reagente LePera, onde os resultados que demonstraram eficiência na distinção de fases possuem a seguinte identificação: B – bainita, F – ferrita, FB – ferrita bainítica, MA – austenita retida/martensita.

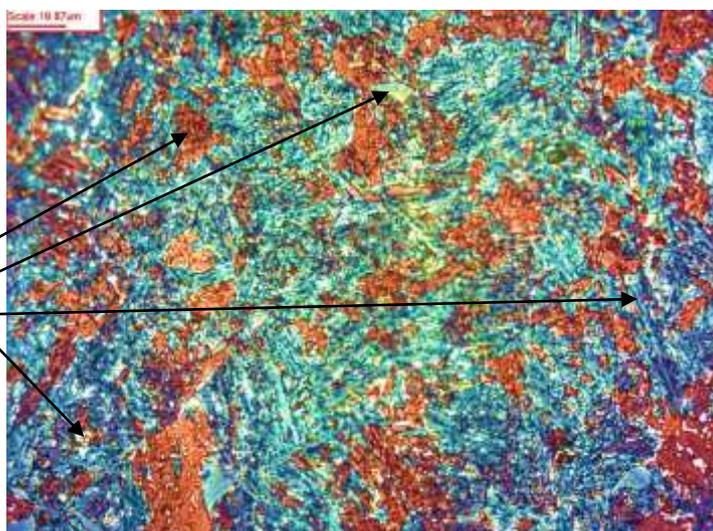


Figura 4. Aço DIN 18MnCrSiMo64 recozido, ataque químico LePera² 1:1, aumento 500x.

Fonte: Os autores.

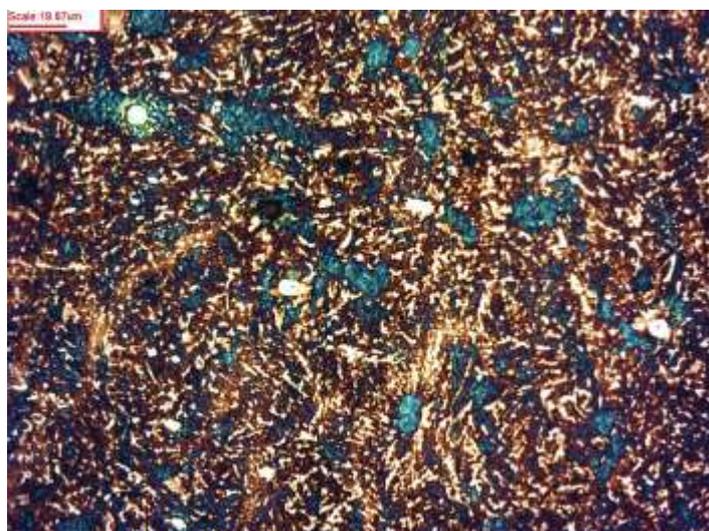


Figura 5. Aço DIN 18MnCrSiMo64 recozido, ataque químico LePera² 1:2, aumento 500x.

Fonte: Os autores.

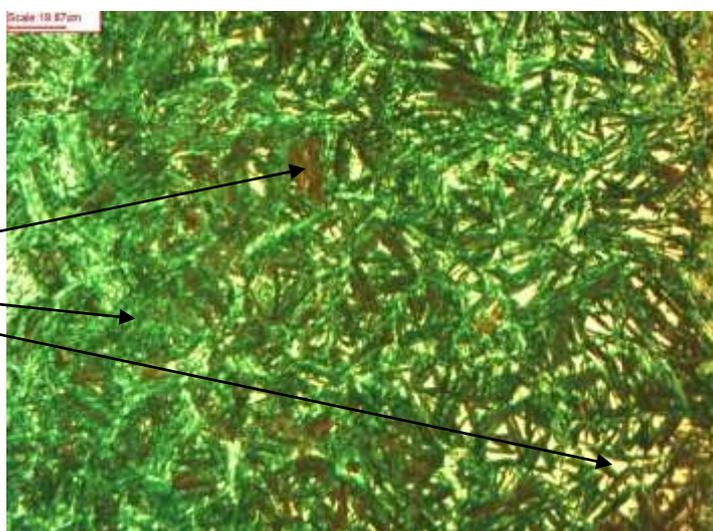


Figura 6. Aço DIN 18MnCrSiMo64 austemperado, ataque químico LePera² 1:1, aumento 500x.

Fonte: Os autores.

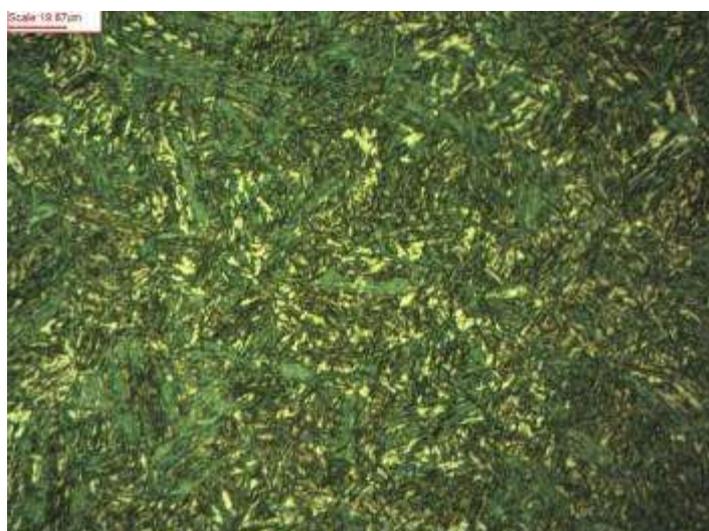


Figura 7. Aço DIN 18MnCrSiMo64 austemperado, ataque químico LePera² 1:1 com adição de pré-ataque (nital 2%), aumento 500x.

Fonte: Os autores.

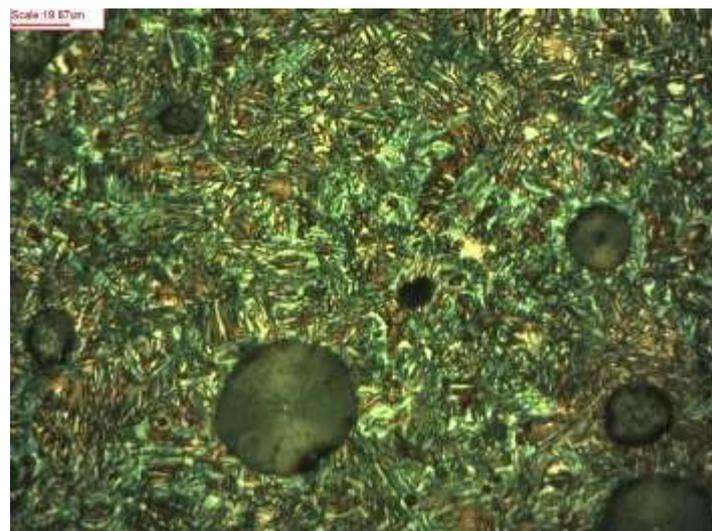
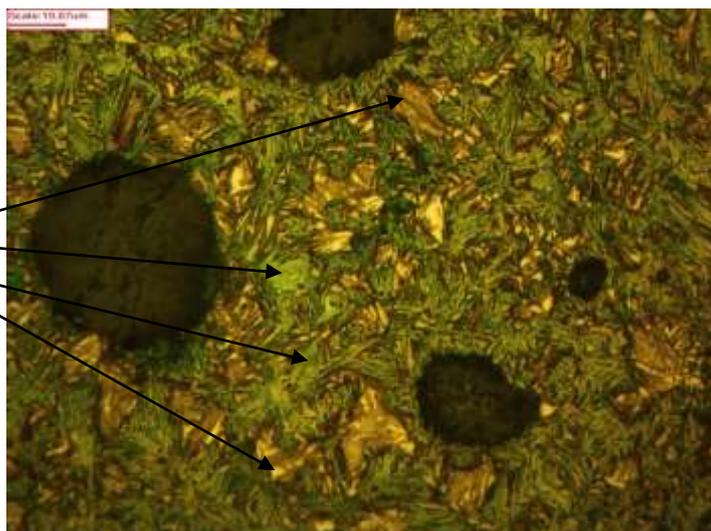


Figura 8. Ferro fundido nodular austemperado, ataque químico LePera² 1:1, aumento 500x.

Fonte: Os autores.

Figura 9. Ferro fundido nodular austemperado, ataque químico LePera² 2:1, aumento 500x.

Fonte: Os autores.

A Figura 4 é proveniente do aço bainítico DIN 18MnCrSiMo64 recozido, o qual através da metodologia descrita por bibliografia foi possível encontrar um resultado satisfatório com o LePera² em proporção 1:1. A bainita demonstrou tonalidade marrom, ferrita e ferrita bainítica tonalidade azul, austenita retida/martensita tonalidade branca. Sendo assim, é possível identificar a baixa formação de ferrita, alta formação de ferrita bainítica, média formação de bainita e pontos de austenita retida/martensita. Contudo, em busca de maior homogeneidade da coloração azul devido a essa tonalidade ter demonstrado regiões escuras e claras, alterou-se a proporção dos reagentes para 1:2. A Figura 5 demonstra a microestrutura com esta variação de proporção.

A alteração da proporção dos reagentes da Figura 4 evidenciada na Figura 5 conseguiu homogeneizar a coloração azul, porém, demonstrou regiões super atacadas quimicamente, contornos das fases escurecidos e pontos de corrosão impossibilitando a caracterização microestrutural.

A Figura 6 é referente ao aço bainítico DIN 18MnCrSiMo64 austemperado, aonde, seguindo a mesma metodologia da Figura 4, foi possível identificar as fases com distintas colorações: bainita em tom marrom, ferrita e ferrita bainítica em tom esverdeado, austenita retida/martensita em tom branco. Para o aço austemperado, é notório a não formação de ferrita, alta formação de ferrita bainítica, média formação de bainita e alta formação de austenita retida/martensita. Na Figura 6, em comparativo com a Figura 4, a coloração da ferrita bainítica demonstrou tom mais esverdeado devido a diferentes temperaturas e umidades relativas do ar nos distintos ensaios, característica do LePera (SILVA, M. A. et al, 2019 ⁽¹⁰⁾). A Figura 6 demonstra também a má realização do tratamento térmico de austêmpera, pois não há homogeneidade na formação da austenita retida/martensita em toda a microestrutura. Devido as extremidades da Figura 6 terem demonstrado diferentes facilidades para revelar a austenita retida, a partir da Figura 7, foi realizado a mesma metodologia da Figura 6, porém com adição de pré-ataque.

A adição de pré-ataque conforme demonstrado na Figura 7, facilitou a visualização da austenita retida/martensita, porém impossibilitou a identificação da bainita. Ainda, a maior homogeneidade de austenita retida/martensita evidenciada é devido a Figura 7 ter sido retirada na região central da amostra enquanto para a Figura 6, retirada da extremidade.

De mesmo modo, dispondo das metodologias da Figura 4 e Figura 6, também foi possível encontrar uma formação satisfatória do LePera no ferro fundido nodular (Figura 8). As colorações foram semelhantes a Figura 6: bainita em tom marrom, ferrita e ferrita bainítica em tom esverdeado, austenita retida/martensita em tom branco. Além das fases, há presença dos nódulos, o que é característico do ferro fundido nodular. Para esta liga, nota-se: pouca formação de ferrita, alta formação de ferrita bainítica, média formação de bainita, moderada formação de austenita retida/martensita e presença de nódulos. Buscando aperfeiçoar a coloração da bainita, tornando assim mais intuitivo a distinção da austenita retida/martensita para esta liga, adotou-se a mudança de proporção demonstrada na Figura 9.

A alternância para 2:1 do LePera escolhida para a Figura 9 se deve ao fato das influências dos reagentes na coloração, se muito marrom aumenta-se a proporção do reagente I, se ao contrário, aumenta-se a proporção do reagente II (GIRAULT et al., 1998 ⁽⁵⁾; COLPAERT, 2008 ⁽⁶⁾; FUKUGAUCHI, 2010 ⁽⁸⁾; SILVA, M. A., 2019 ⁽¹⁰⁾). Contudo, a Figura 9 não possibilitou melhor distinção microestrutural em relação a Figura 8. Ao contrário, a alteração da proporção ocasionou uma superfície super atacada quimicamente contendo pontos de corrosão impossibilitando, assim, a distinção microestrutural de forma evidente.

4 CONCLUSÃO

Dispondo de distintas ligas (aço bainítico DIN 18MnCrSiMo64 e ferro fundido nodular), foi possível avaliar a repetibilidade e precisão do reagente LePera. Foi analisado o aço em estado recozido e austemperado, para o ferro fundido nodular, foi testado em estado austemperado.

Todas as ligas demonstraram exatidão quando submetidas a mesma metodologia: LePera² na proporção 1:1, sem pré-ataque, tempo de ataque químico de 30s e cessado com imersão em água destilada, limpeza em água corrente e secagem natural na posição vertical. As ligas demonstram:

- a) DIN 18MnCrSiMo64 recozido: pouca formação de ferrita em tom azul, alta formação de ferrita bainítica em tom azul, moderada formação de bainita em tom marrom, pontos de austenita retida/martensita em tom branco.
- b) DIN 18MnCrSiMo64 austemperado: sem formação de ferrita, alta formação de ferrita bainítica em tom esverdeado, moderada formação de bainita em tom marrom, alta formação de austenita retida/martensita em tom branco.
- c) Ferro fundido nodular austemperado: pouca formação de ferrita em tom esverdeado, alta formação de ferrita bainítica em tom esverdeado, moderada formação de bainita em tom marrom, média formação de austenita retida/martensita em tom branco e presença de nódulos.

Foi evidenciado a variação da coloração da ferrita / ferrita bainítica, podendo se demonstrar tanto na coloração azul quanto esverdeado, variações devido a diferentes temperaturas e umidades relativas do ar.

A alternância das proporções dos reagentes que formam o LePera testados não se demonstraram eficazes, mas é uma técnica útil quando os ataques químicos são realizados em distintos dias e em diferentes ligas.

A adição de pré-ataque possibilita melhor visualização da tonalidade branca, podendo assim, ser utilizada quando há dificuldade em visualizar os contornos da austenita retida/martensita. Porém, o pré-ataque impossibilita a caracterização da bainita.

Conforme esperado, a distinção da austenita retida/martensita só é possível realizar através do MEV, mas notar a presença em meio a outras fases é possível através do LePera em microscópio óptico.

Em vista disso, quando o ataque químico com o LePera é realizado com cuidado e seguindo metodologia específica, é possível fazer a distinção de fases através de microscopia óptica. E, se desenvolvido técnicas eficazes de quantificação microestrutural, dispendo do LePera se torna fácil realizar a correlação entre propriedades mecânicas e seus microconstituintes.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Ensaios Mecânicos e Metalúrgicos – LABEMM, o qual cedeu ambiente adequado a realização e análise dos ensaios.

Ao Instituto Federal Catarinense – Campus Luzerna, responsável por financiar os gastos.

Ao programa BRAGECRIM e Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Porto Alegre, por programas de iniciação científica

REFERÊNCIAS

- 1 ABDALLA, A.J. et.al, 2006, “Formação da fase bainítica em aços de baixo carbono”, Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo, Guaratinguetá, p.175-181, 23 ago. 2006. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.sbvacu.org.br/rbav/index.php/rbav/article/view/64>. Arquivo capturado em 15 de julho de 2018, às 14h 00.
- 2 RAMOS, D.S. et al., 2014, “Efeito da composição química na cinética e morfologia da transformação bainítica em aços de alto carbono contendo teores variáveis de Si, Mn e Ni”. 21º CBECIMAT - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, Brasil. Disponível na Internet via WWW. URL: <http://www.metallum.com.br/21cbecimat/CD/PDF/304-080.pdf>. Arquivo capturado em 07 de julho de 2018, às 17h 00.
- 3 ROCHA, A.S. e ZOCH, H.W., 2017, “Manufatura Energicamente Eficiente para Aços Bainíticos Avançados Baseada no Processo Termomecânico”, 2017. 20 f. - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 4 BHADESHIA, S.R. et al., 2001, “Emprego dos Aços bainíticos”, University Of Cambridge: Bainite in Steels, Cambridge. Disponível na internet via WWW. URL: <https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/port/bainitepk.html>. Arquivo capturado em 20 de julho de 2018, às 10h 00.
- 5 GIRAULT, E. et al, 1998, “Metallographic Methods for Revealing the Multiphase Microstructure of TRIP-Assisted Steels”, Materials Characterization, Vol. 40, no. 2, p. 111-118. Disponível na internet via WWW. URL: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/67021/2-s2.0->

- 0036412204.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Arquivo capturado em 05 de janeiro de 2019.
- 6 COLPAERT, H., 2008, “Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns”, 4. ed. São Paulo: E. Blücher, 2008. xx, 652 p. + 1 DVD. - ISBN 9788521204497;
 - 7 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM E 407: Standard Practice for Microetching Metals and Alloys. 2007.
 - 8 FUKUGAUCHI, C.S., 2010, “Metodologia para caracterização metalográfica de um aço TRIP por microscopia óptica”, 122 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2010. Disponível via WWW. URL: <http://hdl.handle.net/11449/94424>. Arquivo capturado em 20 de dezembro de 2018.
 - 9 LePera, F.S., 1998, “Improved Etching Technique to Emphasize Martensite and Bainite in High-Strength Dual-Phase Steel”, *Journals of Metals*, v.32, p38-9. Disponível na internet via WWW. URL: <https://www.academia.edu/36860107/Lepera>. Arquivo capturado em 19 de dezembro de 2018.
 - 10 SILVA, M. A. et al, 2019, “Caracterização microestrutural de aço multifásico bainítico para forjamento com o reagente LePera”, 39º SENAFOR – 23ª Conferência Internacional de Forjamento – Brasil, 4 de outubro de 2019. ANAIS SENAFOR SEMINARIO NACIONAL DE FORJAMENTO, Código ISSN 2674-841X.
 - 11 PEREIRA, M.S., GARCIA, P.E.L. e HASHIMOTO, T.M., 2002, “Metallographic Procedure to Microstructural Characterization of a Multiphase Steel Applied to Pipelines Industry by Optical Microscopy”, *Microscopy and Microanalysis*, v. 8, n. SUPPL. 2, p. 1328-1329, 2002. Disponível na internet via WWW. URL: [://hdl.handle.net/11449/67021](http://hdl.handle.net/11449/67021). Arquivo capturado em de 10 janeiro de 2019.
 - 12 CHIAVERINI, Vicente. Aços e ferros fundidos. Abm, 1977.

DESENVOLVIMENTO DE MOLDES PARA PRODUZIR PLACAS EM BRAILLE

Aguirre, H. R. ¹
Calcagno, C. I. W. ²
De Barba Jr, D. J. ³

- ¹ Estudante de Engenharia Mecânica, Hárrisson da Rosa Aguirre, IFSul - campus Sapucaia do Sul, harrisson.aguirre@gmail.com
² Doutora, Carmen Iara Walter Calcagno, IFSul - campus Sapucaia do Sul, carmencalcagno@sapucaia.ifsul.edu.br
³ Doutor, Durval João De Barba Júnior, IFSul - campus Sapucaia do Sul, durvaljunior@sapucaia.ifsul.edu.br

Resumo

Sinalizações em Braille são muito importantes para a inclusão de pessoas com deficiência visual, auxiliando em sua circulação. Sua leitura é feita pelo tato, por isso devem possuir relevos uniformes e precisos. Este trabalho teve como objetivo desenvolver moldes para a produção de placas em Braille confeccionadas com composto de amido e papel. Por concepção tais moldes foram impressos em 3D. Para que pudessem ser corretamente dimensionados, o estudo começou pela análise da variação dimensional do material durante uma de suas etapas de fabricação. O estudo da variação dimensional decorrente da impressão em 3D dos moldes também foi conduzido. Os resultados destas análises foram utilizados para correções no dimensionamento dos moldes. Moldes de diferentes palavras foram impressos e testados na fabricação de placas, que foram avaliadas. Tais placas possuem pontos de relevo uniforme e dimensionamento regular. Esta análise permitiu validar o projeto e a construção dos moldes.

Palavras-chave: Desenvolvimento de moldes, Acessibilidade, Impressão 3D

MOLD DESIGN FOR THE PRODUCTION OF BRAILLE PLATES

Abstract

Braille signs are very important for the inclusion of visually impaired people, aiding in their displacement. It is read by touch, so they must have uniform and precise reliefs. This work had as objective the fabrication of molds for the creation of plates in Braille manufactured with a compound of starch and paper. As a conception such molds will be 3D printed. This study started with the analysis of the dimensional variation during the fabrication of the material, so that the molds could be correctly sized. The study of the dimensional variation occurred during the 3D printing of the molds was also conducted. The results of these analysis were used to correct the design of the molds. Molds of different words were printed and tested on the fabrication of plates, that were evaluated. Such plates have uniform relief points and regular sizing. This analysis allowed to validate the design and construction of the molds.

Key words: Mold design, Accessibility, 3D printing.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, 3,6% da população possui algum tipo de deficiência visual. Mais de 6 milhões de pessoas possuem grande dificuldade para enxergar e mais de 500 mil não enxergam⁽¹⁾. Sinalizações em Braille são muito importantes para a inclusão destas pessoas, auxiliando em sua circulação pelos estabelecimentos onde se encontram.

A escrita em Braille deve seguir critérios de fabricação para proporcionar maior conforto durante a leitura. A ABNT NBR 9050 estabelece as dimensões dos pontos em Braille. Existem diferentes materiais que são atualmente utilizados para a fabricação de placas táteis com escrita em Braille. De acordo com as informações disponibilizadas por fabricantes, o polimetil-metacrilato (PMMA), que é um material termofixo, é o material que aparece com mais frequência no catálogo dos fabricantes de sinalizações táteis. Diferentes polímeros, como o copolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), a poliamida (PA) e o policloreto de vinila (PVC), fazem parte do grupo com segunda maior frequência. O alumínio aparece com um frequência menor, seguido do aço e outras ligas metálicas, como zinco, magnésio e latão⁽²⁻¹⁸⁾.

Um dos métodos de fabricação mais utilizados atualmente, o *Raster Braille™*, requer o cumprimento de diversas etapas para ser realizado com sucesso⁽¹⁹⁾. Ele consiste em transcrever a palavra para o alfabeto Braille, obtendo a posição dos pontos que a formam. Um material, que servirá como base, deve ser perfurado de acordo com esta transcrição. Esferas são inseridas nestes furos de forma a permanecerem fixas. Se forem materiais metálicos, deve-se aplicar uma camada de cola para aumentar a aderência⁽²⁰⁾. *Accent Singage Systems Incorporated*, empresa detentora da marca e do processo de inserir esferas em cavidades para produzir textos em Braille, vende os equipamentos capazes de reproduzir o método. Um deles, na forma de uma “caneta”, necessita que o operador perfure manualmente os pontos onde as esferas serão colocadas, também de forma manual, o que pode resultar em erros. O outro equipamento disponível é uma ponteira universal que pode ser instalada no eixo de máquinas CNC (comando numérico computadorizado) ou em máquinas de gravura computadorizadas, automatizando o processo de inserção. Sendo fabricados nos Estados Unidos, o primeiro custa US\$ 595,00⁽²¹⁾ e, o segundo, US\$ 1.065,00⁽²²⁾.

Outra forma de fabricação envolve as propriedades químicas dos fotopolímeros. Ao serem expostos a luz ultravioleta, a fotopolimerização ocorre. O material tem suas características alteradas, tornando-se mais resistente⁽²³⁾. Para fabricar palavras em Braille, o fotopolímero deve ser posto sobre um material de base e coberto por um filme em negativo, que permite passar a luz apenas onde os pontos devem ser formados. Estes pontos irão aderir ao material de base. O fotopolímero que não foi exposto pode ser facilmente removido, restando apenas a palavra. Como os fotopolímeros são sensíveis à luz, devem ser adequadamente protegidos uma vez que o processo é finalizado⁽²⁰⁾.

O método de gravura química também pode ser utilizado. O texto em Braille é impresso sobre o material, geralmente uma placa fina de zinco, de forma a protegê-lo durante o banho químico. As áreas que receberam a proteção permanecerão elevadas, enquanto que o restante da placa perde uma parte de sua espessura. Uma vez que os pontos resultantes deste processo possuem um formato cilíndrico, eles devem ser lixados até obterem a esfericidade necessária⁽²⁰⁾.

Tais métodos dependem de equipamentos especializados para realizar operações complexas, o que encarece o processo de fabricação de placas táteis. Por este motivo sua produção está centralizada nas empresas detentoras destas tecnologias. O objetivo deste trabalho foi desenvolver moldes impressos em 3D que permitirão dar forma a um composto de amido e papel, produzindo as placas em Braille.

A metodologia desenvolvida deve permitir que qualquer universidade ou estabelecimento possa adequar-se às necessidades de pessoas com deficiência visual. O material utilizado é um polímero biodegradável, o que traz inúmeras vantagens em relação aos materiais atualmente utilizados, principalmente quando chega ao fim de sua vida útil. É também proveniente de fontes renováveis, além de incorporar resíduos que seriam normalmente descartados, como os pedaços de papel provenientes de gráficas. Desta forma, tais resíduos passam a ter um valor agregado e um ciclo de vida prolongado.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para projetar um molde, primeiro deve-se conhecer as características e funcionalidades do produto que será por ele produzido⁽²⁴⁾. Desta maneira, este estudo foi dividido em três etapas:

1. Determinar a variação dimensional do composto de amido e papel durante a consolidação da forma;
2. Projetar e fabricar moldes para conformação de letras em Braille;
3. Validar os moldes para fabricação de placas em Braille.

Para a primeira etapa, o material foi preparado misturando 20 gramas de amido doce com 34 ml de água. Para tanto, foram utilizadas uma balança analítica FA2104N, com precisão de 0,1 mg, para pesar o amido e uma pipeta Bomex de 50 ml para medir a quantidade de água. A mistura foi agitada manualmente e deixada em repouso por 5 minutos para garantir a total absorção de água no amido. Outras 10 gramas de amido doce foram pesados e separados. Partículas de papel foram peneiradas em uma peneira *mesh* 16 para ficarem com tamanho de, no máximo, 1,19 mm de lado. 16 gramas destas partículas de papel foram pesados e misturadas com as 10 gramas de amido para serem incorporados ao polímero gelatinizado.

A extrusora, adaptada para a gelatinização do amido⁽²⁵⁾, foi aquecida a 90° C e mantida a uma velocidade de 20 rpm. A mistura de amido e água foi então adicionada para iniciar o processo de gelatinização do material. Após este processo, o amido gelatinizado foi misturado, manualmente, ao amido doce e às partículas de papel previamente separadas, ocorrendo a incorporação destes materiais. Para homogeneizar a mistura, foi utilizada uma laminadora, onde o material foi dobrado diversas vezes, sempre mantendo o mesmo sentido de laminação. Por fim, na laminadora foi atribuída a espessura desejada, de 2 mm, ao material.

O material foi cortado na forma de amostras quadradas com 30 mm de lado. No total, 10 amostras foram fabricadas. As suas dimensões iniciais foram tomadas e anotadas, conforme a direção de laminação, para servirem como referência. As amostras foram colocadas em uma estufa DeLeo, aquecida a 90° C, durante 1 hora. Elas foram novamente medidas e recolocadas na estufa por mais 1 hora, quando foram medidas novamente.

Para a realização das medidas, o sentido de laminação foi denominado Eixo X e o sentido perpendicular a ele foi denominado Eixo Y, conforme a Figura 1. Em cada amostra, três medidas em cada eixo foram tomadas, através de fotografias com resolução de 16 megapíxeis onde um paquímetro, com resolução de 0,02 mm, está presente. A contagem de píxeis feita através do *software* GIMP 2.8 determinou a dimensão das medidas.

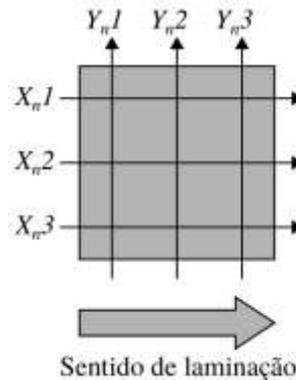


Figura 1: Método de medida das amostras segundo sentido de laminação.

Sendo X_{n1} , X_{n2} , X_{n3} , Y_{n1} , Y_{n2} e Y_{n3} as denominações para os valores medidos conforme as indicações da Figura 1, onde n representa a amostra da qual foram tomados. Uma análise de dados foi conduzida, utilizando os valores médios das medidas, a fim de determinar o nível de contração sofrido pelas amostras. Esses valores foram denominados X_n e Y_n sendo n o número da amostra. A média de todos X_n foi denominada X e a média de todos Y_n foi denominada Y . Os resultados foram considerados no projeto dos moldes, iniciando a segunda etapa do estudo.

Os moldes, possuindo a dimensão de uma letra, com o objetivo de avaliar a impressão das cavidades sem empregar uma grande quantia de material, foram projetados no *software* Blender V 2.80 RC2 e exportados para o formato .STL (esteriolitografia, do inglês *stereolithography*). A Figura 2 mostra as dimensões de projeto dos moldes.

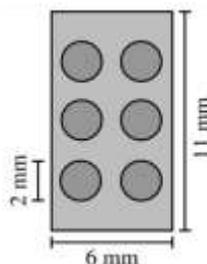


Figura 2: Dimensões avaliadas pelos testes de impressão.

Foram interpretados pelo programa Cloner Print3D V 3.0, gerando o arquivo G-CODE para as impressões em 3D. A impressora que as realizou foi uma 3D Cloner DH com precisão de 0,05 mm. O material escolhido para a impressão foi o PLA - poli(ácido láctico), disponível em filamentos de 1,75 mm na cor azul e fabricados pela 3D Lab. Para a impressão, a temperatura do bico de impressão foi de 230° C e a temperatura da mesa foi de 60° C. Um planejamento de experimentos, representado na Tabela 1, foi realizado para determinar os outros parâmetros necessários para a impressão dos moldes. São eles: o diâmetro do bico de impressão, a altura da camada, a taxa de preenchimento e as velocidades de impressão.

Tabela 1: Planejamento de experimentos para os testes de impressão.

n	i	ii	iii	iv	v	r ₁	r ₂	r ₃
1	0,4 mm	0,2 mm	20%	20 mm/s	20 mm/s	r ₁₋₁	r ₂₋₁	r ₃₋₁
2	0,4 mm	0,2 mm	40%	13 mm/s	20 mm/s	r ₁₋₂	r ₂₋₂	r ₃₋₂
3	0,4 mm	0,2 mm	20%	6 mm/s	20 mm/s	r ₁₋₃	r ₂₋₃	r ₃₋₃
4	0,4 mm	0,1 mm	40%	20 mm/s	13 mm/s	r ₁₋₄	r ₂₋₄	r ₃₋₄
5	0,4 mm	0,1 mm	20%	13 mm/s	13 mm/s	r ₁₋₅	r ₂₋₅	r ₃₋₅
6	0,4 mm	0,1 mm	40%	6 mm/s	13 mm/s	r ₁₋₆	r ₂₋₆	r ₃₋₆
7	0,3 mm	0,2 mm	20%	20 mm/s	6 mm/s	r ₁₋₇	r ₂₋₇	r ₃₋₇
8	0,3 mm	0,2 mm	40%	13 mm/s	6 mm/s	r ₁₋₈	r ₂₋₈	r ₃₋₈
9	0,3 mm	0,2 mm	20%	6 mm/s	6 mm/s	r ₁₋₉	r ₂₋₉	r ₃₋₉
10	0,3 mm	0,1 mm	40%	20 mm/s	20 mm/s	r ₁₋₁₀	r ₂₋₁₀	r ₃₋₁₀
11	0,3 mm	0,1 mm	20%	13 mm/s	13 mm/s	r ₁₋₁₁	r ₂₋₁₁	r ₃₋₁₁
12	0,3 mm	0,1 mm	40%	6 mm/s	6 mm/s	r ₁₋₁₂	r ₂₋₁₂	r ₃₋₁₂

Na Tabela 1, **n** representa o número da amostra, **i** o diâmetro do bico de impressão, **ii** a altura da camada de impressão, **iii** a taxa de preenchimento, **iv** a velocidade de impressão dos perímetros e **v** a velocidade de impressão do preenchimento. Foram impressos um exemplar de cada condição de processo. Após a realização das impressões, as amostras foram medidas com um paquímetro com resolução de 0,02 mm para verificar os desvios dimensionais exteriores, que são os resultados deste estudo, expressados por **r₁** (largura da letra), **r₂** (comprimento da letra) e **r₃** (diâmetro da cavidade), serão confrontados com os valores nominais presentes na Figura 2.

Na terceira etapa, os moldes foram reprojeto para que, ocorrendo as variações dimensionais identificadas nas etapas anteriores do estudo, o produto final apresente as dimensões desejadas.

Para os testes de fabricação foram escolhidas palavras que representam diferentes locais do IFSul campus Sapucaia do Sul. Elas foram transcritas para o alfabeto Braille utilizando um serviço online⁽²⁶⁾ que providencia a localização necessária dos pontos para formar cada letra que compõe a palavra.

As palavras selecionadas, dentre todas que representam locais do IFSul, foram: Laboratório, Biblioteca e Cantina. A primeira foi escolhida por ser a mais comprida, com 11 letras, e possuir uma letra acentuada. A segunda foi escolhida por ser um local que todos alunos frequentam em busca de material para estudar e a última por ser um local de socialização e grande movimento. A disposição dos pontos em Braille que as formam pode ser encontrada na Figura 3.

Moldes foram criados de acordo com as palavras transcritas, obedecendo a disposição da Figura 3 e utilizando os parâmetros de impressão encontrados ao fim do estudo de impressão. Foram impressos no mesmo equipamento e com o mesmo filamento. Os moldes foram medidos para assegurar sua conformidade dimensional dos diâmetros e espaçamento entre cavidades.

O material polimérico foi novamente fabricado, de forma idêntica à anterior, para a realização dos testes de moldagem.

As palavras foram moldadas pressionando os moldes contra o polímero, de forma manual. Foram postas na estufa por 3 horas para consolidar sua forma e, após,

foram avaliadas quanto às suas dimensões (distanciamento entre pontos, altura e diâmetro dos pontos) para verificar se estão dentro da norma.

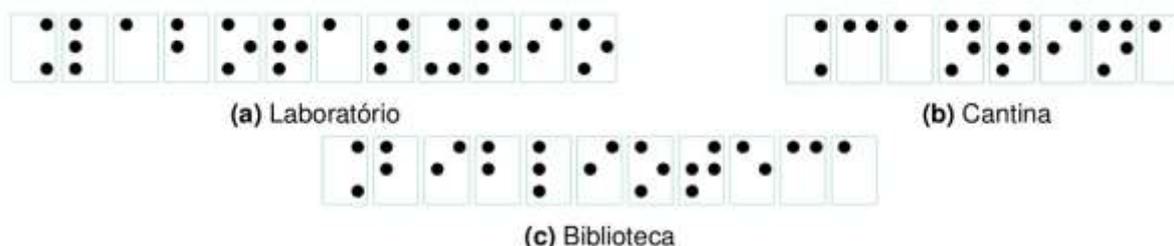


Figura 3: Disposição dos pontos em Braille das palavras selecionadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 demonstra os resultados obtidos durante o estudo da variação dimensional decorrente da etapa de consolidação da forma do amido gelatinizado com pedaços de papel.

Tabela 2: Dimensões das amostras segundo tempo decorrido na consolidação da forma e o respectivo desvio dimensional.

Dimensão	Inicial	1 hora	2 horas
X	31,39 mm ±1,004 mm	30,16 mm ±1,112 mm	29,83 mm ±1,223 mm
ΔX		- 3,92%	- 4,97%
Y	30,54 mm ±1,088 mm	29,23 mm ±0,906 mm	28,99 mm ±0,701 mm
ΔY		- 4,29%	- 5,07%

Na Tabela 2, ΔX é o desvio dimensional encontrado no sentido de laminação, enquanto que ΔY é o desvio encontrado no sentido perpendicular à laminação. Pode-se observar que ΔX é menor que ΔY tanto para 1 hora quanto para 2 horas de consolidação de forma. Ao fim da consolidação da forma, a variação dimensional foi de aproximadamente -5% para os dois sentidos. A Figura 4 mostra a evolução da Amostra 2 conforme a umidade foi sendo retirada na estufa.

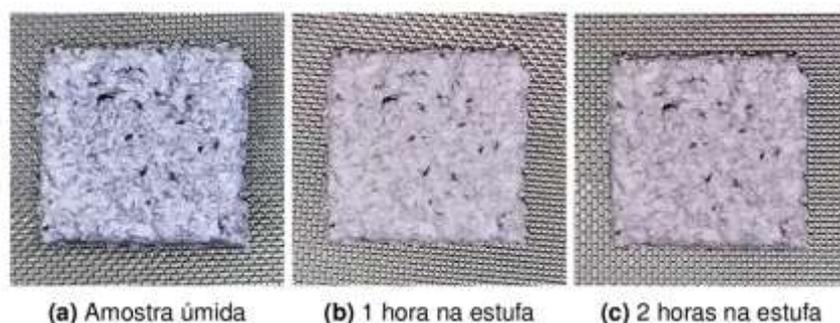


Figura 4: Amostra 2. Sentido de laminação horizontal.

A Tabela 3 apresenta os valores obtidos nos testes de impressão.

Tabela 3: Medidas e desvios das amostras dos testes de impressão dos moldes.

Amostra	Largura	Comprimento	Diâmetro da Cavidade
---------	---------	-------------	----------------------

	Medido	Desvio	Medido	Desvio	Medido	Desvio
1	6,713 mm	1,72%	11,013 mm	1,98%	-	-
2	6,707 mm	1,62%	10,987 mm	1,73%	-	-
3	6,680 mm	1,21%	10,947 mm	1,36%	0,827 mm	-58,67%
4	6,820 mm	3,33%	11,087 mm	2,65%	-	-
5	6,773 mm	2,63%	11,027 mm	2,10%	-	-
6	6,747 mm	2,22%	11,027 mm	2,10%	-	-
7	6,687 mm	1,31%	10,947 mm	1,36%	1,413 mm	-29,33%
8	6,680 mm	1,21%	10,940 mm	1,30%	1,573 mm	-21,33%
9	6,673 mm	1,11%	10,933 mm	1,23%	1,640 mm	-18,00%
10	6,747 mm	2,22%	11,020 mm	2,04%	1,573 mm	-21,33%
11	6,720 mm	1,82%	11,020 mm	2,04%	1,560 mm	-22,00%
12	6,713 mm	1,72%	11,007 mm	1,91%	1,593 mm	-20,33%

Os valores dos diâmetros das cavidades nas amostras 1, 2, 4, 5 e 6 não estão presentes na Tabela 3 pois estes eram muito pequenos, o que impossibilitou sua medida. Para avaliar qual parâmetro de impressão apresenta maior influência é necessário possuir todos os seus dados. Pode-se notar que todos os valores que não puderam ser medidos pertencem à amostras impressas com o bico de 0,4 mm de diâmetro. Um dos motivos pode ser o fato de seu diâmetro ser muito grande para o nível de detalhe requerido. As amostras de 1 a 6 foram, por este motivo, desconsideradas. Prosseguiu-se com o cálculo do impacto dos fatores apenas para as amostras impressas com bico de 0,3 mm de diâmetro.

O cálculo do impacto de um fator consiste em realizar a média dos resultados correspondentes a este fator ⁽²⁷⁾. Por exemplo, para calcular o impacto da altura da camada de 0,1 mm, foi realizada a média dos desvios de todas as dimensões estudadas obtidos nas amostras 10, 11 e 12, que foram impressas com esta altura de camada. Foi considerado o valor absoluto dos valores negativos. O resultado do cálculo do impacto das variáveis está apresentado na Tabela 4.

Tabela 4: Impacto das variáveis de impressão.

Variável	Impacto
Velocidade de perímetro de 20 mm/s	9,60%
Velocidade de perímetro de 13 mm/s	8,28%
Velocidade de perímetro de 6 mm/s	7,38%
Taxa de preenchimento de 40%	8,15%
Taxa de preenchimento de 20%	8,69%
Altura de camada de 0,2 mm	8,46%
Altura de camada de 0,1 mm	8,38%

Foi possível, ainda, calcular o impacto da velocidade de impressão do preenchimento, que resultou em 8,53% para 20 mm/s, 8,62% para 13 mm/s e 8,35% para 6 mm/s, porém estes valores são médias tomadas de uma quantidade diferente de dados devido à exclusão das amostras impressas com bico de 0,4 mm de diâmetro. De acordo com a Tabela 4, a melhor precisão é obtida utilizando-se 6 mm/s de

velocidade de perímetro, 40% de taxa de preenchimento e altura de camada de 0,1 mm que representam os menores impactos determinados.

Embora a diferença do impacto da altura da camada de impressão tenha sido de apenas 0,08%, nota-se que a qualidade da cavidade das amostras com 0,1 mm de altura de camada é superior, o motivo sendo a forma com a qual o processo de impressão 3D ocorre: como a peça é criada progressivamente por camadas, as inclinações presentes nelas são feitas na forma de “degraus”, como mostra a Figura 5.



Figura 5: Diferença da altura da camada.

Como visto na Figura 5, uma menor altura de camada resulta em “degraus” menores e mais uniformes, melhor se aproximando do formato de arco circular requerido, representado pela linha pontilhada.

A configuração ideal de impressão, para o equipamento disponível e para a peça estudada, está resumida na Tabela 5.

Tabela 5: Configurações ideais de impressão.

Parâmetro	Valor
Velocidade de impressão (perímetros):	6 mm/s
Temperatura do bico de impressão:	230° C
Diâmetro do bico de impressão:	0,3 mm
Taxa de preenchimento:	40%
Temperatura da mesa:	60° C
Altura da camada:	0,1 mm

Com as configurações da Tabela 5 foram impressos os moldes. A Figura 6 mostra o molde criado para fabricar a palavra Laboratório.



(a) Palavra Laboratório como deve ser lida



(b) Molde espelhado

Figura 6: Molde da palavra “Laboratório”.

Como pode ser observado na Figura 6, o molde deve ser impresso de forma “espelhada” para que fique corretamente orientado após sua utilização na etapa de conformação. A análise dimensional conduzida, com a finalidade de medir o diâmetro das cavidades, o espaçamento horizontal e vertical entre cavidades de uma mesma letra proporcionou os resultados da Tabela 6.

Tabela 6: Verificação dimensional dos moldes.

Molde	Diâmetro	Espaçamento Horizontal	Espaçamento Vertical
Laboratório	1,92 mm	2,62 mm	2,75 mm
Biblioteca	1,94 mm	2,66 mm	2,71 mm
Cantina	1,99 mm	2,71 mm	2,76 mm

Os valores de referência para os dados da Tabela 6 são: de 1,8 a 2 mm para o diâmetro e 2,8 mm para os espaçamentos horizontais e verticais⁽²⁸⁾. Os diâmetros obtidos estão todos conforme a especificação, enquanto que os espaçamentos foram menores (exceto o espaçamento horizontal da palavra “Cantina”). Como a Norma não cita um desvio para tais espaçamentos⁽²⁸⁾ e, tendo em vista que a maior diferença encontrada foi de 0,18 mm, os moldes foram considerados aptos para seguirem para a realização dos testes de moldagem. A Figura 7 mostra o resultado final da palavra Biblioteca após a moldagem e a consolidação da forma.



Figura 7: Palavra Biblioteca moldada.

As palavras moldadas foram medidas da mesma maneira que os moldes que as produziram. Os resultados obtidos estão representados na Figura 8. O espaçamento horizontal médio entre pontos de uma mesma letra foi de 2,49 mm, o que representa uma variação dimensional de -6% em relação ao mesmo espaçamento obtido nos moldes (2,64 mm). O valor desejado é de 2,7 mm⁽²⁸⁾. O espaçamento vertical entre os pontos obtido nos moldes foi mais preciso e este fato se repetiu nas palavras moldadas, ficando muito próximo dos 2,7 mm requeridos⁽²⁸⁾.

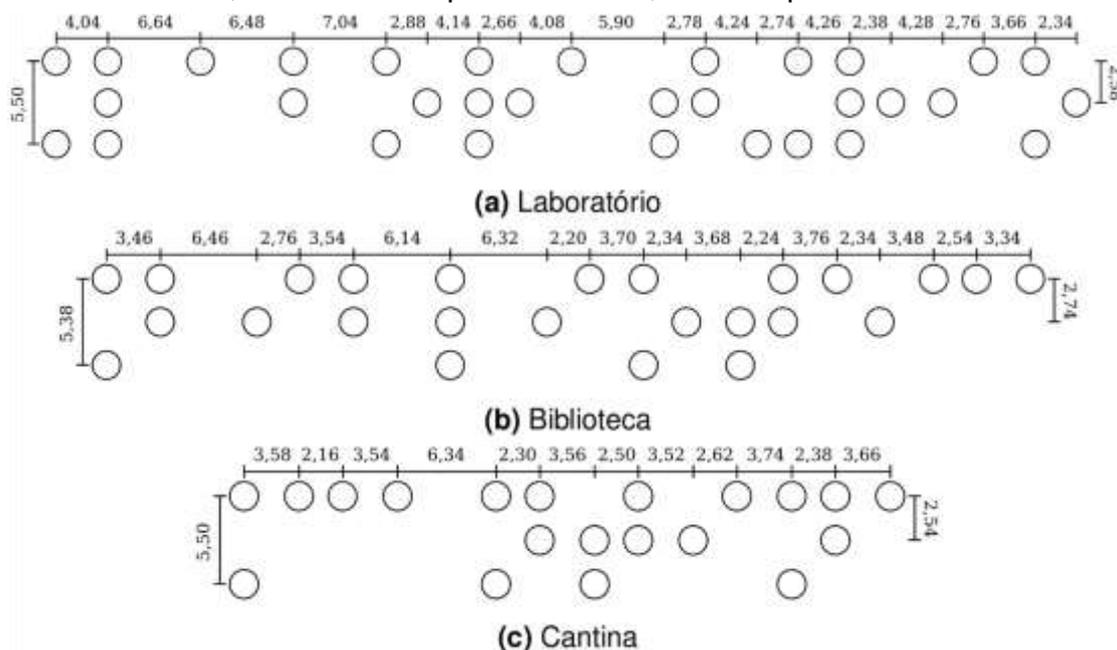


Figura 8: Medidas das palavras produzidas

O diâmetro e a altura de cada ponto também foram medidos. Os resultados se encontram na Tabela 7.

Diâmetro	Altura	Horizontal	Vertical	Separação
1,86 mm	0,81 mm	2,49 mm	2,73 mm	3,77 mm

Tabela 7: Resultados da análise dimensional das moldagens.

Como pode ser observado na Tabela 7, os valores de diâmetro e altura estão dentro dos exigidos pela NBR 9050, que são: diâmetro de 1,2 mm a 2,0 mm e altura do ponto de 0,6 mm a 0,8 mm⁽²⁸⁾. O espaçamento vertical entre os pontos está bom, porém o espaçamento horizontal está menor bem como a separação entre letras.

4 CONCLUSÃO

Locais acessíveis são muito importantes. Eles permitem que todos desfrutem de suas funcionalidades sem impor barreiras para pessoas com deficiência. Este trabalho buscou desenvolver formas que acelerem a adaptação das universidades as tornando acessíveis a pessoas que não enxergam. Demonstrar que é possível fabricar palavras em Braille, utilizando materiais de fonte renovável e incorporando resíduos, resultando em um produto que não agride o meio ambiente ao mesmo tempo que auxilia na reciclagem do papel oferece uma solução em termos de acessibilidade sustentável. As palavras formadas por este estudo, em análise numérica de suas dimensões, encontram-se dentro das tolerâncias da Norma ABNT NBR 9050. Esta é uma forte indicação de que tais palavras possam apresentar boa legibilidade.

REFERÊNCIAS

- 1 IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico - Tabela 3326: População residente, por tipo de deficiência permanente, 2010. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3326>>. Acesso em: Set. 2019.
- 2 BRAILLE SIGNS, INC. Products. [Online]. 2019. Disponível em: <<http://braillesignsinc.com/products/list/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 3 AMERICAN BRAILLE SINGAGE. Wholesale ADA Compliant Braille Signs. [Online]. 2015. Disponível em: <<http://www.americanbraillesignage.com/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 4 SIGNS NOW. ADA Compliant Braille Signs. [Online]. 2019. Disponível em: <<https://www.signsnow.com/ada-braille-signs>>. Acesso em: Set. 2019.
- 5 SIGNS NOW. ADA Compliant Braille Signs. [Online]. 2019. Disponível em: <<https://www.signsnow.com/ada-braille-signs>>. Acesso em: Set. 2019.
- 6 MODULEX. Solutions signalétiques et wayfinding. [Online]. 201-. Disponível em: <<http://www.modulex.fr/services/solutions-signalétiques-et-wayfinding.aspx>>. Acesso em: Set. 2019.
- 7 FABISTO. La gravure en relief pour les plaques signalétiques. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://www.fabisto.fr/content/185-gravure-braille>>. Acesso em: Set. 2019.

- 8 DIRECT SIGNALÉTIQUE. Signalétique braille. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://www.direct-signaletique.com/CT-621-signaletique-braille.aspx>>. Acesso em: Set. 2019.
- 9 GRAVURE ET TAMPONS. Plaque signalétique braille. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://gravure-plaque.com/plaque-braille-texte-personnalise.htm>>. Acesso em: Set. 2019.
- 10 FRANCE INOX INDUSTRIE. Mobilier-Urbain Signalétique. [Online]. 2015. Disponível em: <<http://www.francinox.com/fr/mobilier-urbain/mobilier/signaletique>>. Acesso em: Set. 2019.
- 11 GRAVOCONCEPT. Gravure Braille. [Online]. 2017. Disponível em: <<https://www.gravoconcept.com/gravure-braille>>. Acesso em: Set. 2019.
- 12 TOTAL ACESSIBILIDADE. Produtos. [Online]. 2016. Disponível em: <https://totalacessibilidade.com.br/produtos_categorias/sinalizacao-tatil-vertical-placas-tateis-braille/>. Acesso em: Set. 2019.
- 13 PLANETA ACESSÍVEL. Placa em Braille. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://www.planetaacessivel.com.br/produtos/placa-em-braille/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 14 MOVER ACESSIBILIDADE. Placas de Sinalização Braille em Acrílico. [Online]. 2019. Disponível em: <<https://moveracessibilidade.com.br/placas-de-sinalizacao-braille-acrilico/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 15 GRUPO PHZ. Placas em braille. [Online]. 201-. Disponível em: <<http://www.phz.com.br/placas-braille>>. Acesso em: Set. 2019.
- 16 CASA DO BRAILLE. Sinalização Visual Tátil. [Online]. 201-. Disponível em: <<http://casadobraille.com.br/produto/sinalizacao-visual-tatil/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 17 BRASIL DECORAR. Acessibilidade - Placas em Braille. [Online]. 2018. Disponível em: <http://www.brasildecorar.com.br/placas_em_braile.html>. Acesso em: Set. 2019.
- 18 GRUPO FRANMETAL. Placas em braille. [Online]. 201-. Disponível em: <<http://www.franmetal.com.br/placas-braille.php>>. Acesso em: Set. 2019.
- 19 SPENCE, J. S. Creating Braille for ADA Signs. The Engravers Journal, Volume 43, Número 1, 2017. [Online]. 2017. Disponível em: <<https://www.engraversjournal.com/legacyarticles/3250/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 20 SEGD - SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL GRAPHIC DESIGN. SEGD ADA White Paper Update 2007 - Guidelines, Best Practices, and Innovation for Signs for the Blind and Visually Impaired, 2007.
- 21 ACCENT SIGNAGE SYSTEMS INCORPORATED. Raster™ Braille Pen. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://www.accent signage.com/product/raster-braille-pen/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 22 ACCENT SIGNAGE SYSTEMS INCORPORATED. Auto-Raster™ Universal. [Online]. 201-. Disponível em: <<https://www.accent signage.com/product/auto-raster-universal/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 23 NAKAMURA, K. Photopolymers: Photoresist Materials, Processes and Applications. CRC Press, 2015.

- 24 STRITZKE, B. Custom molding of thermoset elastomers: a comprehensive approach to materials, mold design, and processing. Hanser Publications, 2009.
- 25 ARAÚJO, E. C. C. Produção de biopolímero de amido gelatinizado em extrusora de polímero termoplástico. 50 p. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense campus Sapucaia do Sul. Sapucaia do Sul, RS.
- 26 FILGUEIRAS, M. Tradutor para Braille. ATRACTOR, 2017. [Online]. 2019. Disponível em: <<https://www.atractor.pt/mat/matbr/matbraille.html>>. Acesso em: Set. 2019.
- 27 GOUPY, J. Les plans d'expérience. Em: DESBOIS, D. Revue MODULAD Numéro 34. MODULAD, 2006, 123 p.
- 28 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA DOS EQUIPAMENTOS DE PROCESSAMENTO DE TERMOPLÁSTICOS NUMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS ENVOLVIDOS

Bonaci, R.¹
Zortea, B, R²

¹ Engenheiro mecânico, Rafael Bonaci rbonaci@icloud.com

² Doutor, Rafael Batista Zortea, IFSUL

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Pelo fato do mercado estar cada vez mais exigindo meios de produção e desenvolvimentos tecnológicos sustentáveis, a pesquisa nessa área se torna imprescindível para que se definam meios de minimizar os impactos ambientais. O seguinte trabalho tem propósito de analisar os equipamentos de processamento de termoplásticos de uma Instituição de ensino e determinar o impacto ambiental causado por esses instrumentos. Diversos dados foram obtidos a partir do tempo de uso de cada equipamento durante um ano letivo e a potência de cada máquina. A geração de Mwh do total da Instituição foi 281,22Mwh; analisando os dados somente das máquinas de processamento de termoplásticos, temos 3% do total – sendo valor 8,377Mwh. Enquanto o impacto financeiro fica em torno de R\$ 6.800,00. É feita, também, uma discussão sobre o impacto do cancelamento de aulas, o que gera um aumento no consumo desnecessário. Além disso, foi avaliado os principais impactos ambientais relacionados, sendo eles potencial de aquecimento global (CO₂), potencial de depleção da camada de ozônio (CFC), potencial de toxicidade humana, potencial de eutrofização, potencial de acidificação e depleção de recursos abióticos.

Palavras-chave: Impacto ambiental. Consumo energético. Processamento de termoplástico..

ENERGY ASSESSMENT OF THERMOPLASTIC PROCESSING EQUIPMENT IN A TEACHING INSTITUTION AND ENVIRONMENTAL IMPACTS INVOLVED

Abstract

Because the market is increasingly demanding means of production and sustainable technological developments, research in this area is essential to define ways to minimize environmental impacts. The following work aims to analyze the thermoplastic processing equipment of an educational institution and to determine the environmental impact caused by these instruments. Several data were obtained from the time of use of each equipment during a school year and the power of each machine. The generation of Mwh of the Institution's total was 281.22Mwh; Analyzing the data only from thermoplastic processing machines, we have 3% of the total - with value 8,377Mwh. While the financial impact is around \$ 6,800.00. There is also a discussion about the impact of class cancellation, which generates an increase in unnecessary consumption. In addition, the main related environmental impacts were

evaluated: global warming potential (CO₂), ozone layer depletion potential (CFC), human toxicity potential, eutrophication potential, acidification potential and depletion of abiotic resources.

Key words: Environmental impact. Energy consumption. Thermoplastic Processing.

1 INTRODUÇÃO

Conforme declarado no artigo Concepção dos Estudantes de Engenharia Mecânica sobre Sustentabilidade e Educação Ambiental é necessário ter total consciência de que a educação ambiental é de suma importância para o engenheiro mecânico, vendo o mundo globalizado onde se busca soluções de cunho financeiro e com menor impacto ambiental possível. Os profissionais devem buscar a sustentabilidade de uma forma total, sendo essa solução considerada ambientalmente correta e com menor impacto possível. Considerando os principais impactos são o social e o financeiro. Para avaliar os impactos causados no âmbito social, deve-se respeitar o ser humano para que este consiga respeitar o meio em que o mesmo está inserido. A fim de ser financeiramente viável, procura-se uma solução que seja competitiva no mercado. Para que as soluções sejam aceitas e muito bem aplicadas, estas deverão ter um valor competitivo no mercado, considerando o cenário atual de extrema concorrência.

O presente trabalho também tratará dos impactos financeiros das máquinas de transformação de termoplásticos, onde será realizado uma correlação de consumo e valor de consumo energético total pelo consumo específico das máquinas, gerando assim o consumo total das máquinas. Também será discutido o impacto de cada máquina utilizada em caso de cancelamento de aula, gerando assim um aumento em todos esses valores.

Com isto a proposta é realizar a avaliação de ciclo de vida das máquinas de transformação de termoplásticos de uma instituição de ensino. Após o levantamento das máquinas utilizadas, será avaliado o consumo das mesmas. Os dados gerados serão inseridos em um software que determinará toda a quantidade de potencial de aquecimento global (CO₂), potencial de depleção da camada de ozônio (CFC), potencial de toxicidade humana, potencial de eutrofização, potencial de acidificação e depleção de recursos abióticos que serão emitidos. Será utilizado para este cálculo o software SIMAPRO, utilizando a matriz energética brasileira, e assim verificando o impacto da matriz energética. Também será levado em consideração os impactos financeiros das máquinas e o impacto no total consumido pelo IFSUL analisando também o impacto dos desperdícios de energia.

Este estudo tem grande importância pois vem de encontro o impacto financeiro com o corte de investimentos em institutos federais, assim demonstrando todos os desperdícios gerados de maneira indevida por cancelamento de aulas, e assim buscando otimizar a utilização dos equipamentos de transformação de termoplásticos.

Partindo deste panorama, este escrito tem como definir o impacto financeiro e ambiental do cancelamento sem prévio aviso das aulas, o que gera um gasto a mais do em energia, aumentando assim todos os valores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho seguirá os passos da Figura 1.

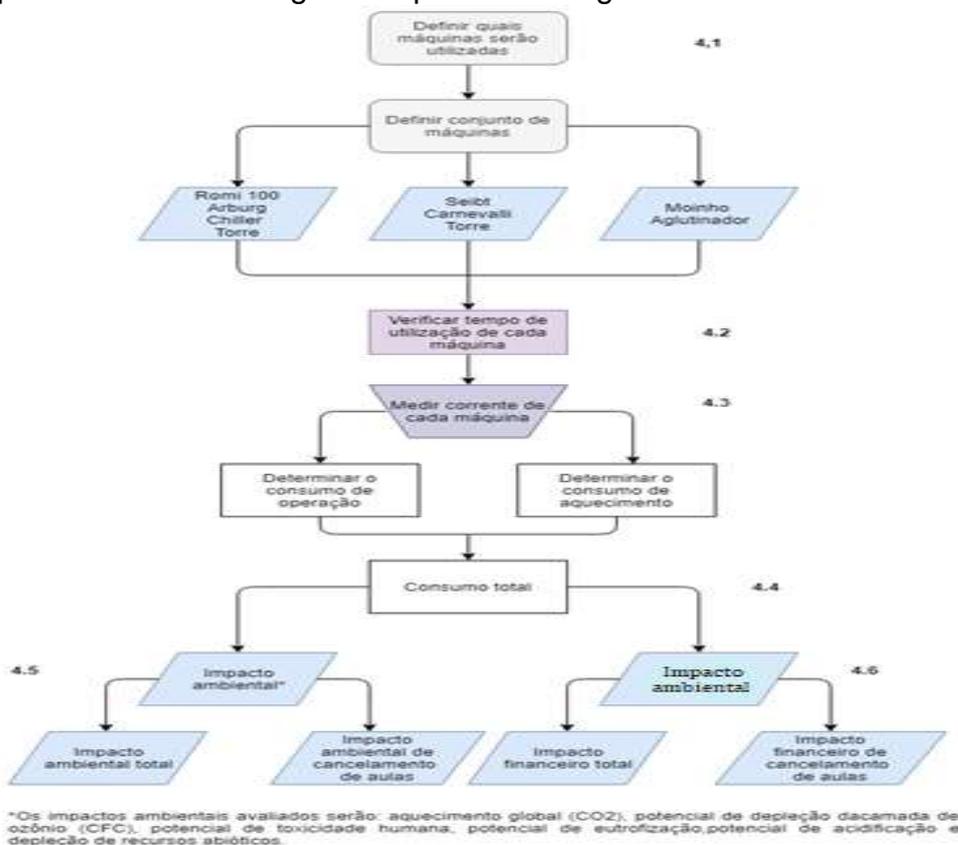


Figura 1: Fluxograma de metodologia

2.1 Máquinas utilizadas

As máquinas de transformação de termoplásticos serão definidas de duas maneiras: quais são utilizadas e quais entram em operação simultaneamente. Para que seja feita esta definição será utilizado o cronograma de aulas do ano de 2017. O ano escolhido para coleta de dados para este trabalho é o de 2017 em função de o estudo ter sido iniciado em 2018 (os dados devem ser de período próximo ao estudo para fornecer melhor qualidade e informações atualizadas).

2.2 Tempo de utilização de cada máquina

Com as máquinas definidas, o próximo passo é a definição de quanto tempo as mesmas ficarão em operação. Outro dado importante é o tempo de aquecimento de cada uma das máquinas, pois este valor poderá ser significativo para os cálculos finais.

O tempo de funcionamento de cada máquina é estimado pela turma que o utiliza, um importante dado a ser coletado para definir isso, é qual turma utiliza, pois mudando a turma o modelo de aula muda e partindo disso o tempo de aula modifica.

2.3 Medidas de corrente elétrica e consumo de cada operação

Um dado essencial para definir o consumo é o de corrente elétrica, pois a partir dele é definido o consumo de cada máquina. Este importante dado será coletado com um multímetro com alicate amperímetro.

A corrente elétrica será coletada pelo alicate amperímetro. O alicate amperímetro será utilizado na entrada de energia elétrica das máquinas utilizadas. Um dos problemas da medida de corrente elétrica é a variação nas injetoras, pois o ciclo de injeção delas tem diversas fases. Para definir a corrente com uma maior precisão, deverá ser realizada uma média de corrente utilizando o tempo de ciclo e o intervalo entre os ciclos caso a máquina tenha alguma parada. Para isso tem é necessário fazer uma medida de tempo multiplicado pelo consumo para assim ter uma média de corrente elétrica.

O consumo será separado em duas partes principais: consumo de operação e consumo de aquecimento. Esta diferenciação abre para a discussão que será também realizada sobre o impacto de cancelamento de aulas - que terá apenas o impacto de aquecimento desperdiçado.

2.4 Consumo total

O consumo total será a soma do consumo de aquecimento e consumo de operação. Com este dado será aberto à discussão que será o foco deste trabalho, que é o impacto ambiental e financeiro das máquinas. A Energia Ativa utilizada pelo instituto foi calculada somando-se os valores de kWh de ponta com kWh fora de ponta descritos nas contas de energia elétrica, para assim ser realizada uma comparação entre energia utilizada e energia consumida apenas pelas máquinas.

2.5 Impacto ambiental

O impacto ambiental será analisado pelo software Simapro, e os impactos que vão ser analisados serão: aquecimento global (CO₂), potencial de depleção da camada de ozônio (CFC), potencial de toxicidade humana, potencial de eutrofização, potencial de acidificação e depleção de recursos abióticos.

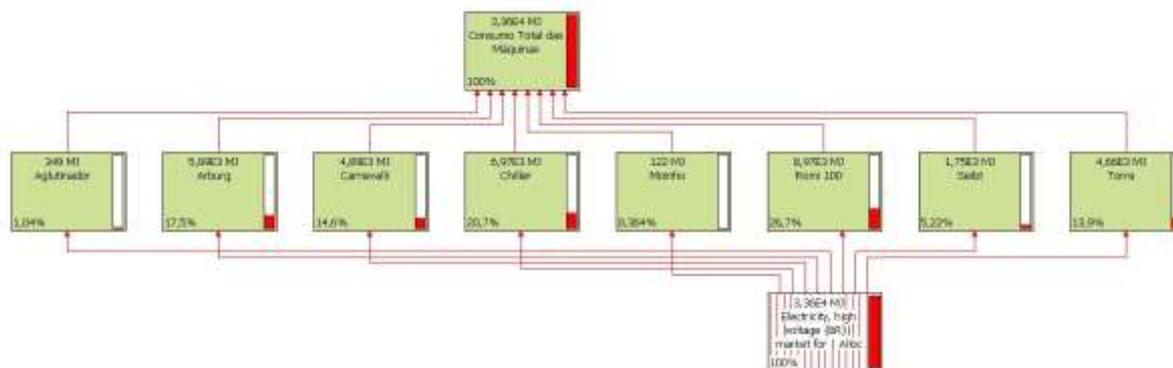


Figura 2: Dados gerados no Software Simapro

Para a análise no software Simapro, os dados que foram inseridos foram os de consumo e eles foram inseridos conforme a máquina utilizada. Ou seja, será separado as máquinas conforme a sua utilização, após isso será calculado o consumo de cada máquina em operação e o consumo de aquecimento, será

realizado um somatório dos dois consumos para se ter o consumo total de cada máquina, a partir desse consumo total de cada máquina.

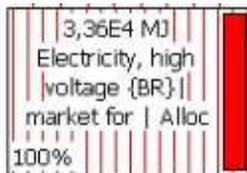


Figura 3: Mercado utilizado para definir os impactos

A figura 3 mostra que para fim de determinar os impactos, será utilizado o mercado de eletricidade brasileiro de alta tensão.

Na fase de análise de impactos ambientais serão realizadas duas principais discussões: o impacto total causado pelas máquinas e o impacto indireto pelo cancelamento de aulas. O segundo, gerando um desperdício de energia e assim aumento ainda mais o impacto das máquinas para o meio ambiente.

O impacto ambiental total causado será tirado diretamente do software, ou seja, o impacto será obtido de forma direta aplicando o consumo total de cada máquina. O impacto sobre o cancelamento das aulas será calculado de forma indireta, utilizando o cálculo do total, ou seja, o consumo direto será 100% e o consumo de cancelamento da aula será calculado com uma regra de 3 aproximando o impacto gerado.

2.6 Impacto financeiro

O impacto financeiro será apresentado de duas formas, o impacto total causado pelas máquinas de transformação de termoplásticos e o impacto gerado pelo cancelamento das aulas. Para que seja feita uma análise de gastos com energia elétrica, as contas de energia serão utilizadas para realizar uma comparação entre os gastos anuais gerais e os gastos específicos gerados pelas máquinas.

Para que fosse determinado o consumo de cada uma das máquinas avaliadas nos processos, antes é preciso que seja estimado o tempo de utilização de cada uma dessas máquinas. Para que fosse possível este acompanhamento, foi utilizado o cronograma do ano letivo de 2017 do setor de transformação de termoplásticos. Este cronograma tem como principal função determinar quais turmas e quais horários terão atividades e com isso também determinar quais máquinas estarão em uso.

O impacto financeiro indireto pelo consumo no cancelamento de aula se dará pelo mesmo método utilizado para cálculo de impacto ambiental causado no cancelamento de aulas. Assim o impacto financeiro será aproximado e estimado para este novo valor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Tempo de cada aula

O cronograma prevê quatro tipos de aula, cada uma com um tempo de utilização das máquinas; a turma 3P prevê que cada dia letivo nas máquinas vai ter duração de 3 horas; a turma 4P cada aula é 1,5 horas; turma 10E cada aula tem

duração de 0,75 horas; e o dia de prova cada dia terá duração de 3 horas. Com o tempo de cada aula definido foi realizado uma contagem de quantas aulas foram realizadas, com esta contagem foi definido também o tempo de aquecimento de cada máquina. Assim definindo que as injetoras têm 0,5 hora de aquecimento e as extrusoras 3 horas.

O cronograma de aulas utilizado como base para definição do tempo de aula foi do ano 2017 em função de estar plenamente definido (Anexo I). Porém, ao longo do semestre 2019/1 a máquina Romi 150 que não estava em funcionamento foi substituída pela Arburg.

Tabela 1: Tempo cada aula e total de tempo utilizado

Aulas	Tempo (h)	ROMI 100	ARBURG	CARNEVALLI	SEIBT	MOINHO	AGLUTINADOR
Turma 3P	3	22	22	22	12	4	4
Turma 4P	1,5	6	6	8	0	0	0
10E	0,75	0	0	0	2	1	1
Prova	3	15	15	15	15	0	0
Total		120	120	123	82,5	12,75	12,75
Aquecimento		0,5	0,5	3	3	0	0
Tempo total aquecimento		21,5	21,5	135	87	0	0

Na Tabela 1 é demonstrado o tempo de cada aula e também o tempo de aquecimento de cada máquina, sendo possível observar o tempo total de utilização em cada aula. Logo após, é mostrado o número de aulas de cada máquina, ou seja, a máquina ROMI 100 tem 22 aulas de 3 horas (turma 3P), 6 aulas de 1,5 horas (turma 4P) e 15 aulas de provas tendo um total de 120 horas de aula. O tempo de aquecimento seria o somatório das aulas multiplicados pela meia hora de aquecimento, totalizando para a ROMI 100 21,5 horas. O mesmo se mostra para todas as máquinas.

Tabela 2: Tempo total de cada máquina

Tempo total de cada máquina	
Máquina	Tempo (h)
ROMI 100	141,5
ARBURG	141,5
CARNEVALLI	258
SEIBT	182,25
AGLUTINADOR	12,75
MOINHO	12,75
CHILLER	142
TORRE	400

Na Tabela 2 está apresentado o tempo total de utilização de cada equipamento, calculado através da quantidade de aulas.



Figura 4: Tempo de cada máquina

Com o tempo total de cada máquina definido o próximo passo dado neste trabalho é a definição de consumo de cada máquina. É possível ver de forma mais clara na Figura 18 o tempo de cada máquina; o tempo total é a soma do tempo de aquecimento com o tempo de utilização em aula. É notável que o maior tempo utilizado é o da torre, pois a mesma é utilizada tanto na operação quanto no aquecimento das mesmas, justificando o tempo de utilização maior do que as demais.

3.2 Consumo

3.2.1 Corrente de cada máquina

A medida de corrente de cada máquina foi determinada com utilização de um multímetro. Foi realizado uma medida de corrente nas máquinas durante a operação em aula e também no aquecimento delas, com intuito de que o valor de corrente utilizado nos cálculos tivesse o valor mais próximo do real. Considerando que as máquinas analisadas são trifásicas, foi definido a nomenclatura para cada fase: 1, 2, 3.

Tabela 3: Corrente de cada máquina medida

	Corrente de cada máquina (A)							
	ROMI 100	ARBURG	CARNEVALLI	SEIBT	AGLUTINADOR	MOINHO	CHILLER	TORRE
Fase 1	24,5	27	29,8	13	20	7	19,2	7
Fase 2	28	31,7	22,8	13	20	7	19,2	7,2
Fase 3	26	38	30,7	13	20	7	19,2	8

Conforme Tabela 3, temos o consumo em amperes de cada máquina utilizada para o estudo. Agora é possível que seja determinado o consumo das máquinas em kWh.

3.2.2 Consumo de cada máquina

Para que seja possível determinar o consumo das máquinas da transformação de termoplásticos foi realizado a equação onde a corrente já medida é multiplicada pela tensão da rede (380 Volts), assim obtendo a potência. Com isso, é multiplicado pelo tempo e assim é obtido o consumo.

Tabela 4: Consumo de cada máquina (operação e aquecimento)

Consumo de cada máquina		
Máquina	Consumo (kWh)	Aquecimento (kWh)
ROMI 100	1231	221
ARBURG	1479	263
CARNEVALLI	1298	650
SEIBT	407	545
MOINHO	34	0
AGLUTINADOR	97	0
CHILLER	1935	0
TORRE	1294	0

Através da Tabela 4 podemos observar que o consumo de aquecimento de cada máquina não é desprezível. Se for observado a máquina Carnevalli, aproximadamente 1/4 do consumo total da máquina vem do aquecimento da mesma. E cerca de 37% do consumo total das máquinas vem do aquecimento delas.

Tabela 5: Consumo total de cada máquina

Consumo total de cada máquina		
Máquina	Consumo (kWh)	Consumo (%)
ROMI 100	1452	17,30%
ARBURG	1733	20,70%
CARNEVALLI	1948	23,30%
SEIBT	953	11,40%
MOINHO	34	0,40%
AGLUTINADOR	97	1,20%
CHILLER	1036	12,40%
TORRE	1125	13,40%

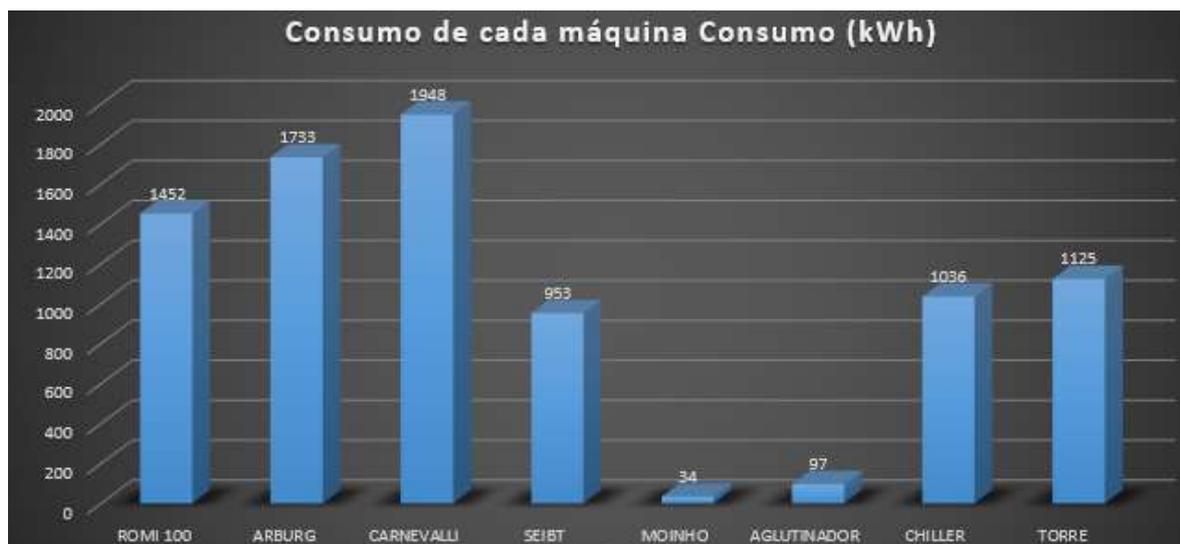


Figura5: Consumo por máquinas

Com o somatório dos consumos das máquinas, é possível evidenciar que a máquina Carnevalli tem o maior consumo com 1948kWh. Sendo ele aproximadamente 23% do consumo total das máquinas.

Outro fator que deve ser levado em consideração é o consumo total das máquinas que totaliza 8.377kWh. Com este total agora será possível observar o quanto este valor é impactante no total do consumo da Instituição.

3.2.3 Comparativo de consumo total das máquinas x consumo total da instituição

O próximo passo que o trabalho está propondo é a comparação entre o consumo total do IFSUL Campus Sapucaia com as máquinas de transformação de termoplásticos do mesmo. Para que seja possível determinar o consumo do IFSUL, foi utilizado as contas de luz do Instituto, assim tendo os valores totais de kWh consumidos no mês.

Histórico de Consumos						
PERÍODO	Demanda(kW)		Consumo(kWh)		FER	
	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta
12/17	144	180	4401	22336	1	80
11/17	116	142	3683	16400	4	112
10/17	113	147	4104	17632	2	96
09/17	104	164	3836	16528	1	128
08/17	80	78	3033	13104	0	80
07/17	79	70	3231	15792	5	64
06/17	69	80	3826	16496	0	48
05/17	90	114	3186	14960	0	80
04/17	134	170	5518	22704	0	32
03/17	179	206	7076	34000	0	16
02/17	29	113	889	15904	0	16
01/17	107	170	4055	28528	0	0
12/16	133	195	3854	18480	0	16

Recebido WCAF em 20/12/17
 Coord. Org. Instituto F. Campus

Figura 6: Conta de energia elétrica do IFSUL de 2017

Foi utilizado como base para o consumo o ano de 2017. Como o início do estudo foi em 2018, foi determinado que 2017 seria o ano mais próximo com o consumo de todos os meses já estabelecidos.

A partir dos dados obtidos temos que o consumo das máquinas em relação ao consumo total da Instituição é de aproximadamente 3%. Este valor poderá ser modificado caso seja feita alguma alteração nas aulas sem devido aviso.

Um fator também notável com o consumo geral do IFSUL são os meses de janeiro e março, pois os dois são os meses com maior consumo do Instituto. Este consumo tem como principal causa para o mês de janeiro as manutenções feitas para que as aulas ocorram com normalidade durante todo o ano. Já o consumo do mês de março, a principal causa para ser o mês mais impactante é a utilização de ar-condicionado que se torna muito frequente por conta da temperatura o que se torna significativo no restante dos meses em questão.

3.2.3.1 Aumento de consumo em caso de não aviso de cancelamento de aulas

Um dos problemas que pode ocorrer é cancelamento de aula prática sem o devido aviso antecipado. Como as aulas ocorrem a tarde é necessário que seja feito aquecimento das máquinas, isso gera um problema onde a máquina será aquecida porem não será efetivamente utilizada em aula. Sendo assim, esta aula terá que ocorrer em outro dia e o consumo gerado pelo aquecimento no dia do cancelamento será desperdiçado.

Para fins de comparação a Tabela 6 mostra o quanto é desperdiçado por cada máquina caso seja realizado o aquecimento e não seja realizada a aula.

Tabela 6: Desperdício de cada máquina em caso de cancelamento de aula

Desperdício em caso de cancelamento	
Máquina	Consumo (kWh)
ROMI 100	5
ARBURG	6
CARNEVALLI	14
SEIBT	19
TORRE	8
CHILLER	4

Sendo assim, temos o caso de cancelamento da aula nos dias da Romi 100 e Arburg, totalizando um desperdício de 23kWh. Já com o consumo da Carnevalli e Seibt tem-se o desperdício de 41kWh. É possível observar com esses dados que a contribuição no pior dos casos (Carnevalli e Seibt) que o aumento seria de 0,0146% no valor total do instituto, porém o impacto seria maior na porcentagem do consumo das máquinas que é um aumento de 0,48% por aula cancelada.

3.3 Impacto financeiro

Através do consumo determinado anteriormente determinamos que o impacto das máquinas é de 3% do consumo total. Neste tópico, será tratado o impacto financeiro destes 3% no gasto geral do Instituto com energia elétrica. Também será

abordado o impacto de cada acréscimo de cancelamento de aula sem o devido aviso.

3.3.1 Gasto com energia no ano de 2017 do Instituto

Foi definido o valor total de gasto do Instituto partindo de suas contas de energia elétrica do ano de 2017. Foi realizado um somatório de todos os meses do ano para que assim seja feito o valor total.

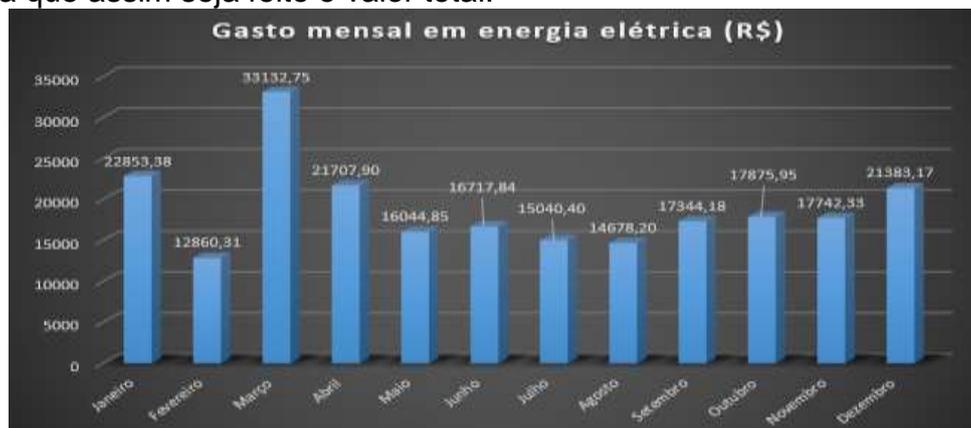


Figura 7: Gasto com energia Elétrica do Instituto em 2017

A Figura 7 nos mostra o quanto foi o gasto com energia elétrica por mês no ano de 2017. É notável que o mês de março tem o maior impacto, o que leva a conclusão que o retorno das aulas e o uso do ar condicionado em função do verão são os principais fatores. Avaliando todo esse panorama temos o total de gasto no ano de 2017 em 227.381,26 R\$.

3.3.2 Impacto de gasto das máquinas em relação ao consumo geral

Partindo do valor total de gastos, tem-se conhecimento de que o impacto das máquinas é de 3% no total do consumo do IFSUL. Agora buscando um valor concreto de quanto esse valor é impactante no montante total de consumo temos que 100% do valor é 227.381,26 R\$, agora para obter o valor real das máquinas de transformação de termoplásticos é feito para o valor de 3%.

Com o cálculo explicado no parágrafo acima, é obtido por parte dos equipamentos o valor de R\$ 6.800,00. Esse valor é considerando que todas as aulas foram ministradas sem que seja necessário um cancelamento sem prévio aviso, ou seja, o cronograma foi feito sem alterações.

3.3.3 Consumo em caso de cancelamento de aulas sem prévio aviso

Com a discussão do capítulo 5.2.3.1 temos como um dos problemas no processo o cancelamento de aulas sem prévio aviso, assim gerando um consumo além do estimado e gerando um desperdício de energia elétrica. Foi determinado dois conjuntos de máquinas que são utilizadas juntas e com elas foi determinado o consumo elétrico para que seja feito aquecimento. No pior dos casos o aumento seria de 0,0146% no valor total.

Para determinar o impacto financeiro será utilizado os dois valores obtidos pelos grupos de máquinas. Primeiro o impacto das máquinas Carnevalli e Seibt

(considerando que junto com elas tem o tempo da torre de resfriamento), após a consumação do valor do impacto destas duas máquinas será feito o cálculo para o aumento do valor das máquinas Romi 100 e Arburg. Será considerado o aumento de consumo já estabelecido anteriormente que é de 41 e 23 kWh respectivamente.

O impacto financeiro observado pelo pior caso (41kWh) gera um aumento de R\$ 33,20 considerando o valor total. Para o menor valor de consumo (23kWh) gera um aumento no valor total de R\$ 18,65. Foi calculado um aumento no consumo de 0,0146% no total por aula cancelada no pior caso.

3.4 Impacto ambiental

3.4.1 Gás do efeito estufa (CO₂)

Partindo dos dados obtidos pelo Simapro, o consumo energético das máquinas gera no meio ambiente, segundo a matriz energética brasileira, um total de 2.125kg de CO₂. É observável que o valor da máquina Carnevalli, sendo ela a que mais consome energia, quase um quarto do total de CO₂ gerado parte dela, aproximadamente 23% provem da Carnevalli.

Como já discutido em capítulos anteriores, o cancelamento de aula gera um impacto ambiental desnecessário, porém significativo. O aumento no total varia de acordo com as máquinas utilizadas no pior dos casos, temos um aumento de 0,49% e 0,27%. Esse aumento seria efetivamente, uma geração de 10,41kg de CO₂ no pior dos casos (Carnevalli e Seibt), e de 5,74kg de CO₂ (Romi 100 e Arburg).

3.4.2 Depleção da camada de ozônio

Seguindo o mesmo passo do capítulo 5.4.1, embora não seja uma geração tão considerável como a de CO₂, não deixa de ser importante seu impacto no meio ambiente. O total de CFC gerado é de 5,47E-5 kg. Evidenciado pela Figura 19, toda a geração de CFC por máquinas.

O cancelamento das aulas gera também para CFC um aumento, como a geração de CFC não é muito expressiva quanto as anteriores, essa geração se torna menor. Como discutido anteriormente o aumento seria de 0,49% e 0,27% dependendo de qual grupo seria analisado. Partindo para efetivamente os números, o aumento seria de 2,68E-7 kg e 1,48E-7 kg de CFC.

3.4.3 Depleção abiótica

Outro impacto registrado para este trabalho é o de depleção abiótica por combustíveis fósseis. Segundo os dados obtidos pelo Simapro, o impacto gerado pelo consumo de energia elétrica é de 14.400MJ. A Figura 20 apresenta como cada máquina do processo contribui para este valor.

O cancelamento das aulas de maneira indevida gera, neste caso, um aumento de 70,56MJ no pior dos casos, e no caso mais brando 39MJ. Esse aumento é de 0,49% e de 0,27%, respectivamente.

3.4.4 Impacto de acidificação

O impacto analisado nesse tópico é o de acidificação gerada pelo consumo das máquinas. A acidificação se dá pela geração de SO₂ na produção da energia elétrica segundo a matriz energética brasileira. A geração total de SO₂ no processo

de transformação de termoplásticos é de 6,14kg. A Figura 21 apresenta o quanto cada máquina contribui no processo.

O impacto do cancelamento das aulas sem prévio aviso gera na acidificação um aumento de 0,030kg e 0,017kg de SO₂ de acordo com cada máquina utilizada no dia do cancelamento.

3.4.5 Impacto da eutrofização

O impacto ambiental de eutrofização é dado pela produção de PO₄ gerado pela matriz energética brasileira. O impacto total das máquinas da transformação de termoplásticos é de 0,879kg de PO₄.

Com o cancelamento das aulas o processo de eutrofização gerado a mais fica aproximadamente 0,0043kg e 0,0024kg de PO₄.

3.4.6 Toxicidade humana

A toxicidade humana gerada no processo é medida em kg de diclorobenzeno (1,4DB). A geração deste impacto ambiental pelas máquinas do Instituto totaliza 244kg de 1,4DB, este valor e a contribuição de cada máquina do processo é evidenciado na Figura 23.

O impacto do cancelamento das aulas sem prévio aviso pode gerar um aumento de 1,20kg e 0,66kg de 1,4DB, a depender de qual grupo de máquinas foi utilizado.

4 CONCLUSÃO

- O consumo geral das máquinas totalizou 8.377kWh, sendo 3% do consumo total do Instituto.
- Aproximadamente 43% da matriz energética brasileira é de fonte renovável, ou seja dos 8.377kWh consumidos aproximadamente 3.600kWh são de fontes renováveis.
- Com o somatório dos consumos das máquinas, é possível evidenciar que a máquina Carnevalli tem o maior consumo com 1.948kWh. Sendo ele aproximadamente 23% do consumo total das máquinas.
- Cerca de 37% do consumo total das máquinas vem do aquecimento.
- O consumo total do IFSUL foi de 281.220kWh no ano de 2017, destacando-se os meses de março e janeiro.
- O gasto nesse mesmo ano com energia elétrica do Instituto foi de R\$ 227.381,26, onde o maior gasto é devido a manutenção do instituto e utilização de ar condicionados.
- O impacto financeiro das máquinas no ano foi de R\$ 6.800,00.

- O cancelamento de aula sem o devido aviso gera um consumo que varia de qual dia é cancelado, sendo ele no pior dos casos 41kWh (Carnevalli e Seibt) e no menor dos casos 23kWh (Romi 100 e Arburg).
- O impacto financeiro do cancelamento das aulas gera um valor de R\$ 33,20 no pior dos casos e de R\$ 18,65 no caso mais brando.
- A produção de gás do efeito estufa do processo de transformação de termoplásticos é de 2.125kg de CO₂.
- O impacto para depleção da camada de ozônio é de 5,47E-5 kg de CFC.
- O impacto para a depleção abiótica é de 14.400MJ.
- O impacto para a acidificação é a produção de 6,14kg de SO₂.
- O impacto para a eutrofização é a produção de 0,879kg de PO₄
- O impacto para a toxicidade humana é a produção de 244kg de 1,4DB
- Impacto por cancelamento de aula em gás do efeito estufa (CO₂), CFC, depleção abiótica, acidificação, eutrofização e toxicidade humana. Será considerado o valor para os dois grupos de máquinas, do mais impactante para o menos.
 - 10,41kg e 5,74 kg de CO₂;
 - 2,68E-7 kg e 1,48E-7 kg de CFC;
 - 78,56kg e 38,88kg MJ;
 - 0,030kg e 0,017kg de SO₂;
 - 0,0043kg e 0,0024kg de PO₄;
 - 1,20kg e 0,66kg de 1,4DB.

REFERÊNCIAS

- ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria de Plástico **Indústria Brasileira de Transformação de Material Plástico**. São Paulo, 2015.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **Avaliação do Ciclo de Vida: Avaliação do impacto do ciclo de vida**. Rio de Janeiro, 2004b. 17 p.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Avaliação do Ciclo de Vida: princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, p.p10, 2001.
- AMARAL, Gilmar et al. **Guia Ambiental da indústria de transformação e reciclagem de materiais plásticos**. São Paulo: CETESB e SINPLAST, 2011.
- ANDRADE, J C S **Mudança climática, protocolo de Kyoto e mercado de créditos de carbono: Desafios a governança ambiental global**. 2008.
- BECKER JR. et al.. **Desenvolvimento de base de dados ambiental para a cadeia de transformação de plástico no Brasil: primeiros avanços**. Anais do V Congresso Brasileiro em Gestão do Ciclo de Vida. Págs 521-527. Fortaleza, 2016.
- BERBEL, J D S **Introdução à Contabilidade e Análise de Custos** 2003.

- BRASIL - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, **Resenha energética Brasileira**, 2017.
- BRASKEM. **Avaliação do ciclo de vida comparativa entre copos descartáveis e copos reutilizáveis**. 2015. Disponível em: <<http://www.pagina22.com.br/wp-content/uploads/2015/10/Copos-200-mL-ACV-Completo-publica%C3%A7%C3%A3o-online.pdf>> Acesso em Maio/2019.
- FINKBEINER, Matthias, et al. **Toward Life Cycle Sustainability Assessment**. ISSN 2071-1050. Sustainability 2010, 2, 3309-3322, 2010.
- GOLDENBERG, J. **Política energética no Brasil**, 2005.
- GONÇALVES, Odair Dia; ALMEIDA, Ivan Pedro Salati de. **A Energia Nuclear**, Ciência Hoje, vol. 37 • nº 220, 2015.
- GUINÉE, J. B. **Handbook on Life Cycle Assessment**. Kluwer Academic Publishers: New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow, 2002. Vol. 7.
- HALLIDAY, RESNICK, WALKER. **Fundamentos de Física**. Vol. 3. 8 ed. Editora LTC, 2009.
- HARPER, Charles A (Edited). **Handbook of plastic processes**. John Wiley and Sons Publication, New Jersey, 2006.
- GOLDEMBERG, J ; LUCON O - **Energia e meio ambiente Estudos avançados**, 2007.
- LIRA, J. S. M. M. **Depleção abiótica e potencial de aquecimento global no ciclo de vida de telhado verde comparativamente a um telhado convencional**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-04A/17, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, p.p120, 2017.
- MENDONÇA, F **Aquecimento global e saúde: uma perspectiva geográfica – notas introdutórias** Terra Livre vol 1 n20 p205-221, 2003.
- MIRLEAN, Nicolai ET al. **Níveis e Origem da Acidificação das Chuvas na Região do Rio Grande, Rs**. Química Nova, 23(5), 2000.
- MOLION, L C B **Desmistificando aquecimento global** 2008.
- OMETTO A. R.; MANGABEIRA J. A. C.; HOTT M. C. **Mapeamento de potenciais de impactos ambientais da queima de cana-de-açúcar no Brasil**. 2005.
- OZUR, Fernando Silva ET al. **Controle de Demanda de Energia Elétrica**, e-xacta, Belo Horizonte, v. 4, n.3, p. 191-202, 2011.
- PINDYCK, R. S & RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006
- QUEIROZ, Guilherme de C.; GARCIA, Eloísa E. C. **Reciclagem de Sacolas Plásticas de Polietileno em Termos de Inventário de Ciclo de Vida**. Centro de Tecnologia de Embalagem, CETEA / ITAL, 2005.
- RIBEIRO, Krukemberghe Divino Kirk da Fonseca. **"Eutrofização"**, Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/biologia/eutrofizacao.htm>>. Acesso em Junho/2019.
- SANTOS E T A **Educação ambiental na escola: Conscientização da necessidade de proteção da camada de ozônio**. 2007.
- SILVA D H **Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais**. 2009.
- SILVA, Antonio Carlos Ribeiro. **Metodologia da pesquisa aplicada à contabilidade: orientações de estudos, projetos, artigos, relatórios, monografias, dissertações**, teses. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- WENZEL H **Environmental assessment of products**. Bonton/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishehrs. v.1 e 2. 1997..

A INFLUÊNCIA DO MÉTODO DE PREPARAÇÃO DO MATERIAL NAS PROPRIEDADES DA ESPUMA DE FÉCULA DE MANDIOCA

Figueiró, C. S..¹
de Sá, M. R. T.²
Calcagno, Carmen I.W.³
Santana, R. M. C.⁴

¹ *Bacharel em Engenharia Mecânica, Camila da Silva Figueiró, UFRGS, camilafigueiro1991@gmail.com*

² *Graduanda em Engenharia Química, Maria Rachel Trojaner de Sá*

³ *Doutora, Carmen Iara Walter Calcagno, Instituto Federal Sul Rio-Grandense – Campus Sapucaia do Sul, carmencalcagno@sapucaia.ifsul.edu.br*

⁴ *Doutora, Ruth Marlene Campomanes Santana, UFRGS, ruth.santana@ufrgs.br*

Resumo

Os produtos poliméricos descartáveis são muito utilizados, principalmente no setor de embalagens de vida curta. O descarte incorreto destes produtos contribui para a poluição, uma alternativa é a utilização do amido, material biodegradável, como matéria prima para a produção de embalagens. O objetivo deste estudo foi avaliar a influência do tipo de mistura nas propriedades de espumas de fécula de mandioca (FM). No estudo foram utilizados dois tipos de misturadores diferentes, o primeiro processo de mistura foi realizado em uma bateadeira Britânia e o outro foi realizado em uma câmara de mistura. As composições de FM e água como agente expander foram expandidas em uma prensa hidráulica com aquecimento, utilizando o mesmo método em todas as expansões. As espumas produzidas na câmara obtiveram a densidade 24% menor que as espumas da outra mistura. A absorção de umidade da mistura em câmara foi 18,3% menor. As amostras da câmara ficaram mais frágeis que as espumas obtidas na bateadeira, absorvendo 83% menos de energia da fratura. As espumas obtidas de ambas as misturas apresentaram ângulos de contato menores que 90°, sendo desta forma consideradas hidrofílicas.

Palavras-chave: Amido, biodegradável, espuma, propriedades

THE INFLUENCE OF THE MATERIAL PREPARATION METHOD ON STARCH FOAM PROPERTIES

Abstract

Disposable polymeric products are widely used, especially in the short-lived packaging sector. Incorrect disposal of these products contributes to pollution, an alternative is the use of starch, biodegradable material, as raw material for packaging production. The aim of this study was to evaluate the influence of the type of mixture on the properties of cassava starch (FM) foams. In the study two different types of mixers were used, the first mixing process was performed in a British mixer and the other was performed in a mixing chamber. The FM and water blowing agent compositions were expanded in a heated hydraulic press using the same method in all expansions. The foams produced in the chamber had a density 24% lower than the foams of the other mixture. The moisture absorption of the chamber mixture was

18.3% lower. The chamber samples were more fragile than the foam obtained from the mixer, absorbing 83% less energy from the fracture. The foams obtained from both mixtures had contact angles of less than 90 °, being considered hydrophilic.

Key words: Starch, biodegradable, foam, properties

1 INTRODUÇÃO

O consumo de produtos confeccionados com matéria prima polimérica vem aumentando nos últimos anos ⁽¹⁾. Contribuindo para esse aumento tem os produtos com ciclo de vida curto como recipientes e embalagens. Um material polimérico de fonte não renovável que é muito utilizado para a produção de embalagens de alimentos, proteção de eletrodomésticos durante o transporte, caixas térmicas, entre outras aplicações é o poliestireno expandido (EPS) ^(2,3). Um fator negativo do consumo de poliestireno expandido é que esse material possui baixa densidade, e com isso, seu resíduo ocupa um grande volume, além de ser de difícil degradação ⁽⁴⁾. Por isso o interesse em buscar um material que seja de origem renovável e biodegradável para substituir o poliestireno. Existe na literatura algumas pesquisas que buscam a viabilidade do uso do amido para produção de embalagens. Um exemplo de embalagens de interesse para aplicação de amido como matéria prima são as bandejas, que são produzidas a partir da expansão de uma mistura de amido e aditivos para plastificar e agir como agente expensor ⁽⁵⁾.

O amido é um polissacarídeo composto por amilose e amilopectina e pode ser uma alternativa para o EPS. A quantidade desses componentes varia de acordo com a fonte do amido e maturação da planta. As fontes mais comuns de amido são mandioca (22%), milho (60%), batata (20%), trigo (52%) e arroz (70%) ⁽⁶⁾. No Brasil, por questão de plantio, o amido é extraído principalmente do milho e da mandioca. O Rio grande do Sul é o 3º estado do Brasil em plantio de mandioca, sendo responsável por 22,1% ⁽⁷⁾. Como mencionado, o amido é formado por dois polímeros, e a proporção destes varia de acordo com a fonte de origem. O amido de mandioca é formado por 17% de amilose e 83% de amilopectina ⁽⁶⁾.

O tipo de processamento e características estruturais do material podem influenciar nas propriedades finais do produto ⁽⁸⁾. Existe trabalhos na literatura com o objetivo de analisar a influência do processamento ou de parâmetros nas propriedades do material e conseqüentemente, no produto. Em um trabalho se analisou o processamento de um nanocompósito de polipropileno e bentonita em uma extrusora mono rosca e em uma dupla rosca contra rotacional. Com o resultado satisfatório da estrutura do material obtido com a mistura em extrusora mono rosca, os autores observaram a viabilidade deste método de processamento para esses materiais ⁽⁹⁾. Em outro trabalho foi utilizado o polietileno, esse material foi processado novamente em extrusoras de mono rosca e dupla rosca. Os resultados obtidos no processamento em dupla rosca foram mais satisfatórios se comparado ao processo em extrusora mono rosca, pois a mistura processada em dupla rosca apresentou uma maior porção cristalina, isso pode ser devido a maior homogeneização obtida com esse processo de mistura ⁽¹⁰⁾.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do método de mistura nas propriedades das espumas de amido. E com isso determinar o método de mistura mais eficiente, e qual a composição mais adequada da espuma.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Materiais

Neste trabalho foram utilizados fécula de mandioca, na forma de polvilho azedo adquirido em mercado local, água e detergente como agente tensoativo.

Mistura mecânica em bateadeira

Nesta mistura foi utilizada uma bateadeira Britania Bellagio 4 velocidades com 350W de potência. Na formulação foram misturados 62 gramas de amido, 60 gramas de água a 100°C, e agente tensoativo em diferentes proporções, 1% (1,22 gramas), 2% (2,44 gramas) e 3% (3,66 gramas). A mistura foi realizada na velocidade mínima durante 8 minutos, após, com o auxílio de uma espátula a mistura foi finalizada. Essa composição permitiu a expansão de duas espumas.

Mistura mecânica em câmara de mistura

Nesta mistura foi utilizada uma câmara de mistura Haake. Foram misturadas 3 formulações diferentes, somando um total de 50 gramas de material. Na Tabela 1 estão apresentadas as formulações utilizadas.

Tabela 1: Materiais utilizados e suas quantidades.

Amostra	Amido (g)	Água (g)	Tensoativo (g)
1% Tensoativo	29,5	20	0,5
2% Tensoativo	29	20	1,0
3% Tensoativo	28,5	20	1,5

Essas composições foram previamente misturadas em um Becker e depois alimentadas na câmara de mistura. Este processo foi realizado com temperatura de 90°C, velocidade de rotação dos rotores de 60 rpm, e por 10 minutos. Após a mistura a amostra foi expandida em uma prensa hidráulica com aquecimento.

Expansão

O processo de expansão realizado foi o livre e foi o mesmo para ambos os tipos de mistura. A prensa hidráulica juntamente com o molde foi aquecida até 150°C, o material obtido da mistura foi alimentado no molde e aplicou-se uma baixa pressão apenas para espalhar o material, ficando uns 3 milímetros entre as placas do molde. Quando o material começou a expandir lateralmente, a pressão foi liberada para permitir a expansão. Após essa expansão o material permaneceu na prensa a 150°C por 30 minutos para a evaporação de toda água presente. Após isso, a espuma foi desmoldada ainda quente, e o resfriamento foi fora do molde a temperatura ambiente.

Densidade

O ensaio de densidade aparente foi realizado baseado na norma ASTM D 3575 - 200, utilizando cinco corpos de prova cortados das espumas. Os corpos de

prova medindo 2 cm x 2 cm foram pesados e calculados a densidade aparente da espuma a partir da massa e o volume de cada corpo de prova ⁽¹¹⁾.

Absorção de umidade

Esse ensaio foi baseado na norma ASTM E104 – 02, e foi realizado em um ambiente com umidade relativa controlada de 75%. Nele foram utilizados recipientes com tampa onde foi colocado sal (NaCl) e água destilada, formando um ambiente saturado ⁽¹²⁾. Os corpos de prova foram secos em estufa à 60°C por 24 horas, após foram colocados em dessecador por 15 minutos para resfriarem. Após foram pesados e colocados no recipiente para o ensaio onde foram utilizados cinco corpos de prova (2 cm x 2 cm) de cada composição. O ensaio foi realizado durante 24 horas em uma estufa com a temperatura controlada em 30°C, e foram realizadas 4 medições com intervalos de 2 horas. A absorção de umidade de cada corpo de prova foi avaliada de acordo com a variação de massa de uma medição para outra ⁽¹³⁾.

Impacto Izod

O ensaio de impacto izod foi baseado na norma ASTM D 256 – 04, e foi realizado utilizando o martelo de 0,5J, e não foi realizado entalhe nos corpos de prova. Os corpos de prova foram cortados e foram medidas a espessura e largura para o cálculo de energia absorvida na fratura ⁽¹⁴⁾. Na Tabela 2 estão apresentadas as dimensões dos corpos de prova obtidos na mistura na bateadeira utilizados neste ensaio.

Tabela 2: Dados de espessura e largura dos corpos de prova da mistura na bateadeira para o ensaio de impacto.

Mistura Bateadeira					
1% Tensoativo		2% Tensoativo		3% Tensoativo	
Espessura	Largura	Espessura	Largura	Espessura	Largura
15,11	12,97	14,38	16,15	15,82	13,21
14,55	14,27	15,96	16,40	16,98	13,93
15,43	16,07	15,38	15,21	17,69	14,85
14,27	16,28	16,76	15,75	16,64	14,36

Como o corte foi realizado manualmente, existiu uma variação nas dimensões dos corpos de prova. Na Tabela 3 estão apresentadas as dimensões dos corpos de prova obtidos da mistura na câmara.

Tabela 3: Dados de espessura e largura dos corpos de prova da mistura na câmara para o ensaio de impacto.

Mistura Câmara					
1% Tensoativo		2% Tensoativo		3% Tensoativo	
Espessura	Largura	Espessura	Largura	Espessura	Largura
14,44	12,58	12,08	14,47	12,91	12,04
14,40	14,60	13,04	14,42	13,33	14,58
14,25	14,04	12,84	13,44	12,99	13,46
14,24	13,11	12,68	14,14	12,58	14,28
14,04	13,89	12,93	14,03	12,07	13,82
14,24	13,63			12,93	13,79
				12,86	13,64

A resistência ao impacto de cada amostra foi representada por uma média da energia absorvida na fratura, juntamente com o desvio padrão ⁽¹⁴⁾.

Ângulo de contato

O ensaio do ângulo de contato foi baseado na norma ASTM D 7334 – 08. Neste ensaio, uma gota de água é aplicada com o auxílio de uma seringa a superfície do corpo de prova. Foram aplicadas 10 gotas em cada amostra e foi capturada uma imagem da gota assim que ela é aplicada e outra após 3 minutos. As imagens das gotas foram capturadas utilizando um Microscópio U500X digital. O ângulo de contato de cada gota foi calculado com o auxílio do software SurfTens 4.5, e o ângulo de contato da amostra foi calculado a partir da média das 10 gotas ⁽¹⁵⁾.

Análise estatística

Os resultados de densidade, absorção de umidade, impacto e ângulo de contato foram analisados com ANOVA fator único 95%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tipo de mistura e expansão

A mistura na bateadeira formou uma pasta homogênea, com uma coloração branca, e com uma maleabilidade que permite o manuseio e a alimentação do molde. Em um primeiro momento a mistura apresentou muitos grumos, contudo, com o auxílio de uma espátula foi possível obter a pasta final com as características desejadas. Na Figura 1 estão apresentadas a pasta após a mistura.

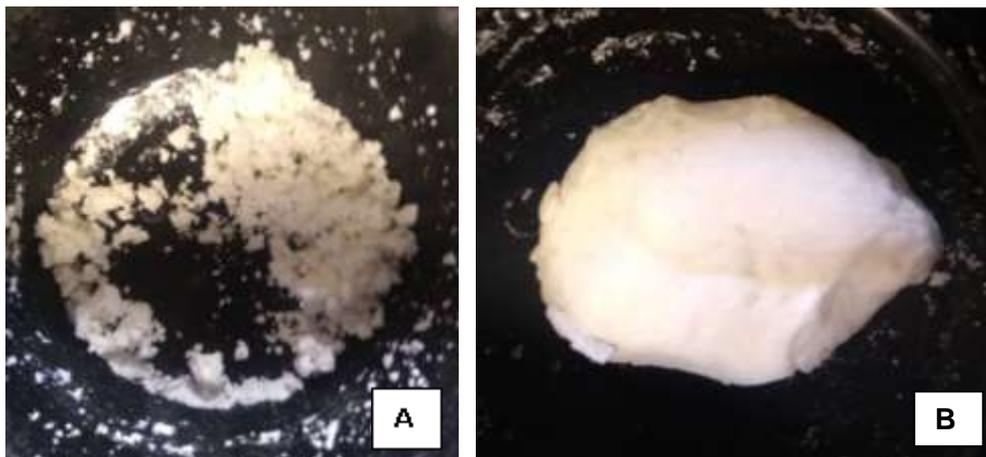


Figura 1: Pasta após mistura na batedeira. (A) Aspecto da mistura antes da mistura com espátula e (B) aspecto após a mistura com auxílio de espátula.

A mistura na câmara formou uma pasta com aspecto mais gelatinoso, o indica a gelatinização da fécula de mandioca durante o processo. O material após mistura ficou transparente elástico. Na Figura 2 é mostrado o material após a mistura.



Figura 2: Aspecto do material após a mistura na câmara de mistura.

Os materiais obtidos a partir das duas misturas foram expandidos e o resultado está apresentado na Figura 3.





Figura 3: Espumas após a expansão. (A) Espuma obtida da mistura na batedeira. (B) Espuma obtida da mistura na câmara.

Como pode ser visto na Figura 3, visualmente as espumas de ambos os processos de mistura ficaram semelhantes, variando um pouco a coloração e a espessura da espuma.

Densidade

Em relação a expansão das misturas, as espumas obtidas a partir de misturas diferentes apresentaram espessura médias diferentes. De uma forma geral o aumento do teor de tensoativo aumentou a espessura da espuma. As espumas obtidas a partir da mistura na batedeira apresentaram uma espessura média maior do que as espumas da câmara de mistura. Já a densidade média das espumas produzidas a partir da mistura na câmara foram menores se comparada as da mistura na batedeira. Na Tabela 4 estão apresentados as espessuras, as densidades médias e os desvios padrões das espumas.

Tabela 4: Dados de espessura, densidades médias e desvio padrão das espumas de amido.

	Espessura (cm)		Densidade (g/cm ³)	
	Mistura Batedeira	Câmara de Mistura	Mistura Batedeira	Câmara de Mistura
1%	1,41	1,26	0,1067 ± 0,0106	0,0929 ± 0,0250
2%	1,57	1,37	0,0977 ± 0,0136	0,0734 ± 0,0124
3%	1,65	1,39	0,0995 ± 0,0011	0,0825 ± 0,0074

Segundo a análise estatística, existe diferença significativa na densidade quando comparando as composições de 2% e 3% produzidas por misturas diferentes. Sendo que a mistura de 2% obtida da mistura na câmara de é aproximadamente 24% menor que a produzida com mistura na batedeira e mesmo teor de tensoativo.

Em ambos os tipos de misturas, a composição contendo 2% de agente tensoativo foram as espumas que apresentaram o melhor resultado de densidade.

Comparando os resultados deste estudo com um trabalho realizado anteriormente, onde a mistura foi realizada de forma manual, os resultados atuais são menores. A densidade obtida de uma mistura manual foi de 0,1336 g/cm³, aproximadamente 20% maior que a espuma de 1% de tensoativo da batedeira, e 30% maior que a densidade da espuma de 1% de tensoativo da câmara de mistura (16).

Em um trabalho na literatura foi produzida espumas de amido de mandioca onde a mistura do material foi realizada em um misturador. A densidade média das espumas foi de 0,21 g/cm³, também superior as espumas produzidas em ambas as misturas deste estudo ⁽¹⁷⁾.

Absorção de umidade

As espumas obtidas da mistura na bateadeira apresentaram uma diferença significativa na absorção de umidade apenas entre as amostras com 2% e 3% de tensoativo. Na Figura 4 está apresentado um gráfico comparativo da absorção de umidade das amostras da mistura na bateadeira.

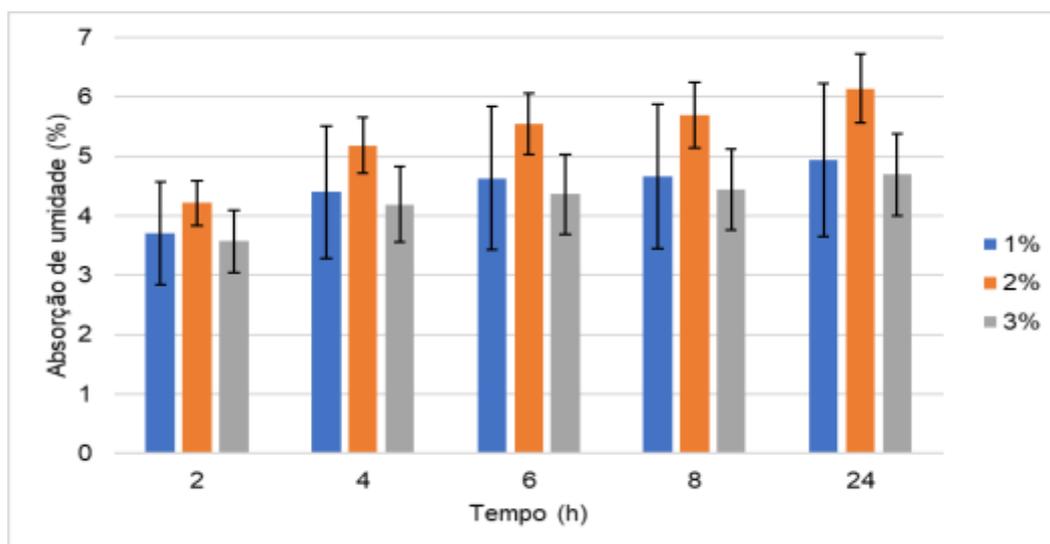


Figura 4: Comparativo da absorção média de umidade das amostras da mistura mecânica na bateadeira em função do tempo e do teor de tensoativo.

As amostras com 3% apresentaram o melhor resultado, sendo que em 24 horas de ensaio essas amostras absorveram aproximadamente 23% menos umidade que as amostras com 2% de tensoativo.

A absorção de umidade das espumas produzidas a partir da mistura na câmara, não apresentou diferença significativa independente do teor de tensoativo presente na amostra.

Na Tabela 5 estão apresentados os dados de taxa de absorção de umidade das amostras de ambas as misturas com 1%, 2% e 3% de tensoativo.

Tabela 5: Dados da taxa de absorção de umidade das espumas de ambas as misturas.

Horas de Ensaio	Taxa de Absorção de Umidade (%)					
	Mistura Bateadeira			Câmara de Mistura		
	1%	2%	3%	1%	2%	3%
2h	3,706	4,212	3,566	3,17	2,76	2,878
4h	4,402	5,182	4,186	3,752	3,204	3,386
6h	4,632	5,55	4,358	3,972	3,37	3,584
8h	4,66	5,69	4,434	3,974	3,404	3,616
24h	4,944	6,14	4,692	4,24	3,58	3,806

Analisando a taxa de absorção de umidade das amostras, as espumas de ambas misturas apresentaram uma maior taxa de absorção de umidade nas duas primeiras horas de ensaio. A mistura na bateadeira apresentou a menor taxa de absorção para a amostra com 3% de tensoativo, e foi de 3,57%. Já para as espumas obtidas com a mistura na câmara, foram as amostras com 2% de tensoativo que obtiveram o melhor resultado de 2,76% de absorção de umidade.

Comparando as composições das diferentes misturas, as espumas apresentaram diferença significativa na absorção de umidade somente nas amostras de 3% de tensoativo em 2h e 24h de ensaio. Na Figura 5 está apresentado o resultado de absorção de umidade das amostras de 3% de tensoativo das duas misturas.

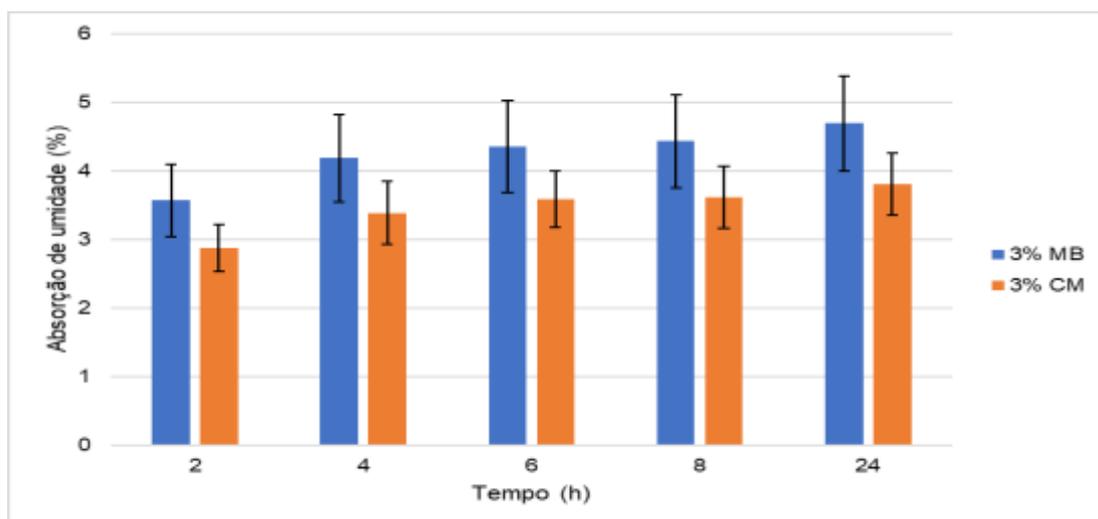


Figura 5: Dados de absorção de umidade das amostras de 3% de tensoativo das amostras das duas misturas.

No gráfico MB representa a mistura na bateadeira e CM representa o processo realizado na câmara de mistura, que como pode ser visto no gráfico, a absorção de umidade na mistura na bateadeira foi maior. Em 2h de ensaio a amostra MB absorveu 19,3% mais umidade do que a amostra de CM. E em 24 horas de ensaio a amostra de 3% de MB absorveu aproximadamente 18,9% mais umidade que a amostra de 3% de CM.

Impacto

O ensaio de impacto informa a energia absorvida pelo corpo de prova durante a ruptura. Na Figura 6 está apresentado o gráfico de absorção de energia durante a fratura do corpo de prova.

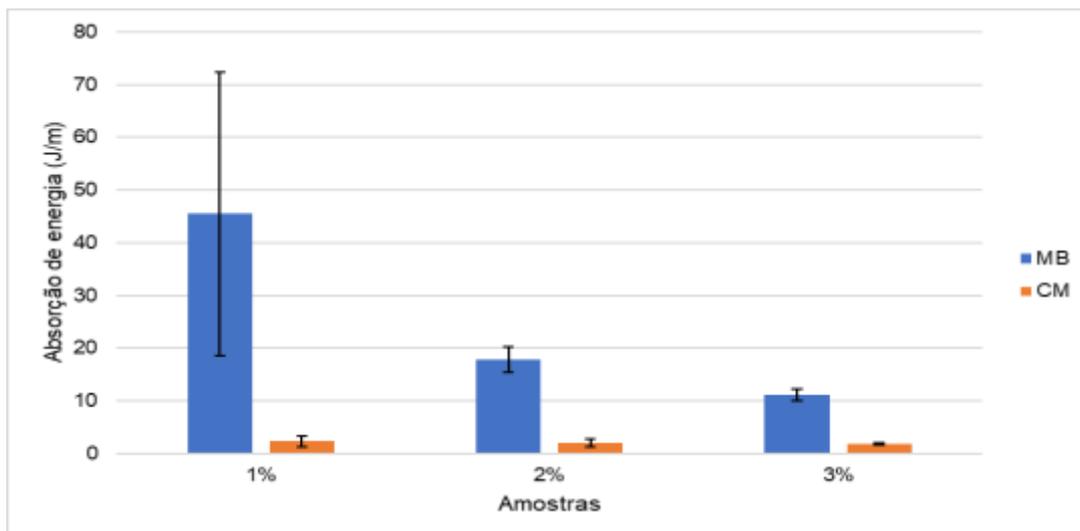


Figura 6: Absorção de energia das espumas no ensaio de impacto.

De forma geral, o aumento do teor de tensoativo diminui a energia necessária para romper o corpo de prova de ambas as misturas. De acordo com o gráfico, as amostras produzidas a partir da mistura na câmara são mais frágeis que as espumas obtidas a partir da mistura na bateadeira, uma vez que a absorção de energia foi menor. No caso das amostras de 3% de tensoativo, a espuma CM absorveu aproximadamente 83% menos energia. Contudo, os resultados de impacto dos corpos de prova das espumas CM ficaram mais homogêneos, uma vez que o desvio padrão ficou menor.

Ângulo de contato

Na Figura 7 está apresentada o gráfico com os resultados médios dos ângulos de contato das amostras das duas misturas.

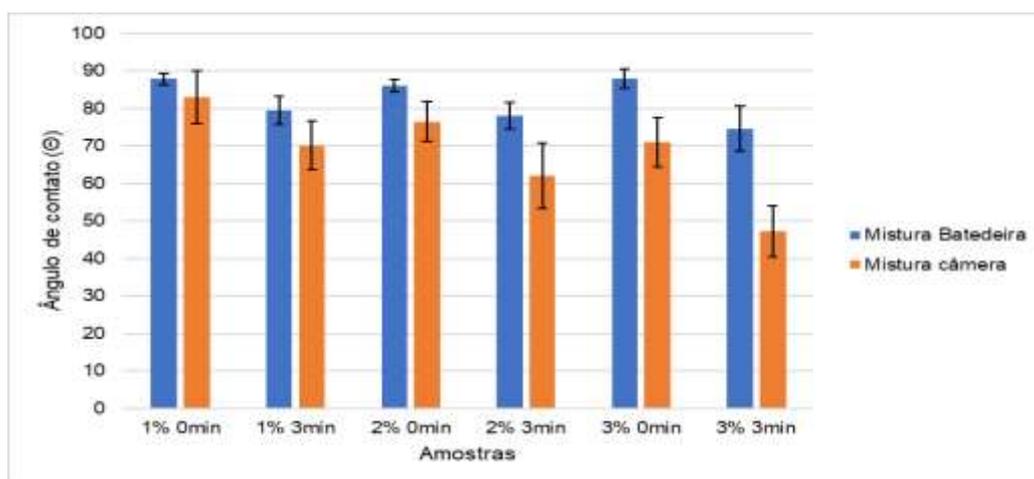


Figura 7: Comparativo com os resultados médios de ângulo de contato.

Analisando o ângulo de contato das gotas no instante após a sua aplicação e 3 minutos depois, o ângulo de todas amostras diminuíram, o que indica a absorção da gota pela amostra.

Comparando as amostras da mistura na bateadeira, no tempo zero a amostra com 2% de tensoativo apresentou o menor ângulo de contato, sendo de 86°. Com 3

min de ensaio os ângulos dos diferentes teores de tensoativo não apresentaram diferença significativa. As amostras obtidas a partir da mistura na bateadeira são hidrofílicas, uma vez que seus ângulos de contato foram menores que 90° ⁽¹⁵⁾. Analisando as amostras da mistura na câmara, em 0 minutos de ensaio só existe diferença nos ângulos das amostras de 1% e 3%, sendo o ângulo da amostra de 1% ($83,05^\circ$) maior. Em 3 minutos de ensaio o maior ângulo de contato continua sendo da amostra com 1% de tensoativo ($70,12^\circ$), sendo o ângulo 32,6% maior que o ângulo da amostra com 3% de tensoativo ($47,22^\circ$). As amostras obtidas da mistura na câmara podem ser consideradas hidrofílicas, uma vez que seus ângulos de contato médio foram todos menores que 90° ⁽¹⁵⁾.

Comparando as amostras das diferentes misturas, em 0 minutos do ensaio só existe diferença nos ângulos de contato nas composições com 2% e 3% de agente tensoativo. As amostras obtidas a partir da mistura na bateadeira apresentaram ângulos maiores, com ângulos de 86° e 88° para as amostras com 2% e 3% de tensoativo, respectivamente. Em 3 minutos de ensaio, todas amostras apresentaram diferença significativa em seus ângulos médios. Assim como no início do ensaio, as amostras da mistura na bateadeira apresentaram os maiores ângulos, ou seja, menor absorção da gota pelo corpo de prova. Na Tabela 6 estão apresentados os valores de ângulos em 3 minutos do teste para ambas as misturas.

Tabela 6: Tabela com os resultados dos ângulos de contato dos dois métodos de mistura em 3 minutos de ensaio.

Amostras	Ângulo de Contato	
	Mistura Bateadeira	Mistura Câmara
1%	$79,59 \pm 3,77$	$70,12 \pm 6,46$
2%	$78,06 \pm 3,54$	$62,08 \pm 8,62$
3%	$74,58 \pm 6,00$	$47,22 \pm 6,87$

De acordo com a tabela é possível visualizar que todas as amostras da mistura da bateadeira apresentaram ângulos maiores. Contudo, as amostras de ambas as misturas podem ser consideradas hidrofílica, uma vez que o ângulo médio foi menor que 90° ⁽¹⁵⁾. Na Figura 8 é possível observar a gota na superfície da espuma com 3 minutos de ensaio.

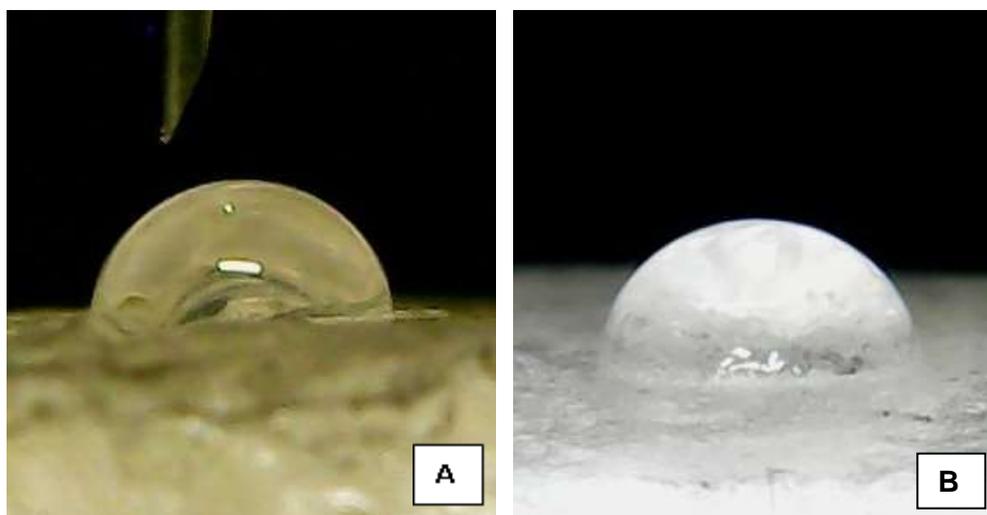


Figura 8: Imagem da gota de água na superfície da espuma após 3 minutos do ensaio. (A) Gota na espuma obtida pela mistura na câmara e (B) gota na espuma obtida pela mistura na bateadeira.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi analisada a influência do tipo de mistura nas propriedades das espumas de fécula de mandioca. Primeiramente foi analisado o aspecto do material após a mistura e sua expansão, a pasta produzida na batedeira ficou branca com maleabilidade, e a produzida na câmara de mistura ficou mais gelatinosa e translúcida. A espessura da espuma produzida na batedeira ficou maior, e em ambas misturas, o aumento do teor de tensoativo fez com que ocorresse um aumento na espessura da espuma. O tensoativo diminuiu a densidade da espuma, a espuma obtida pela mistura na câmara apresentou menores densidades médias, aproximadamente 24% menor. Em ambas misturas, a maior taxa de absorção de umidade foi durante as duas primeiras horas de ensaio. Na mistura na batedeira, as amostras com 3% de tensoativo apresentaram uma absorção de umidade 23% menor se comparado a espuma com 2% de tensoativo em 24 horas de ensaio. Comparando as amostras de misturas diferentes, em 24 horas de ensaio a espuma obtida da mistura na câmara absorveu 18,3% menos umidade. A menor taxa de absorção de umidade foi para as amostras de 3% e 2% de tensoativo para a mistura na batedeira e na câmara, respectivamente. O aumento do teor de tensoativo diminuiu a resistência ao impacto das espumas obtidas por ambas as misturas. As amostras produzidas pela mistura na câmara ficaram mais frágeis se comparadas as espumas produzidas na batedeira, com 3% de tensoativo, a espuma da câmara absorveu 83% menos energia. As espumas obtidas a partir de ambas as misturas são hidrofílicas, uma vez que apresentaram ângulo de contato menor 90°.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPQ pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL), ao PPGEM da UFRGS e ao DIMP – Laboratório de Desenvolvimento Integrado de Materiais e Produtos – IFSul/Campus Sapucaia do Sul.

REFERÊNCIAS

1. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>. Apud WWF Relatório. Solucionar a poluição plástica: transparência e responsabilização, 2019.
2. Consumo de Poliestireno. Disponível em: <<https://afinkopolimeros.com.br/6-plasticos-mais-consumidos-em-2017/>> Acessado: 17/04/2019.
3. Shogren et al. United States Patent. **Enhanced water resistance of starch-based materials**. Patent Number: 5,756,194. 26 de maio, 1998.
4. A.M. Sarmiento, H.L. Guzman, G. Morales, D.E Romero, A.Y. Pataquiva-Mateus. Expanded polystyrene (EPS) and waste cooking oil (WCO): from urban wastes to potential material of construction, Waste Biomass Valorization 7 (2016) 1245–1254. Apud J. Yang et al. Preparation of recycled graphite/expanded polystyrene by a facile solvent dissolution method. Journal Mater Sci 54 (2019) 1197–1204.

5. STOFFEL. F. **Desenvolvimento de espumas a base de amido de mandioca**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de processos e tecnologia. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2015.
6. FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Amidos**, [s. l.], v. 35, p. 35, 2015. Disponível em: www.revista-fi.com.
7. Dados da produção de mandioca. Disponível em: <https://www.embrapa.br/congresso-de-mandioca-2018/mandioca-em-numeros>.> Acessado: 01/10/2019.
8. CALLISTER, William d. Jr. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma introdução**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC editora, 2002.
9. T. S. Alves et al. Influência das condições de processamento nas propriedades mecânicas de nanocompósitos polipropileno/bentonita. Anais do 10º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2009.
10. RICHART. S. F. **Influência do processamento na preparação de compósito pead/pebd/argila organofílica para utilização em equipamentos para o setor elétrico**. Programa de Pós-graduação em Engenharia e ciência dos materiais. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.
11. ASTM D 3575 – 00: Standard Test Methods for Flexible Cellular Materials Made From Olefin Polymers. EUA, 2001.
12. ASTM E104 – 02: Standard Practice for Maintaining Constant Relative Humidity by Means of Aqueous Solutions. EUA, 2012.
13. ASTM D 5229/D 5229M – 92: Standard Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials. EUA 2004.
14. ASTM D 256 – 04: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. EUA 2004.
15. ASTM D 7334 – 08: Standard Practice for Surface Wettability of Coatings, Substrates and Pigments by Advancing Contact Angle Measurement. EUA 2013.
16. C. Figueiro, E.C.M. Fagundes, C.I.W. Calcagno. Produção de bandejas a partir de amido de mandioca. Plástico Industrial Nº 247 2019 58-65.
17. K. Kaewtatip; V. Tanrattanakul; W. Phetrat. Preparation and characterization of kaolin/starch foam. Applied Clay Science, 80-81 (2013), 413-416.

CLASSIFICAÇÃO DE AFÍDEOS COM MOMENTOS INVARIANTES DE HU E REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS

Belloni, B. M.¹

Lazzaretti, A. T.²

dos Santos, C. A. S.³

¹ *Discente, Bruno Monteiro Belloni, IFSUL Passo Fundo, bruno.belloni@hotmail.com.*

² *Doutor, Alexandre Tagliari Lazzaretti, IFSUL Passo Fundo, alexandre.lazzaretti@passofundo.ifsul.edu.br.*

³ *Mestre, Carlos Alexandre Silva dos Santos, IF Farroupilha, carlos.santos@iffarroupilha.edu.br.*

Resumo

Insetos são responsáveis por gerar perdas significativas na produção de culturas agrícolas, pois se alimentam da seiva das plantas ocasionando danos irreversíveis a plantação. Nesse contexto, o uso do reconhecimento por imagem pode auxiliar no controle populacional desses insetos, atualmente este processo é realizado manualmente, demanda bastante tempo e é suscetível a erros. O objetivo deste artigo é apresentar e analisar os resultados de uma rede neural treinada para reconhecimento de insetos do tipo ninfa, áptero e alado de forma a auxiliar o especialista humano, tornando este processo mais rápido e preciso. Nos experimentos iniciais a ferramenta apresentou uma acurácia que varia entre 80% e 92% dependendo do tipo de inseto com um conjunto de 6 imagens dos insetos supracitados.

Palavras-chave: Classificação de Afídeos, Momentos Invariantes de Hu, Redes Neurais, Reconhecimento por Imagem.

APHID CLASSIFICATION WITH HU MOMENTS AND ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Abstract

Insects are responsible for generating significant losses in crop production because they feed on plant sap causing irreversible damage to the crop. In this context, the use of image recognition can assist in the population control of these insects, currently this process is performed manually, is time consuming and susceptible to errors. The aim of this paper is to present and analyze the results of a neural network trained to recognize nymph, apterus and winged insects in order to assist the human specialist, making this process faster and more accurate. In the initial experiments the tool had an accuracy ranging from 80% to 92% depending on the type of insect with a set of 6 images of the above insects.

Keywords: Aphid Classification, Hu Moments, Neural Networks, Image Recognition.

1 INTRODUÇÃO

Os insetos exercem papel fundamental para a manutenção ecológica do planeta: além de serem os responsáveis por grande parte da polinização, contribuem na decomposição de matérias orgânicas, fornecem alimentos para os seres humanos e servem de alimento para outras espécies. Porém, muitas vezes são responsáveis por gerar aspectos negativos na

agricultura. Um exemplo, é quando se instalam em lavouras e se alimentam do trigo, milho ou outros grãos e cereais que são cultivados, causando perdas significativas de produção. A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) estima que as pragas sejam responsáveis por 42,1% das perdas na produção, sendo que 15,6% deste total é causado por insetos e ácaros [Fabretti & Menten, 2013].

A partir da necessidade do controle dessas pragas pesquisas são realizadas com o objetivo de minimizar o impacto ambiental dos insetos presentes nas lavouras. A captura desses insetos para fins de análise é realizada por meio de armadilhas. Após a coleta ser realizada, um especialista retira os resíduos da amostra coletada para a utilização de um microscópio para realizar a identificação e contagem dos insetos presentes. Essa tarefa demanda grande quantidade de tempo, além de ser suscetível a erros.

O objetivo deste artigo é apresentar uma rede neural capaz de identificar e classificar afídeos por meio de imagens estáticas, utilizando os Momentos Invariantes de Hu [Hu, 1962] para extração de características e uma Rede Neural (RNA) para classificação e reconhecimento das imagens.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta os materiais e métodos. A seção 3 estão os resultados obtidos e, por fim, na seção 4 se encontram as considerações finais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As imagens utilizadas neste trabalho foram cedidas pelo Instituto de pesquisa científica Embrapa Trigo de Passo Fundo. Foram disponibilizadas imagens no formato *Joint Photographic Experts Group*, com resolução de 8000 x 8000 *pixels*. Foi analisado um conjunto de 6 imagens contendo afídeos da espécie *Rhopalosiphum padi*, o piolho-da-cerejeira-brava, com aproximadamente 400 insetos em cada amostra. Os insetos estavam distribuídos em seus três estágios de vida, da esquerda para direita (Figura 1): Ninfa, Áptero e Alado.



Figura 1. Os 3 estágios de vida de um Afídeo.

Para implementação da arquitetura proposta, a realização dos experimentos e geração de resultados, foi utilizado um computador com processador Intel Core i5-6500 3.20 GHz, 6 MB L2 cache, com 8 GB de memória DDR3 1600 MHz e sem placa gráfica dedicada.

O método proposto é composto por seis etapas, são elas: Coleta de Imagens; Segmentação; Extração de Atributos; Treinamento da Rede Neural; Classificação de novas Amostras; e, por fim, a avaliação dos resultados da classificação. A Figura 2 ilustra o fluxograma sumarizado do método proposto.

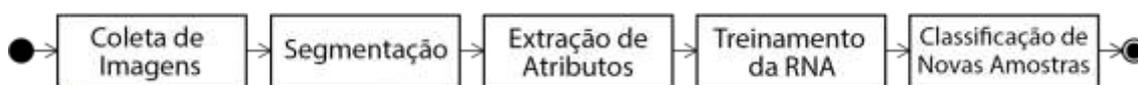


Figura 2. Fluxograma que representa as etapas do desenvolvimento da pesquisa.

A. Coleta de imagens

O processo de coleta de imagens foi realizado pela Embrapa Trigo de Passo Fundo e cedida para este trabalho para estudo e análise de caso. Ele é efetuado por pesquisadores de campo, onde são coletados todos os insetos que caem nas armadilhas, tais como: moscas, vespas, afídeos, etc. Para este trabalho foram utilizadas somente imagens contendo afídeos. Por meio deste processo foram disponibilizadas 6 imagens contendo aproximadamente 400 insetos em cada. Desta forma, utilizou-se aproximadamente 2400 amostras de afídeos neste trabalho, em torno de 1400 ninfas, 800 ápteros e 200 alados.

Na sequência, são selecionados os afídeos que estão em diferentes estágios de vida. São introduzidos em tubos de ensaio com álcool líquido para posteriormente expô-los em lâminas. Após esse processo estão prontos para visualização, contagem e classificação em laboratório por meio de microscópios ou escaneamento digital.

B. Segmentação

Os procedimentos realizados nessa etapa foram efetuados por meio da biblioteca multiplataforma para desenvolvimento de aplicativos na área de Visão [OpenCV, 2019]. Alguns métodos de processamento de imagens são diretamente aplicáveis a imagens coloridas, outros métodos requerem reformulação para serem compatíveis com as propriedades dos espaços de cores necessários [Gonzalez & Woods, 2009]. Desta forma, imagem carregada foi convertida para tons de cinza, para que posteriormente o método de segmentação possa ser aplicado.

O princípio da segmentação mais simples consiste em separar as regiões por meio da escolha de um ponto de corte (T), de uma imagem em fundo e objeto (inseto), ou seja, as outras regiões são classificadas como não interessantes [Neta, 2008]. O método utilizado para segmentação de imagens aplicado neste trabalho foi de limiarização, conforme ilustrado na Figura 3.

Em virtude de suas propriedades intuitivas, a simplicidade de implementação e a velocidade computacional, a limiarização de imagens tem uma posição central nas aplicações de segmentação de imagem [Gonzalez & Woods, 2009].



Figura 3. Um áptero Limiarização.

C. Extração de Atributos

Esta etapa equivale à classificação manual realizada em laboratório por meio de microscópios. A rotulação é importante para inserção das características necessárias para treinamento da RNA, uma vez que essas informações serão utilizadas para o

reconhecimento de padrões dos insetos na etapa seguinte.

Para a extração das características das imagens utilizadas nos experimentos foi utilizado Hu Moments, originados dos momentos centrados, que por serem medidos em relação ao centróide da forma, são necessariamente invariantes sob translação, escala e rotação. Consistem em um conjunto de sete atributos que são apresentados como descritores de formas para objetos em imagens [Solomon & Breckon, 2013].

D. *Treinamento da Rede Neural Artificial (RNA)*

O classificador utiliza o modelo treinado na etapa anterior para reconhecimento dos padrões das imagens. Este modelo é carregado para o algoritmo que realiza novos testes. A rede neural utilizada é constituída de 2 camadas ocultas. Cada nó realiza a aplicação da função de ativação não linear ReLu. As últimas camadas são compostas por neurônios totalmente conectados. Para o treinamento da RNA foi utilizada a função Softmax e o algoritmo backpropagation.

Na pesquisa proposta o conjunto de imagens foi separado, aleatoriamente, em duas partes, uma etapa para o treinamento e outra para a etapa de teste. O resultado final é a medição dos resultados obtidos no estágio de teste. A porcentagem usada para o treinamento foi de 70% e 30% das imagens para efetuar os testes.

Por fim, é gerada uma Matriz de Confusão (MC) que apresenta os resultados dos testes realizados pelo classificador. Nessa matriz as linhas representam os casos reais e as colunas as previsões efetuadas pelo modelo [SILVA, 2018]. Por meio da MC é possível obter a informação referente ao número de amostras corretamente classificadas e incorretamente classificadas devidamente separados por classes. Esta matriz é do tipo 3x3, pois o número de classes ao qual se aplica o classificador é de 3 classes.

Ao analisar a MC é possível observar informações necessárias para avaliação do desempenho do classificador, tais como: Verdadeiro Positivo (VP), a situação em que o classificador reconhece uma ninfa como uma ninfa; Verdadeiro Negativo (VN), situação em que o classificador reconhece uma ninfa como não sendo um alado ou áptero; Falso Negativo (FN), a situação em que o classificador deveria prever uma ninfa, porém previu um alado ou áptero; Falso Positivo (FP), quando o classificador não deveria prever uma ninfa como um alado, porém, previu.

E. *Classificação de novas Amostras*

Após o classificador devidamente treinado é possível prever em qual fase da vida que está o inseto *Rhopalosiphum padi*, bastando apenas enviar à rede neural a nova imagem com seus momentos invariantes.

Dessa forma, a ferramenta realiza o reconhecimento de novas imagens e classificando-as de acordo com a categoria do inseto, retornando a porcentagem do teste de acordo com o padrão encontrado após o treinamento do modelo efetuado na etapa de rotulação.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Diante dos resultados obtidos foi possível avaliar a eficácia e eficiência da ferramenta proposta. A avaliação dos resultados dos experimentos foi realizada com base na MC proveniente da classificação obtida no estágio de teste. Para a matriz de confusão foi

utilizado aproximadamente 10% do total de amostras coletadas.



Figura 4. Matriz de Confusão.

A Figura 4 ilustra a MC com intuito de apresentar o desempenho do classificador proposto. Por meio das informações geradas na MC é possível mensurar a qualidade do modelo através das métricas de Precisão, Revocação e F1-score. A Equação 1, apresenta a Precisão; a Equação 2, a Revocação; e a Equação 3, a medida F1-score.

$$Precisão = \frac{VP}{VP+FP} \quad (1)$$

$$Revocação = \frac{VP}{VP+FN} \quad (2)$$

$$F1 = 2 \times \frac{precisão \times revocação}{precisão + revocação} \quad (3)$$

Foi obtido uma acurácia de 92% na classificação de ninfas, 80% na classificação de ápteros e 86% na classificação de alados. A acurácia elevada na classificação de ninfas, em comparação às outras classes avaliadas, deve-se ao fato do número de amostras de ninfas ser maior em comparação às demais.

A Revocação obtida na classificação de ninfas foi de aproximadamente 98%, 80% na classificação de Ápteros e 55% na classificação de Alados. Esta medida expressa o nível baixo de erros na classificação de afídeos, moderado na classificação ápteros e regular na classificação de alados.

O resultado da medida F1-score da categoria das ninfas foi de 95%, aproximadamente; os ápteros, 80%; e os alados, 68%, aproximadamente. A Figura 5 apresenta o gráfico com os resultados obtidos das métricas de Acurácia, Revocação, F1-score. As barras em azul representam as Ninfas, as barras vermelhas representam os Ápteros e as barras amarelas representam os Alados.

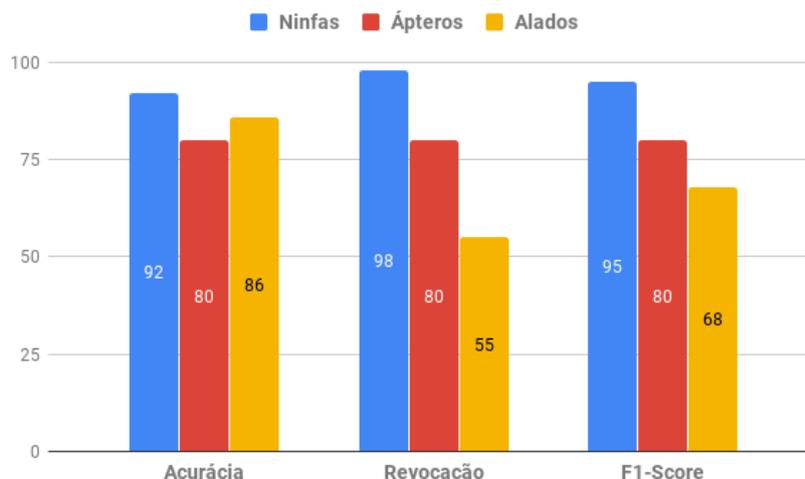


Figura 5. Gráfico comparativo com os resultados obtidos de Acurácia, Revocação e F1-score.

Mediante a análise do gráfico apresentado na Figura 5, é possível verificar que as ninfas obtiveram níveis elevados de acerto nas três métricas aferidas. A razão das demais categorias terem obtido resultados inferiores está no fato do desbalanceamento das classes, ou seja, do menor número de amostras utilizadas para treinamento.

Além disso, na fase adulta do *Rhopalosiphum padi*, Ápteros e Alados são diferenciados pela ausência ou presença de asas, o que aumenta a complexidade da extração de características adequadas para diferenciação do inseto após o processo de limiarização.

Os resultados obtidos pela ferramenta desenvolvida após os experimentos iniciais com três fases de vida do *Rhopalosiphum padi* apresentaram uma acurácia que varia entre 80% e 92% dependendo do tipo de inseto, a taxa de erro ficou entre 8% e 20% e o tempo de processamento de 13,09 segundos.

4 CONCLUSÃO

O experimento apresentado demonstrou a capacidade de realizar o reconhecimento automático de imagens de ápteros, alados e ninfas, processo tradicionalmente realizado por profissionais especialistas da área da taxonomia que realizam esse trabalho manualmente, despendendo muito tempo e aumentando substancialmente as chances de erros durante a etapa de classificação desses insetos.

A solução apresentada utiliza a biblioteca OpenCV para reconhecimento e segmentação das imagens e extração dos momentos invariantes de Hu, por meio da detecção de bordas e contornos. Na sequência, é possível carregar novas imagens, segmentá-las para identificação dos insetos, e posteriormente realizar o teste de novas amostras enviando a rede neural as informações do inseto para realização da classificação. Nos experimentos iniciais a ferramenta apresentou uma acurácia que varia entre 80% e 92% dependendo do tipo de inseto.

Como trabalhos futuros, recomenda-se a utilização de Redes Neurais Convolucionais (CNN, Convolutional Neural Networks), para a tarefa de extração de características e classificação de imagens bidimensionais, uma vez que em trabalhos recentes esse método, aplicado em Redes Profundas (*Deep Learning*), apresenta

resultados promissores no que se refere ao reconhecimento de imagens.

REFERÊNCIAS

- 1 Vergara, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração. 6. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2005.
- 2 Fabretti, P. K; Menten. J. O. (2013) “Seres indesejáveis”, In: New Trends in Revista Cultivar, n. 167, p. 03-10.
- 3 Fabretti, P. K; Menten. J. O. (2013) “Seres indesejáveis”, In: New Trends in Revista Cultivar, n. 167, p. 03-10.
- 4 Hu, M. (1962) “Visual pattern recognition by moment invariants”, In: IEEE Transactions on Information Theory.
- 5 OpenCV. (2019) “Open source computer vision and machine learning software library”, In: opencv.org.
- 6 Gonzalez, R. C; Woods, R. E. (2009) “Processamento de imagens digitais 3ª edição”. Pearson Universidades; Edição: 3, 2009.
- 7 Neta, S. R. A; Dutra, L. V; Erthal, G. J. (2008) “Limiarização Automática em Histogramas Multimodais”, In: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- 8 Solomon, C; Breackon, T. (2013) “Fundamentos de Processamento Digital de Imagens Uma Abordagem Prática com Exemplos em Matlab”. LTC; Edição: 1ª, 2013.
- 9 Silva, Carlos; Welfer, Daniel; Dornelles, Claudia. (2018) “Pattern Recognition in Cattle Brand using Bag of Visual Words and Support Vector Machines Multi-Class”, In: Iberoamerican Journal of Artificial Intelligence, n. 61, p. 01-13.

ANÁLISE DAS PRODUÇÕES INDUSTRIAIS DA EMPRESA BRAPOTEC

Macedo, A. R. ¹
de Oliveira, D. ²
da Rosa, J. L. B. ³
de Oliveira, L. T. ⁴
Dalpiaz, T. A. ⁵

¹Técnica em Plásticos; Amanda Ramos Macedo; IFSUL;
²Técnico em Plásticos. Douglas de Oliveira; IFSUL;
³Técnico em Plásticos, Jean Luca Bambil da Rosa, IFSUL
⁴Técnica em Plásticos, Laura Trajano de Oliveira, IFSUL
⁵Técnico em Plásticos, Thiago Adolfo Dalpiaz, IFSUL

Resumo

Com a busca constante por melhorias do setor polimérico, indústrias têm investido na utilização de ferramentas da qualidade que ajudam na otimização do processo. Com objetivo de aplicar essas metodologias para obter o aprimoramento da produção de filmes plásticos, os alunos do Curso Técnico de Plásticos criaram uma empresa fictícia chamada BRAPOTEC. Para isso, foi utilizada a metodologia PDCA, ferramenta de melhoria contínua que sugere um processo de utilização das ferramentas da qualidade em quatro etapas: planejar, fazer, verificar e agir. Baseando-se nisso, na primeira etapa realizou-se um planejamento usando a ferramenta 5W2H para definir as tarefas da equipe, complementando com um fluxograma. Na etapa seguinte, elaborou-se um relatório da produção, com auxílio de outras ferramentas da qualidade como a folha de verificação. Após, na etapa de verificação, os produtos são medidos e os dados tabulados. Para isso, usou-se: cartas de controle e histograma. Na última etapa, realizou-se um debate com o intuito de se levantar as possíveis causas dos problemas que ocorreram. Para auxiliar na identificação destes problemas foi usado um diagrama de causa e efeito e para selecioná-los buscou-se auxílio na matriz GUT. Diante dos principais problemas levantados, a equipe seguiu novamente as etapas do PDCA, alternando algumas escolhas de forma a atingir a melhoria contínua. Através das análises feitas a equipe desenvolveu uma melhor capacidade de tomada de decisão, bem como a capacidade de se adequar frente a diferentes desafios, além de ter aprimorado o conhecimento acerca do gerenciamento de processos.

Palavras chaves: Melhorias; Processo; Plástico; Metodologia.

ANALYSIS OF BRAPOTEC COMPANY INDUSTRIAL PRODUCTIONS

Abstract

With the constant search for improvements in the polymer sector, industries have invested in the use of quality tools that help in process optimization. In order to

apply these methodologies to achieve the improvement of the production of plastic films, students of the Plastics Technical Course created a fictitious company called BRAPOTEC. For this, the PDCA methodology was used, a continuous improvement tool that suggests a process of using quality tools in four stages: planning, doing, verifying and acting. Based on this, in the first step a planning was performed using the 5W2H tool to define the team tasks, complementing with a flowchart. In the next step, a production report was prepared, with the help of other quality tools such as the checksheet. After, in the verification step, the products are measured and the data tabulated. For this, it was used: control charts and histogram. In the last stage, a debate was held in order to raise the possible causes of the problems that occurred. To assist in identifying these problems, a cause and effect diagram was used and to select them, assistance was sought in the GUT matrix. Faced with the main problems raised, the team again followed the steps of the PDCA, alternating some choices in order to achieve continuous improvement. Through the analyses made the team developed a better decision-making capacity, as well as the ability to adapt to different challenges, and improved knowledge about process management.

Key words: Improvements; Process; Plastic; Methodology

1. INTRODUÇÃO

No meio produtivo do setor de plásticos, principalmente em indústrias da terceira geração, há uma constante busca por melhorias, tanto no processo produtivo em si, quanto na alta qualidade e lucratividade de seus produtos finais. Para tais finalidades, as empresas utilizam, frequentemente, metodologias como as ferramentas da qualidade que tem por objetivo analisar os processos produtivos, por meio de resultados mensuráveis e registros, visando a melhoria contínua, redução de custos e otimização da produção de um determinado processo.

Para a aplicação de metodologias de melhoria contínua, foi criada a empresa BRAPOTEC, inserida no ramo industrial da transformação do plástico, que busca obter melhorias em seus processos produtivos. Para tanto, desenvolveu-se uma autoanálise acerca das produções industriais realizadas durante os 10 meses letivos do ano de 2018. A principal metodologia empregada no desenvolvimento das melhorias em processos foi a abordagem de melhoria contínua denominada PDCA. A utilização deste método foi de fundamental importância, uma vez que, através de sua aplicabilidade a empresa foi capaz de desenvolver uma melhor capacidade de tomada de decisões frente aos problemas ocorridos durante os processos produtivos, bem como o

gerenciamento dos mesmos. Os casos apresentados neste trabalho trataram da produção de filme plástico extrudado numa máquina extrusora CARNEVALLI. Uma extrusora age de forma a plastificar um material sólido, conformando-o em um formato tubular, posteriormente, transformado em filme plástico. Com o intuito de verificar a aplicação de um PDCA em suas quatro etapas e o resultado deste num segundo ciclo, foram realizadas duas produções. O objetivo foi de comparar os resultados dos dois ciclos a fim de propor melhorias para uma terceira produção.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O método utilizado baseou-se no ciclo PDCA, uma abordagem metodológica da gestão que tem como objetivo promover a melhoria contínua dos processos por meio de um circuito de quatro ações: plan (planejar), do (executar), check (verificar) e act (agir ou analisar criticamente).

Começando com a etapa do planejamento, este trabalho iniciou-se com a simulação de um recebimento de pedido de produção, onde constava as especificações de processo e o material que deveria ser usado na produção. Após, foi montado um plano de ação tomando como referência a ferramenta 5W2H que busca realizar a distribuição de tarefas entre os colaboradores da empresa somado a um fluxograma que orientava a ordem de realização destas ações.

Na etapa seguinte, D (executar), que, no trabalho em questão visava realizar a produção, propriamente dita, do material, foram utilizadas folhas de verificação, afim de controlar os parâmetros da máquina e do produto.

Já na parte da verificação, os parâmetros a serem analisados foram a espessura e largura do filme plástico a cada metro de filme produzido e as ferramentas utilizadas foram uma trena e o relógio apalpador. Após isso os dados coletados foram transferidos para cartas de controle, que tinha como função aprimorar a análise das variáveis do filme plástico durante a produção.

Após a etapa de checagem, chegamos então na parte de agir e levantar os potenciais problemas que ocorreram durante o processo. Se iniciou esta etapa

realizando um brainstorming que tem como objetivo coletar o maior número de ideias, opiniões, comentários e sugestões para desvendar os potenciais problemas ocasionados. Então os problemas mais prováveis foram transferidos para um diagrama de causa e efeito que é uma ferramenta utilizada para saber a relação existente entre um resultado de um processo e os fatores que podem afetar o resultado.

Após isso, uma vez definido os principais potenciais problemas através do diagrama de causa e efeito, os mesmos foram transferidos para uma matriz G.U.T, sendo está uma ferramenta usada para definir o grau de prioridade de cada problema em uma certa escala de gravidade, urgência e tendência. Sendo assim, seguindo as etapas aqui descritas, pode-se definir quais foram os problemas com o maior grau crítico e que, então, devem ser trabalhados soluções para a próxima rodada. Já, no segundo ciclo do PDCA foram utilizadas os mesmos métodos e materiais, porém, neste segundo momento o foco não se restringiu somente ao levantamento das potenciais causas, mas também, em realizar uma análise comparativa entre os dois ciclos de produção.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da pesquisa, pode-se confirmar a importância da aplicação do método PDCA para a otimização dos processos produtivos, mais especificamente neste estudo de caso. A utilização do método se deu de forma contínua, sendo que foram analisados dois ciclos com uma posterior padronização e planejamento para uma terceira sequência. Assim, a seguir, está apresentado o PDCA aplicado na zona de produção de material extrudado, porém, os resultados não irão ser demonstrados de forma contínua e sim comparando concomitantemente os dois ciclos, bem como a discussão, ao longo do capítulo, referente a execução de determinadas ferramentas.

3.1. Aplicação do PDCA (Ciclo 1)

3.1.1. *Plan* (planejar)

A produção foi programada para o dia 19 de junho de 2018 e teve como objetivo atender o pedido de produção descrito a seguir (figura 1). Já a segunda

etapa da produção, programada para o dia 06 de setembro, tendo que atender ao pedido de produção apresentado na Figura 2.

Item	Filme Plástico	Item	Filme Plástico
1	Uma bobina de 100 metros de filme plástico	1	Uma bobina de 100 metros de filme plástico
<p>Controle de Qualidade: Variável 1= largura (45 cm +/- 1 cm) Variável 2= espessura (50 µm +/- 10 µm) Obs.: Sem pigmentação. Material TX 7003-PEBD. 1 bobina, medir por metro</p>		<p>Controle de Qualidade: Variável 1= largura (45 cm +/- 1 cm) Variável 2= espessura (50 µm +/- 10 µm) Obs.: Sem pigmentação. Material 70% de PEAD BF4810; 30% de PEAD SHE150 . 1 bobina, medir por metro</p>	
<i>Figura 1 Pedido de produção Ciclo 1</i>		<i>Figura 2 Pedido de produção Ciclo 2</i>	

Nota-se que o pedido foi alterado em relação ao ciclo 1, uma vez que o material utilizado no primeiro ciclo não se encontrava mais disponível no estoque. Após analisar o pedido, a empresa BRAPOTEC realizou a primeira produção seguindo o plano de ação representado na Figura 3.

Função	Quem	Por que?	Como	Quando	Onde
Supervisor	Laura	Pois é necessário um líder a fim de gerenciar a produção.	Delegando tarefas e verificando se todos estão exercendo suas funções.	Antes, durante e após produção de filmes da empresa BRAPOTEC.	Em todos os setores da empresa (produção, controle de qualidade, laboratório).
Operador	Amanda e Douglas	Pois precisamos atingir a meta, ou seja, cumprir o pedido de produção.	Operando a extrusora Carnevall.	Durante o processo de produção.	Na zona de produção, ao redor da extrusora.
Qualidade	Jean	Porque precisamos atingir as especificações contidas no pedido de produção	Realizando medições e verificando se o material se encontra nos limites adequados.	Durante e após o processo de produção, uma vez que o filme produzido deve ser medido durante e após o processo.	Na seção de produção, medindo o filme enquanto o mesmo é bobinado e após produção, medindo o filme no LCQ*.
Auxiliar	Thiago	Pois necessitamos de auxílio a fim de otimizar a produção.	Auxiliando os colaboradores no controle dos parâmetros e principalmente no momento de bobinar o filme produzido.	Antes de iniciar de fato a produção, verificando os periféricos e realizando outros processos de preparação, durante a produção e após a produção, auxiliando no encerramento da produção.	Em todas as seções do laboratório, preferencialmente na zona de produção.

Figura 3 Plano de ação Ciclo 1

No segundo ciclo, o plano de ação utilizado foi o mesmo, com o diferencial que houve um revezamento nos responsáveis pelas tarefas. A tarefa de

supervisão ficou a cargo do Thiago, bem como a de operadores a Laura, auxiliar foram o Jean; e controle de qualidade o Douglas e a Amanda. A troca de cargos tem como objetivo colocar todos os integrantes em contato com diferentes funções e responsabilidades.

A fim de otimizar a produção, a empresa BRAPOTEC realizou os dois ciclos seguindo o fluxograma elaborado pela equipe. Este fluxograma está presente para consulta na Figura 4:

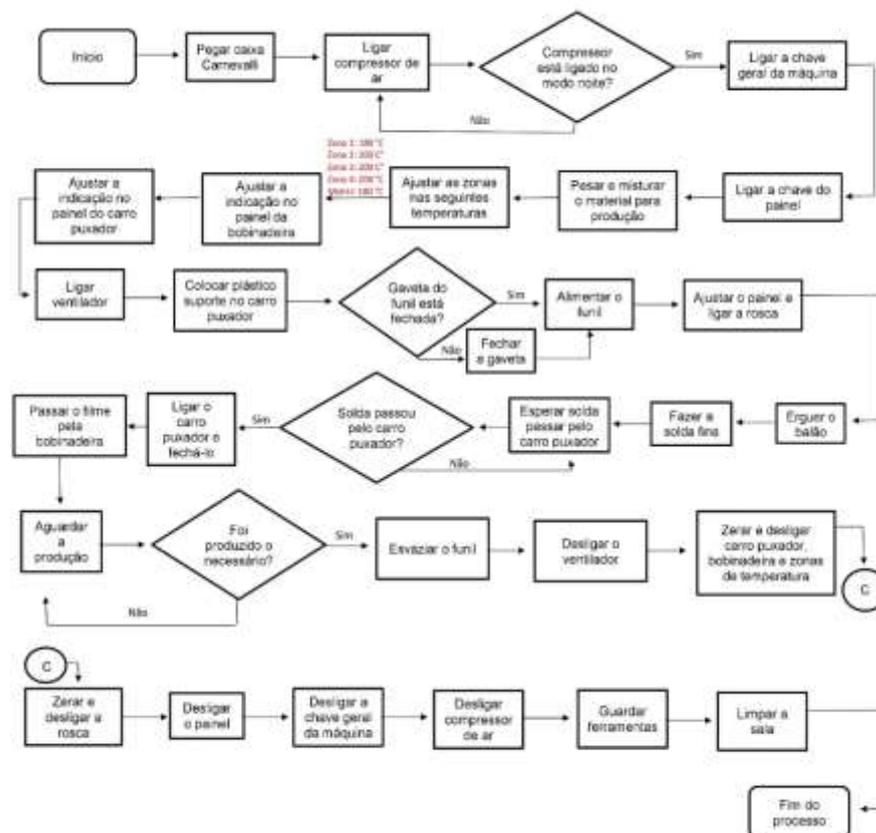


Figura 4 Fluxograma

3.1.2. Do (executar)

A produção ocorreu seguindo o pedido de produção, plano de ação e fluxograma apresentados. Foi utilizado ainda, para melhor controle do processo, uma folha de verificação com as variáveis e outra com as especificações dos parâmetros da produção.

BRAPOTEC										Data:			
Carta de Controle													
Processo de Extrusão Carnevalli													
Hora	Rosca Extrusora		Carro Puxador		Bobinadeira		Temperaturas					Espessura (µm)	Largura (cm)
	Motor	RPM	Motor	RPM	Motor	RPM	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5		

Figura 5 Folha de verificação variáveis

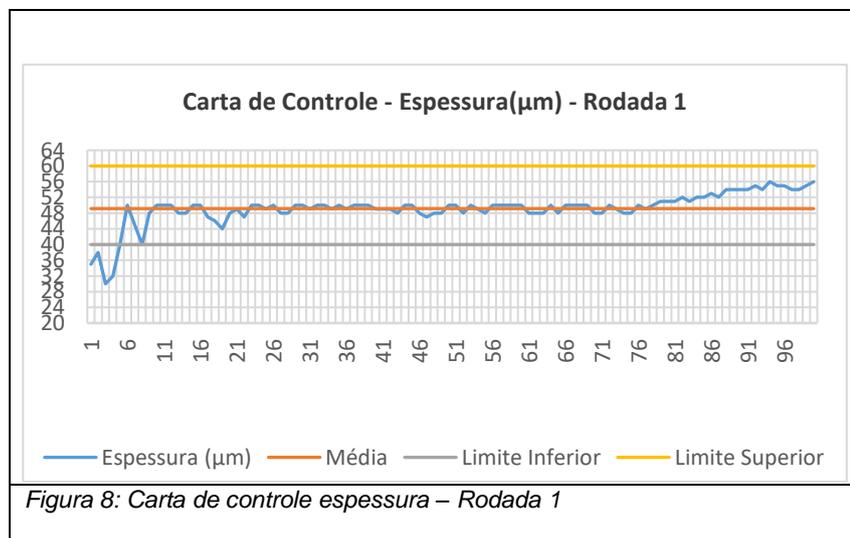
Horário	Largura (cm)	Espessura (micrômetro)	Horário	Largura (cm)	Espessura (micrômetro)
17:10	46	45	14:40	40	65
17:20	47	50	14:50	46	50
17:30	46	50	15:00	47	50
17:40	46	50	15:10	46	50
17:50	46	52	15:17	46	50

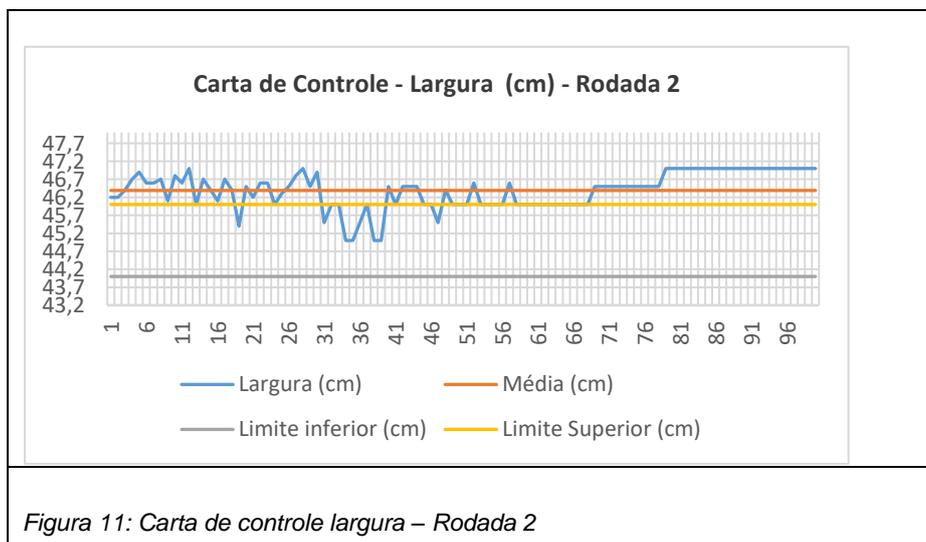
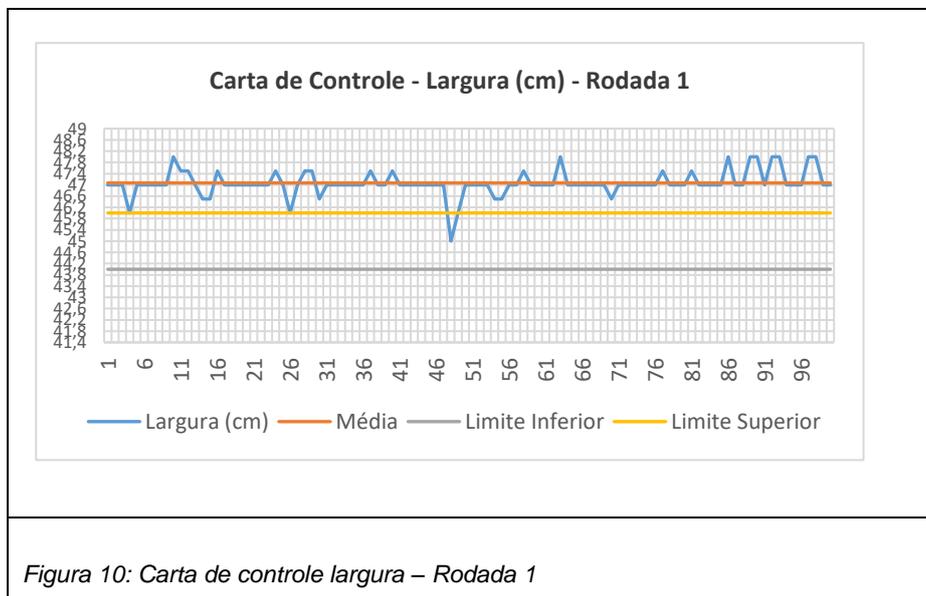
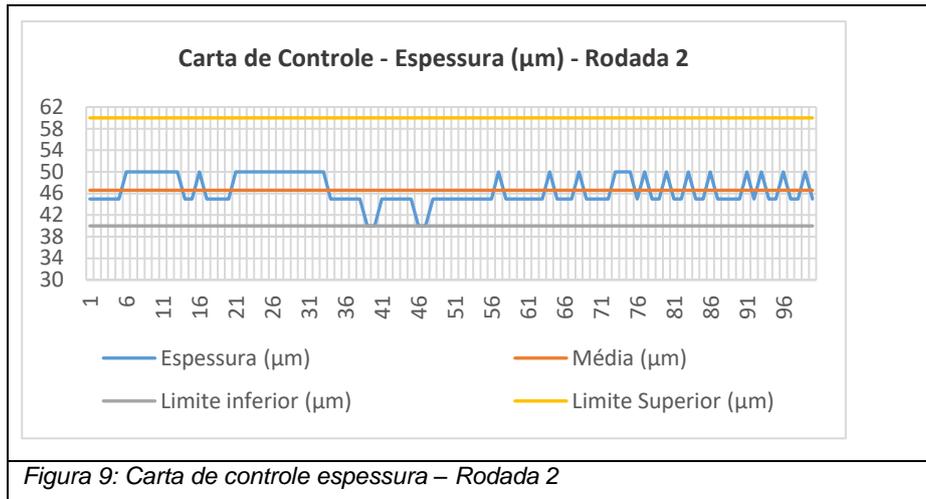
Figura 6 Folha de verificação de parâmetros Rodada 1

Figura 7 Folha de verificação de parâmetros Rodada

3.1.3. Check (verificar)

Após produção, a empresa realizou a etapa referente ao controle de qualidade de seu produto. Após a coleta de dados, os mesmos foram computados e para melhor análise, estão demonstrados na forma de cartas de controles, conforme mostram as Figuras 8,9,10 e 11.





Os gráficos apresentados nas figuras 8, 9, 10 e 11 demonstram a relação entre a espessura e largura do filme, em micrômetros e centímetros, respectivamente, sendo que as medições ocorreram a cada metro do seu comprimento. Analisando o gráfico presente na Figura 8, pode-se dividi-lo em três seções principais conforme a variação da espessura. As zonas seriam as seguintes faixas, referindo ao eixo “comprimento”:

Seção 1: 0 – 10	Seção 2: 11 – 78	Seção 3: 79 – 100
-----------------	------------------	-------------------

Pode-se classificar a zona 1 e 3 como momentos instáveis do processo. Nos momentos finais da produção ocorreu uma falha relacionada a alimentação da extrusora, assim, perdeu-se em parte o controle do processo, resultando na instabilidade do filme, conforme demonstra a seção 3. No entanto, o filme continuou dentro das especificações estipuladas.

Ao analisar a Figura 9, pode-se concluir que durante todo o processo, a espessura manteve-se muito próxima a média estipulada (50 μ m), sendo seu valor real 46 μ m. Apenas nos pontos 39, 40, 46 e 47, foi detectado que a espessura ficou no limite inferior. Portanto, não houve maiores problemas ou contrapontos que necessitassem de remediações no que tange a questão espessura. É possível notar que o processo não possui grandes momentos de instabilidade, principalmente nos últimos 15 minutos de produção, equivalente ao ponto 56 do eixo de comprimento do filme.

Contudo, pode-se afirmar que o comportamento do filme extrudado quanto á variável espessura se comportou bem e de forma semelhante nos dois ciclos da produção.

Ao analisar a Figura 10, nota-se que o pedido se encontra fora da especificação, extrapolando os limites da mesma. Apenas um único ponto está no valor desejado. Este evento ocorreu em função dos parâmetros não permitirem uma modificação bruta na largura do filme sem que a espessura fosse atingida igualmente, tendo em vista que um maior estiramento horizontal do filme (injeção de ar interno) acarreta em uma diminuição na espessura do mesmo.

Assim, optou-se por controlar a largura, mesmo que fora da zona de limites da especificação. Apesar de possuir picos de oscilação em toda a produção, pode-se constatar que a maior variância no processo ocorreu nos momentos finais, equivalente a faixa entre os pontos 84 e 100, resultantes do mesmo evento que ocorreu com espessura, em função do problema de alimentação, perdendo em partes o controle real das especificações.

Na Figura 11, a carta de controle referente a largura do filme demonstra que, apesar do filme estar sendo produzido e bobinando o processo encontra-se instável. Verificou-se que apenas cerca de 23% da produção estava dentro do limite de largura determinado pela ordem de produção. Os 77 metros, acabaram demonstrando resultados fora do limite adequado. A média de produção obtida foi de 46,2 cm, sendo 45 cm o desejado. Ainda que a média tenha ficado fora da especificação (no máximo 46 cm), 7 metros, dos 33 que atingiram a meta, ficaram bem próximos dos 45cm.

Tendo isso em vista, fica explícito que o problema enfrentado é o excesso de largura no filme. Contudo, pode-se concluir que o ciclo 2 apresentou uma melhoria com relação ao ciclo 1, visto que uma porcentagem maior do filme produzido teve seus resultados dentro dos limites aceitáveis do processo. Portanto, as tomadas de decisões realizadas na etapa A (agir), próxima etapa do PDCA, acabaram auxiliando na minimização dos desvios encontrados no ciclo 1, o que as torna, em parte, bem-sucedidas.

3.1.4. Act (agir)

Os colaboradores da empresa realizaram um *brainstorming* para levantar as potenciais causas que pudessem explicar o motivo pelo qual a meta não foi totalmente atingida. Após a realização desta ação, os resultados foram aplicados em um diagrama de causa e efeito (Figura 12 e 13).

No primeiro ciclo, considerando que a espessura estava dentro das especificações, foi realizado uma checagem apenas em relação a largura do filme. Uma das prováveis causas a ser destacada foi uma falha na comunicação uma vez que não foi utilizada a resina solicitada no pedido em virtude da ausência da mesma. Assim, foi utilizada uma blenda de PEAD BF 4810 e PEAD

SHE 150. No segundo ciclo o problema referente a largura persistiu, porém foram tomadas outras decisões, visto que as anteriores não resolveram totalmente o impasse.

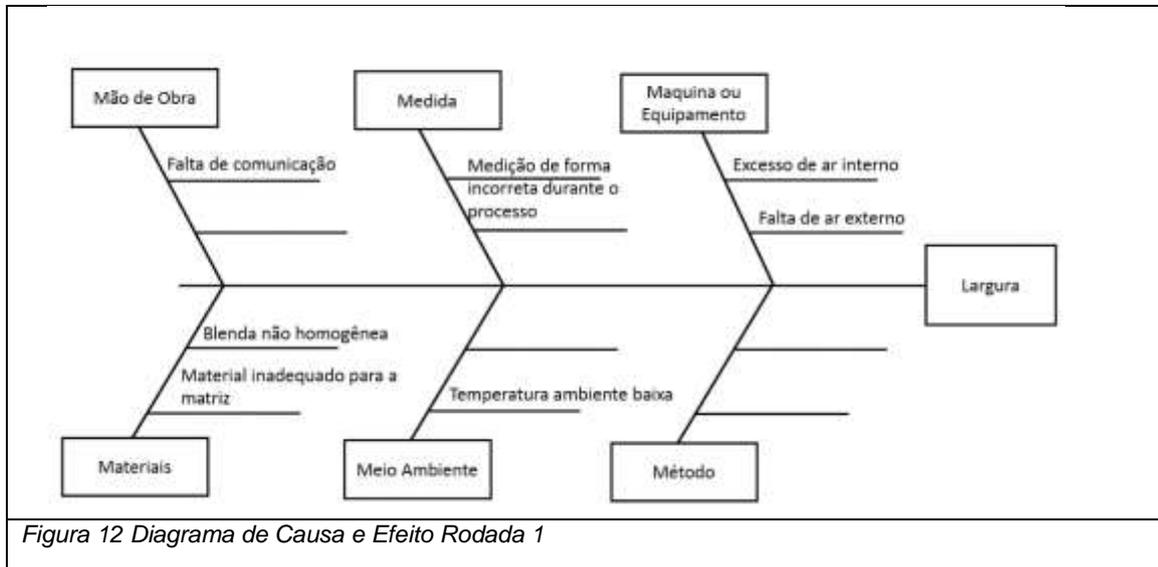


Figura 12 Diagrama de Causa e Efeito Rodada 1

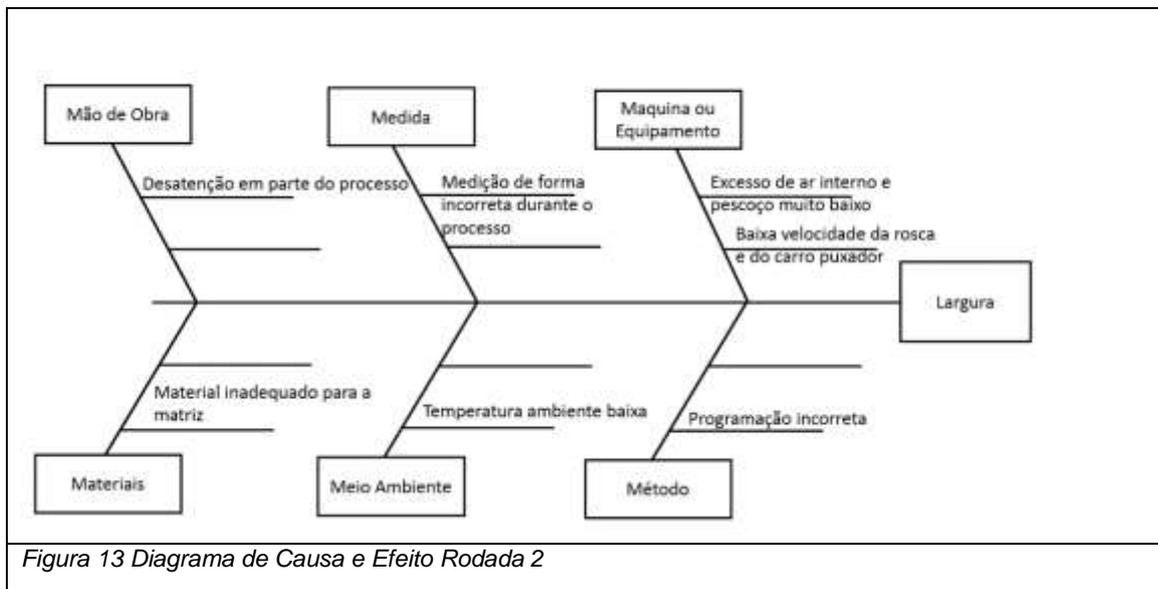


Figura 13 Diagrama de Causa e Efeito Rodada 2

Com base nestes dados, a empresa utilizou mais uma ferramenta de planejamento denominada: Matriz G.U.T, que visa auxiliar na identificação do problema que poderia vir a afetar de forma mais brusca a produtividade do processo.. A Matriz G.U.T desenvolvida pela equipe é apresentada nas Figuras 14 e 15.

Problemas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Excesso de ar interno	3	5	5	75
Falta de ar externo	4	5	4	80
Velocidade da rosca muito alta	3	4	4	48

Figura 14 Matriz G.U.T Rodada 1

Problemas	G	U	T	GUT
	Gravidade	Urgência	Tendência	
Velocidade do carro puxador baixa	4	5	4	80
Baixa velocidade da rosca	3	4	4	48
Altura de pescoço baixa	4	4	3	48
Excesso de ar interno	3	3	3	27

Figura 15 Matriz G.U.T Rodada 2

Na figura 14, referente ao primeiro ciclo, dentre os prováveis problemas levantados, os que acabaram obtendo um maior escore final foram: a falta de ar externo e o excesso de ar interno, respectivamente. A falta de ar externo foi o problema classificado para ser resolvido primeiramente, uma vez que o mesmo alcançou um escore igual a 80. O grupo concluiu que a falta do ar externo faz com que a RS (razão de sopro) fique alta, repercutindo numa largura final também alta.

Baseado nestas hipóteses, o grupo de colaboradores definiu que no próximo ciclo de produção, a empresa iria atuar em cima destas duas possíveis causas que geram maior impacto: falta de ar externo e excesso de ar interno.

Já no segundo ciclo, verificou-se que alguns problemas persistiram, no entanto, outras possíveis causas foram abordadas e atacadas na produção para que tais desvios fossem resolvidos. Primeiramente, a baixa velocidade do carro puxador foi o problema classificado para ser resolvido preferencialmente aos demais, pois afeta diretamente na largura do filme plástico, uma vez que quanto mais rápido for a velocidade do carro puxador, maior será o estiramento do filme e, portanto, menor será a razão de sopro e por consequência, menor será a largura do filme. Vale destacar que tal fato também, impacta na altura de

pescoço, fazendo com que esta última fique muito baixa podendo repercutir numa diminuição da resistência mecânica do filme extrudado.

No que diz respeito a baixa velocidade da rosca, este parâmetro, quando analisado individualmente, não impacta negativamente na largura, uma vez que quanto menos massa é direcionada para matriz, menos material disponível para distribuição e por consequência, um menor índice de largura. No entanto, esta variável foi levada em consideração pois ela impacta em outro parâmetro, no caso em questão, a baixa velocidade do carro puxador.

Portanto, foi definido que no segundo ciclo a equipe buscaria agir principalmente em razão de controlar a largura, monitorando a velocidade da rosca de maneira que o carro puxador acabasse impactando positivamente na busca da faixa de largura correta do filme. Assim, as rodadas do ciclo PDCA foram aplicadas e nota-se que os resultados obtidos no segundo ciclo foram melhores quando comparados, provando a eficiência do método.

4. CONCLUSÃO

Diante dos resultados levantados e melhorias implementadas nos dois ciclos planejados, a empresa BRAPOTEC realizou um *brainstorming* acerca do comparativo entre estas duas produções, abordando pontos considerados positivos e negativos e questões a serem aprimoradas ao longo de uma potencial terceira produção. Os resultados obtidos estão listados a seguir:

Quantidade de material: Foi usada uma menor quantidade no segundo ciclo devido a uma maior agilidade na estabilização do processo, sendo este um ponto positivo uma vez que colabora para a economia na empresa devido a diminuição de desperdício de material.

Problema na altura de pescoço: Este problema é causado pelo ar externo e se manteve durante os dois ciclos, ocasionando problemas no processo. Desta maneira, trata-se de um ponto crítico a ser melhorado e padronizado para um possível terceiro ciclo.

Largura do filme acima do definido: O principal responsável por este evento é o parâmetro correspondente ao ar interno inserido no balão, uma vez

que age de maneira muito rápida e após inflado, essa ação não é revertida a não ser que o mesmo seja furado.

Após os ciclos realizados, a empresa observou que para estabilizar a produção torna-se necessário modificar mais de um parâmetro da máquina a fim de mudar uma única variável. Portanto, no caso de um terceiro ciclo seria necessário trabalhar mais na altura de pescoço, modificando também o método de trabalho da empresa que definiu que após mudar uma variável irá esperar até ela causar efeito no processo.

O pedido de produção, o plano de ação e o fluxograma utilizados para o planejamento de um possível terceiro ciclo seriam os mesmos aplicados na segunda produção.

Ao longo da aplicação da metodologia proposta, foi possível observar que o processo produtivo da cadeia do plástico conta com diversas variáveis que devem ser observadas, uma vez que influenciam significativamente na conformidade dos produtos. Tais variáveis estão intrinsecamente relacionadas aos parâmetros de máquina ajustados ao longo do processo realizado pela empresa.

Através das análises desenvolvidas pelas ferramentas da qualidade utilizadas, a empresa pôde elaborar e planejar novamente seus métodos de produção, demonstrando processos otimizados em relação aos anteriores. No entanto, foi observado que, ao longo do procedimento, houve mais interferências provenientes de maquinário antigo e obsoleto do que falha humana ou da aplicação de métodos de produção por parte dos operadores.

Contudo, por meio do advento do relatório, a empresa foi capaz de desenvolver uma melhor capacidade de tomada de decisões frente aos problemas ocorridos durante os processos produtivos, bem como a capacidade de se adequar a diferentes desafios frente a infraestrutura disponível, além de aprimorar conhecimentos acerca do gerenciamento de processos.

REFERÊNCIAS

- 1 CONSULTORIA EMPRESARIAL, Magis. Ciclo PDCA: Conceito e Aplicação. 2016. Disponível em:
<<https://magisconsultoriaempresarial.wordpress.com/2016/02/26/ciclo-pdca-conceito-e-aplicacao/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- 2 COUTINHO, Thiago. Projeto Builder: Ciclo PDCA: uma ferramenta imprescindível ao gerente de projetos! 2017. Disponível em:
<<https://www.projectbuilder.com.br/blog/ciclo-pdca-uma-ferramenta-imprescindivel-ao-gerente-de-projetos/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- 3 MANO, Eloisa Biasotto; MENDES, Luís Cláudio. Introdução a polímeros. 2ª. ed. São Paulo: Blücher, 1999. 191 p
- 4 JR., Sebastião. Ciência dos polímeros: Um texto básico para tecnólogos e engenheiros. 3ª. Ed. São Paulo: Artliber, 2010. 275 p.
- 5 PROCESSAMENTO DE POLÍMEROS – ENGENHARIA MECÂNICA. Disponível em:
<http://qacademico.ifsul.edu.br/UPLOADS/MATERIAIS_AULAS/321573-Moldagem_por_Inje%C3%A7%C3%A3o_Parte_1.pdf>. Acesso em 21 nov. 2018.
- 6 MOROSSINI, Maria Julia Silva. Carta de Controle para Variável [7 Ferramentas da Qualidade]. Disponível em:
<<https://www.harbor.com.br/harbor-blog/2016/11/09/carta-controle-variavel/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.
- 7 NUNES, Hayrton. Ferramenta da qualidade: GUT (Gravidade, Urgência, Tendência). Disponível em:
<<https://qualidadeonline.wordpress.com/2010/05/28/ferramenta-da-qualidade-gut-gravidade-urgencia-tendencia/>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

APLICAÇÃO DO MÉTODO PDCA NA PRODUÇÃO DE PEÇAS

Becker, G. K.¹

Abreu, J. L.²

Pletsch, L. M.³

Zortea, R. B.⁴

¹ Graduando, Gabriel Kempfer Becker, IFSUL, gabrielkempferbecker@gmail.com.

² Graduanda, Jaqueline Lilge Abreu, UNISINOS, jaquelinelilgeabreu@outlook.com.

³ Graduanda, Lauany Machado Pletsch, UFRGS, lauanypletsch@gmail.com.

⁴ Doutor, Rafael Batista Zortea, IFSUL, rafael@sapucaia.ifsul.edu.br.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Este trabalho tem o objetivo de apresentar a utilização de ferramentas da qualidade com foco na aplicação de um PDCA no maquinário disponível de uma instituição de ensino, com foco na produção de peças plásticas injetadas. A justificativa para este estudo foi delineada por meio da necessidade de inserção destas ferramentas para melhorias nos processos produtivos, para que desta forma, menos recursos sejam utilizados para um produto de melhor qualidade. Para o desenvolvimento do mesmo, a máquina injetora de plásticos operada foi a ROMI 150, os materiais e métodos utilizados foram as ferramentas de medição e de qualidade. A matéria prima utilizada foi o polietileno (PE). Nos resultados e discussões é possível explorar o comportamento da produção através dos dados coletados, por meio disso constata-se que com a análise dos resultados da primeira produção, as intervenções executadas para efetuar melhorias foram bem-sucedidas na segunda produção, onde obteve as peças dentro das especificações propostas. Conclui-se, assim, que o método utilizado atende às necessidades do processo por ser versátil e obter resultados concretos, visto que na primeira produção nenhuma peça esteve dentro das especificações, enquanto na segunda todas atenderam. Porém, por se tratar de um procedimento de melhoria contínua indica-se a utilização constante do mesmo.

Palavras-chave: PDCA; Qualidade; Injeção.

PDCA APPLICATION IN PRODUCTION OF INJECTED PARTS

Abstract

This work has as objective to present the utilization of quality tools focusing on PDCA application at machinery available in an educational institution, with the intention to assess production of injected plastic pieces. The justification for this study was outlined by the necessity for insertion of these tools with the aim to improve the final quality of products made in this process. Therefore, follow a lean manufacturing approach was used for a better quality product. In this way, the injection plastic machine operated was ROMI 150, materials and methods used were measurement and quality tools. The raw material used was polyethylene (PE). On results and discussions were possible to explore the behavior of the production through of collected data, thereby it appears that with analysis of the first production resulted in interventions executed to make improvements. This one have reached it

expectations on the second production, which showed up better results: pieces within the proposed specifications. It concludes the used method attends the process, for being versatile and reach reliable results. Since in the first production any injected part were within the proposed specification, while in the second one all parts were within specification. However, because it is a procedure of continuous improvement, it indicates the permanent use of it.

Key words: PDCA; Quality; Injection.

1. INTRODUÇÃO

Em uma era onde a procura pelo equilíbrio ambiental e tecnológico vem crescendo cada vez mais, nota-se a necessidade da criação e inserção de novas empresas no mercado com objetivos com alta produtividade e compromisso com qualidade. Com esse pensamento em mente, foi criada uma simulação de empresa, denominada PECO - Plásticos Ecológicos Ltda.

A intenção desta simulação foi de aplicar as ferramentas da qualidade, com foco no PDCA, no maquinário disponível em nossa instituição, a serem operados pelos formandos do curso técnico integrado em plásticos. As produções tinham como foco a maior qualidade das peças produzidas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Na realização do trabalho, foi utilizado as ferramentas da qualidade necessárias para realizar o ciclo do PDCA, aprendidas durante o Curso Técnico em Plásticos, tais como o 5W2H, o brainstorming, o diagrama de Ishikawa, o Kaizen, as cartas de controle e folhas de verificação. Também foi utilizado materiais de medição como o paquímetro de 150 milímetros da marca INSIZE com resolução 0,05mm e a balança Marte, modelo AS 5500, com resolução de 0,01g.

Para a produção foi utilizada a máquina ROMI 150R Primax ControlMaster 4, que possui uma rosca 32 milímetros de diâmetro e uma longitude de 20 L/D. A máquina contém um sistema de fechamento de 150 toneladas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Primeira Produção

3.1.1 Planejamento (plan)

O planejamento para a produção dos espelhos de tomada foi realizado a partir do pedido de produção representado na figura 1.

Máquina	Produto	Pedido	Resina	Pigmento	Comprimento
ROMI 150	Espelho de Tomada	6 Sacos com 18 peças	8kg de PEAD	Sem pigmento	90,5 +/- 0,6

Figura 1: Pedido de produção da 1ª produção na ROMI 150. Fonte: Autores

Para a realização da mesma, a empresa utilizou o método do formulário de produção de autoria própria, criado com base nas ferramentas da qualidade 5W2H, folha de verificação e estratificação para dispor seus colaboradores em seus cargos. Anexo I.

3.1.2 Fazer (Do)

A produção ocorreu no dia 2 de maio de 2018, com início às 13h35min e final às 14h56min, utilizando a máquina injetora ROMI 150. Os parâmetros utilizados nesta corrida foram: dosagem regulada em 68cm, pressão de injeção em 90 bar, pressão de recalque em 30 bar e tempo de ciclo de 22s. A máquina foi alimentada com 8kg do material PEAD FEAO15, sendo que 2,5kg deste material foram utilizados para fazer a purga (limpeza) da injetora, que se encontrava suja com material pigmentado, porém esse valor foi repostado por material virgem após a limpeza.

A cada 15 minutos de produção foram realizadas avaliações técnicas dos parâmetros da máquina. Às 14h15min, o grupo percebeu a necessidade de aumentar o tempo de molde fechado para evitar empenamentos nas peças, gerando um aumento de 8s no tempo de ciclo. Em cada ciclo, uma unidade com 6 cavidades (espelho de tomadas) era produzida, cada peça foi identificada devidamente e separada em sacos de acordo com a cavidade, até ser completada a produção de 420 tomadas dispostas em 7 sacos.

3.1.3 Checar (Check)

Para que possíveis tensões residuais, que podem causar contrações e empenamentos dentro de um intervalo de dois dias após a produção, atuassem sobre a peça, o grupo esperou 48h para começar o controle de qualidade do produto final. Primeiramente foi analisado as variáveis do comprimento, largura, diâmetro e massa, no entanto, nesse artigo é avaliado somente a variável do comprimento.

A partir da análise visual e dimensional, foi possível concluir que a peça sofreu o efeito do empenamento durante o período de resfriamento, causando uma série de contrações que afetaram o comprimento e as demais medidas analisadas do produto. A falta de método de medição também contribuiu para a variação neste quesito, pois, alguns dos responsáveis mediam em lugares que receberam maior interferência do empenamento, enquanto outros integrantes mediam em lugares que sofreram menos interferência do empenamento. Tais contrações ocasionaram em uma variabilidade considerável no comprimento da peça, como podemos ver na carta de controle referente a cavidade A (figura 2).

A partir da análise do histograma da cavidade A, representado na figura 3, é visto que nenhuma das peças ficou dentro das especificações estabelecidas no pedido de produção. No entanto, a curva de distribuição está aceitável.

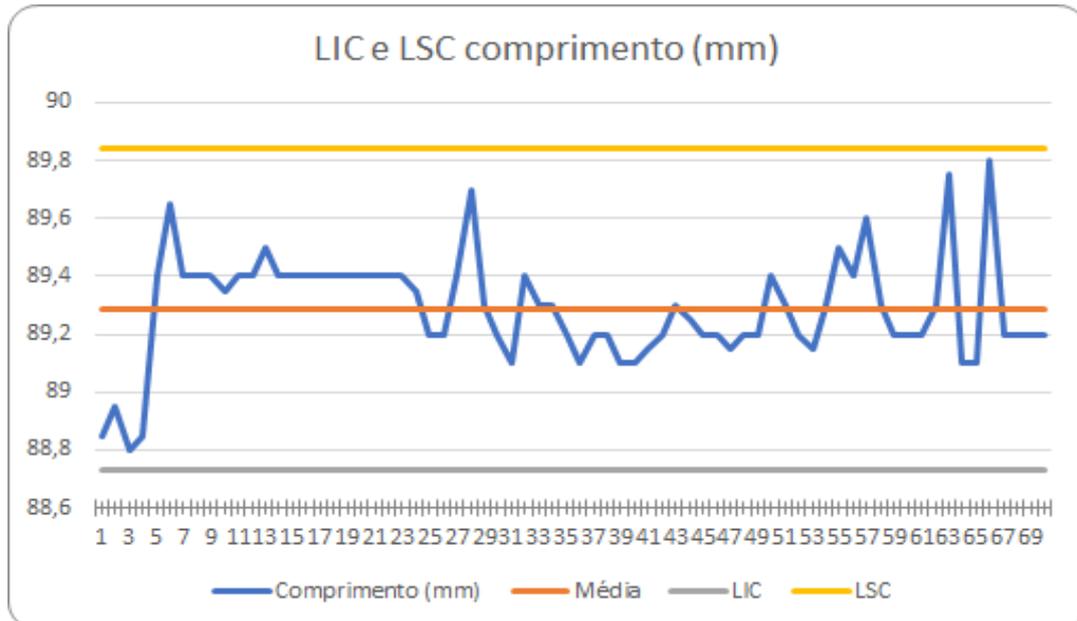


Figura 2: Carta de controle de comprimento da cavidade A da 1ª produção na ROMI 150.
 Fonte: Autores

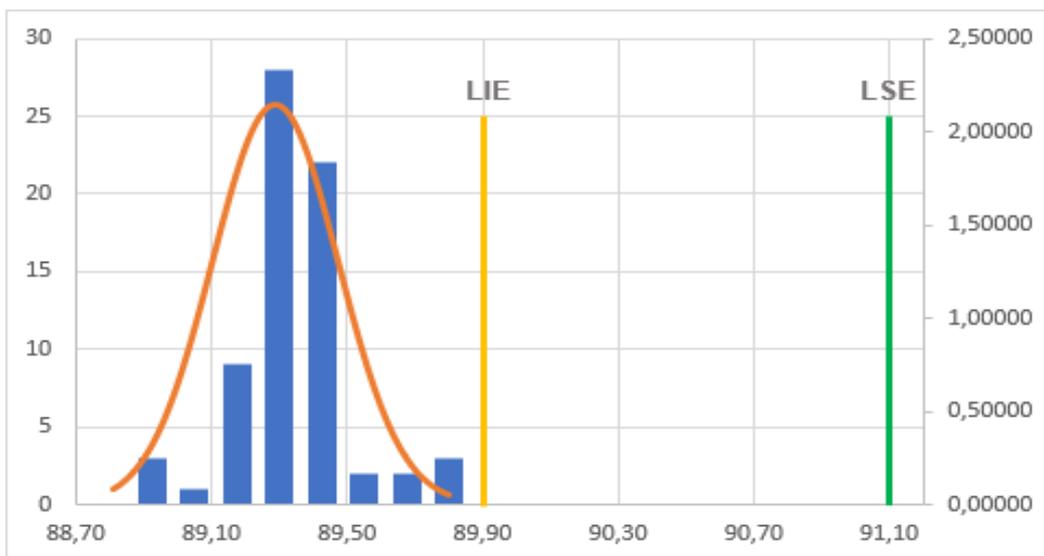


Figura 3: Histograma de comprimento da cavidade A da 1ª produção na ROMI 150.
 Fonte: Autores.

Na análise do Cp e Cpk do produto injetado concluiu-se que o, seu Cp foi aceitável nas cavidades A, C, D e E. Na cavidade B foi incapaz e na F foi classificado como capaz. Essa variação entre uma cavidade e outra é decorrente da falta de método para medição e o empenamento que afetou as peças em diferentes níveis. Como consequência da variabilidade do Cp, o Cpk do comprimento também obteve valores baixos.

A PECO concluiu que esta produção obteve 100% de eficácia, pois todas as 420 peças foram produzidas sem nenhuma interferência inesperada durante a produção. Porém, o processo não obteve a devida eficiência, visto que nenhuma peça atendeu 100% de todas as especificações exigidas simultaneamente.

3.1.4 Agir (Act)

A fase de agir do PDCA teve início a partir de um brainstorming direcionado para um diagrama de Ishikawa e realizado com os 8 integrantes do grupo durante 20 minutos, onde foram identificados possíveis problemas que ocorreram durante o processo e afetaram o resultado final do comprimento das peças. Com as possíveis causas apontadas no brainstorming, a empresa gerou o Diagrama de Ishikawa abaixo (figura 4).

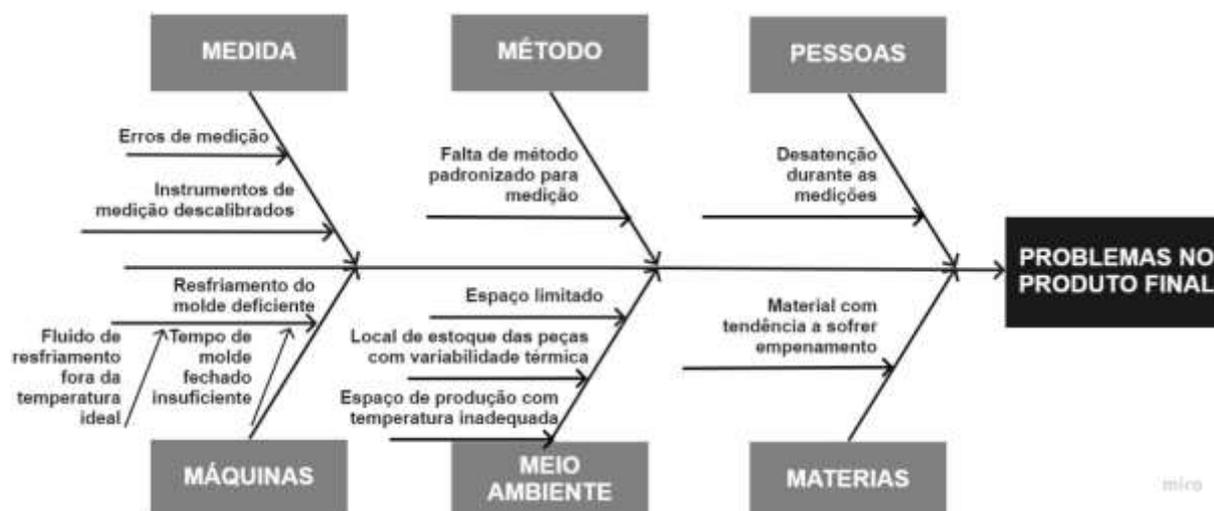


Figura 4: Diagrama de Ishikawa da 1ª produção na ROMI 150. Fonte: Autores.

A primeira alteração feita pela empresa foi aumentar o tempo de resfriamento das peças para evitar o processo de empenamento, visto que o mesmo ocorre devido a diferentes pontos de calor existentes em uma mesma superfície, e o aumento de tempo acarretaria em uma distribuição de calor mais homogênea. A mudança neste mesmo parâmetro, também solucionaria o problema de contração excessiva das peças, já que as mesmas sairiam mais resfriadas evitando os choques térmicos.

A equipe também formulou um método para coleta de dados mais completa. Também foi desenvolvido um método padrão para realizar as medições, incluindo o ponto correto a ser medido e ao modo de manuseio do colaborador.

Em relação ao pouco espaço no laboratório de injeção e por fugir das variáveis que podiam ser trabalhadas, não foi contemplado pela empresa a alteração no layout. Este problema não tem solução total, no entanto, seguindo a filosofia do método Kaizen trata-se de uma responsabilidade que passa por toda a hierarquia do grupo e, principalmente, dos auxiliares aperfeiçoarem o espaço disponível, melhorando assim o processo de trabalho. A implementação do método Kaizen tem a potencialidade de trazer diversos benefícios ao processo produtivo, como a redução de gastos e desperdícios, aumento da produtividade, melhora na qualidade dos produtos, maior integração e comprometimento dos funcionários e melhoria nos processos de trabalho.

Além disso, mais ferramentas de apoio de produção, como canetas atômicas, potes usados na alimentação dos funis, escadas e tesouras, foram adquiridas antecipadamente à produção.

3.2 Segunda Produção

3.2.1 Planejamento (Plan)

O planejamento da segunda produção foi realizado e baseado a partir dos problemas e das possíveis soluções apontadas na primeira produção, assim como, o pedido de produção (figura 5), que se manteve o mesmo da primeira produção. Assim como na produção anterior, foi utilizado um formulário de autoria própria para dispor os integrantes em funções específicas.

Máquina	Produto	Pedido	Resina	Pigmento	Comprimento
ROMI 150	Espelho de Tomada	6 Sacos com 18 peças	8kg de PEAD	Sem pigmento	90,5 +/- 0,6

Figura 5: Pedido de produção da 1ª produção na ROMI 150. Fonte: Autores

3.2.2 Fazer (Do)

A produção ocorreu no dia 13 de novembro de 2018, com início às 16h10min e final às 16h48min, utilizando a máquina injetora ROMI 150. Durante a pré-produção, o responsável pelo controle de qualidade, junto com os auxiliares gerais, organizaram o ambiente para um bom fluxo de trabalho, distribuindo seis sacos identificados com as letras A, B, C, D, E e F, a fim de catalogar as peças conforme sua posição na cavidade do molde e, um sétimo saco para o descarte dos canais de injeção e possíveis refugos.

A injetora foi inicialmente programada com os seguintes parâmetros: dosagem 68cm, pressão de injeção 30bar, pressão de recalque 30bar e tempo de ciclo total 100s. Em comparação com a primeira produção, o tempo de ciclo aumentou 70s, pois, o *chiller*¹ da injetora não estava funcionando e a equipe buscou garantir que as peças não iriam sofrer o empenamento novamente. Durante a largada da máquina, a pressão de injeção foi aumentada gradativamente para 90bar, pressão que garantiu o total preenchimento do molde. A figura 6 compara a configuração inicial das duas produções

Parâmetros	Dosagem	Pressão de Injeção	Pressão de Recalque	Tempo de ciclo
Produção 1	68cm	90bar	30bar	22s
Produção 2	68cm	90bar	30bar	100s

Figura 6: Parâmetros de produção das produções na ROMI 150. Fonte: Autores.

Diferente da primeira produção, o grupo fez o controle das variáveis das peças a cada 6 ciclos. Com essa melhoria no processo foi possível identificar durante a produção que as peças estavam dentro das especificações do comprimento, mas havia a formação de rebarbas, problema resolvido diminuindo a pressão de injeção para 60 bar.

3.2.3 Checar (Check)

Assim como na primeira produção, o grupo aguardou 48h para realizar as avaliações dimensionais. A partir da análise visual e dimensional referente ao comprimento, verificou-se que a implementação da melhoria em relação ao resfriamento do molde foi efetiva, evitando o defeito de empenamento ocorrido na primeira produção. Também foi possível verificar a efetividade do método de medição.

Analisando o histograma da produção, o comprimento das peças produzidas, o produto final obteve uma grande melhora comparada a primeira, como mostrado no histograma referente a cavidade A (figura 8). Verifica-se também, que todas as peças estão dentro dos limites estabelecido com uma curva de distribuição ideal, no entanto, as amostras não estão centralizadas no intervalo, e sim mais próximas ao limite inferior. A carta de controle referente a cavidade A da segunda produção (figura 7) mostra que o comprimento das peças diminuiu gradativamente ao longo do processo.

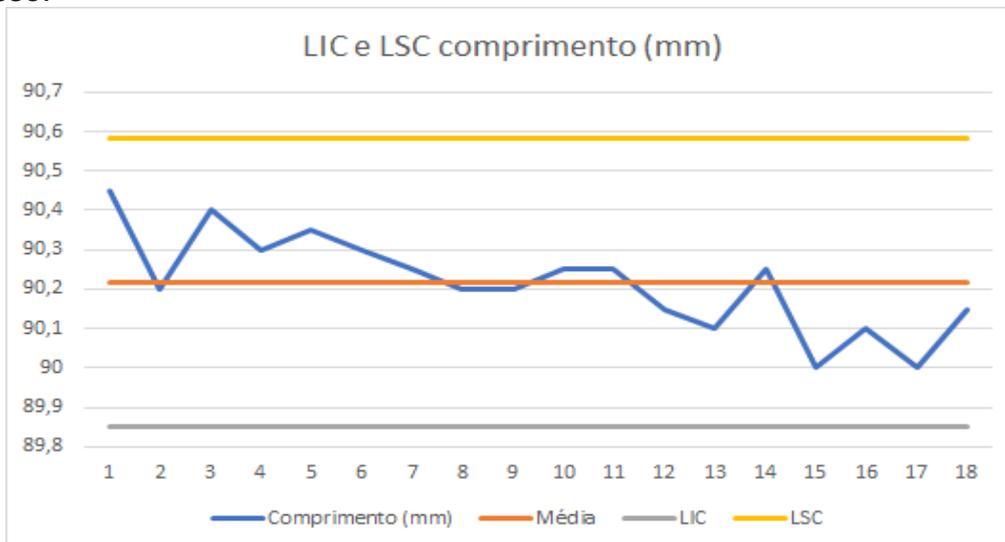


Figura 7: Carta de controle de comprimento da cavidade A da 2ª produção na ROMI 150. Fonte: Autores.

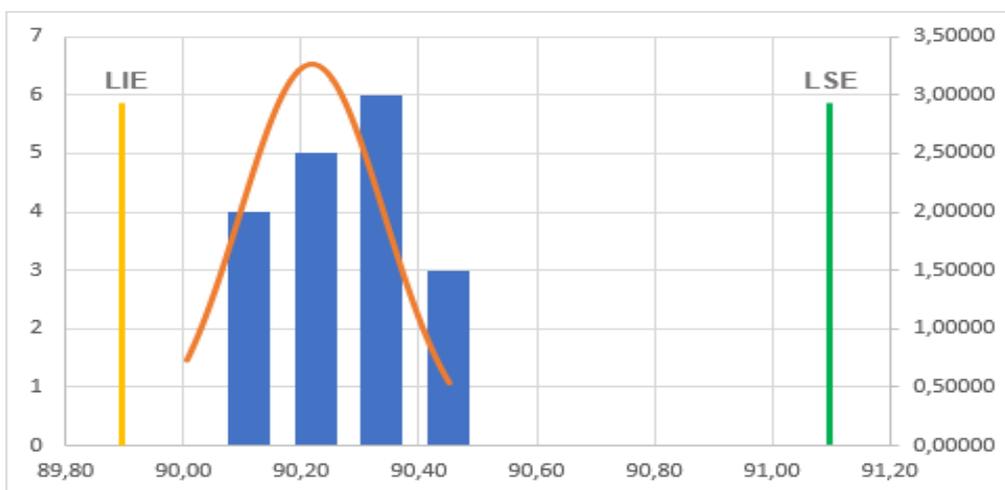


Figura 8: Histograma de comprimento da cavidade A da 2ª produção na ROMI 150. Fonte: Autores.

Concluiu-se que esta produção obteve 100% de eficácia e eficiência, pois todas as 108 peças, foram produzidas sem nenhuma interferência inesperada durante a produção e terminaram dentro dos limites estabelecidos de comprimento.

Quanto a análise do C_p e C_{pk} , seu valor de C_p também mostrou que o processo se manteve estável durante todo tempo, sendo considerado capaz em todas as cavidades. Agora sobre o C_{pk} , os valores abaixo foram das cavidades A, B, C e E, pois as medidas do comprimento não estavam centralizados no intervalo.

3.2.4 Agir (Act)

Por mais que o produto esteja dentro das especificações inicialmente estabelecidas, o PDCA trata-se de uma melhoria contínua, e todo o processo pode ser otimizado. Por isso, o grupo seguiu os mesmos procedimentos iniciais da primeira produção, foi realizado mais uma vez um brainstorming tendo como referência o diagrama de Ishikawa para apontar os potenciais problemas e montado o diagrama de Ishikawa (figura 9), com foco em centralizar as medidas do comprimento dentro das especificações.

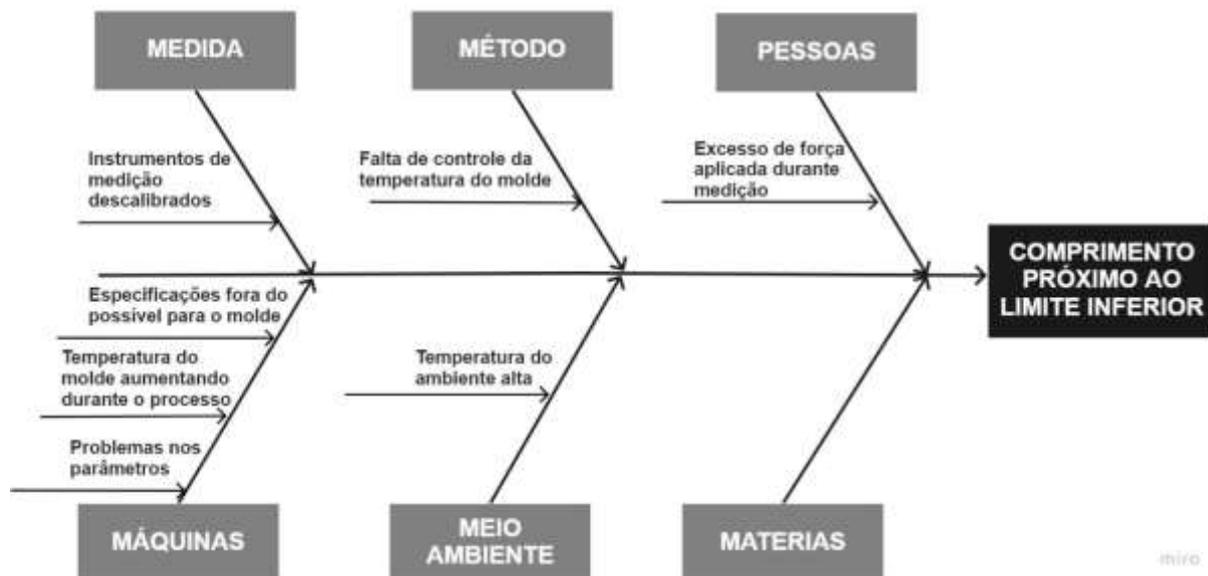


Figura 4: Diagrama de Ishikawa da 2ª produção na ROMI 150. Fonte: Autores.

Analisando as cartas de controle, a PECO percebeu que no início do processo as peças estavam centralizadas no gráfico, no entanto, ocorreu uma redução gradativa do comprimento das peças injetadas. Com isso, bastaria aplicar as mesmas condições que obtiveram as melhores peças. A partir dessa ideia central, foi estudado as variáveis que mudaram ao longo do processo. No relatório da produção consta que a pressão de injeção foi reduzida de 90bar para 60bar. Para a próxima produção, o grupo sugere inicialmente testar o comprimento das peças, para isso, o responsável iria isolar a variável da pressão, e iria analisar se as mudanças nesse parâmetro afetam o comprimento da peça.

Também seria testado o comportamento da peça aumentando a pressão de recalque, o tempo de recalque e o colchão, esses parâmetros compensam possíveis contrações que ocorrem durante o resfriamento no molde.

A variação da temperatura do molde também poderia ser uma causa para a diminuição gradativa do comprimento. Como o *chiller* não estava funcionando no dia da produção, não era possível manter uma temperatura constante no molde, uma

vez que a resina plástica entra nos canais do molde a cerca de 200°C, acontecendo o aquecimento do molde sem ter um fluido gelado para resfriá-lo novamente, o que leva a um resfriamento menos homogêneo da peça, condição que causa contrações. Também vale lembrar que quando a peça sai com uma temperatura elevada do molde, ela fica mais suscetível a sofrer o efeito do empenamento.

A empresa também não desconsidera outras possibilidades, como o excesso de força dos responsáveis pelas medições, podendo fazer com que as medidas variem dependendo da força de quem realiza a ação. Para resolver essa possível causa, seria realizado um treinamento entre os responsáveis pelas medições.

A partir das cartas de controle, é concludente que o molde é sim capaz de produzir as peças com as medidas no centro do intervalo. Os instrumentos de medição serão novamente revisados para averiguar a calibração.

O conserto do chiller é a principal prioridade para a próxima produção, visto que, além de ser de suma importância para o processo, é economicamente inviável trabalhar com o tempo de ciclo em 100 segundos e sem a devida manutenção da temperatura do molde, sendo então a mais provável causa para a diminuição do comprimento da peça ao longo da produção. Para o seu reparo, será comunicado os responsáveis pela manutenção e, caso necessário, adquirido um novo equipamento.

CONCLUSÃO

Tendo em vista os aspectos observados nos processos produtivos, analisando as cartas de controle da variável comprimento dos espelhos de tomada produzidos na injetora ROMI 150, pode-se perceber através da redução da margem, que é o valor limite para mais e para menos da média, que o processo manteve-se com maior estabilidade. Tal mudança no processo na segunda produção foi possível através da implementação de iniciativas que possibilitaram um maior controle ao longo do planejamento, execução e análise da fabricação dos materiais.

Durante o planejamento da segunda produção pôde-se levar em conta as observações relatadas na etapa Agir do PDCA, onde concluiu-se de imediato a necessidade do aumento do tempo de resfriamento das peças para conter o empenamento das peças. Além das alterações dos parâmetros da máquina, observou-se que a utilização de um método para a otimização do processo seria essencial para alcançar os requisitos especificados, este método indicado foi confeccionado com o auxílio de ferramentas da qualidade que permitiriam através de sua versatilidade o aumento da eficiência no processo.

Executando as mudanças relacionadas pelo grupo, pode-se perceber que a disciplina ao seguir o planejamento foi importante para que o processo fosse sendo analisado durante a produção, onde ainda pode-se diminuir a pressão de injeção para não haver rebarbas do produto, o que gera um retrabalho para cortá-las. Tais cuidados auxiliaram no aumento da padronização dos mesmos.

Para a análise, a parte do método que foi destinada a padronização da medição auxiliou para que os dados fossem coletados da mesma forma e no mesmo local do produto, eliminando assim, possíveis erros de medição que poderiam afetar a análise. Com a coleta de dados sendo feita de maneira adequada, concluiu-se que o método utilizado atendeu às necessidades do processo, pois os resultados obtidos na segunda produção mantiveram-se dentro das especificações.

Desta forma, mesmo com a melhoria apresentada, processos produtivos encontram-se suscetíveis a alterações, assim, indica-se a utilização de um procedimento de melhoria contínua.

Acima de tudo, o grupo aprendeu que mesmo querendo um processo perfeito, é necessário possuir a consciência de que a base de uma empresa são pessoas, que não são e não tem a obrigação de serem perfeitas, logo deve-se desenvolver e praticar valores como empatia, paciência, respeito, saber ouvir e realizar críticas de forma construtiva. Mantendo assim um clima amigável para garantir o bom funcionamento do trabalho.

Com isso, concluiu-se que este trabalho, além de agregar conhecimento relacionado às práticas que podem ser adotadas para resolver discrepâncias em dados de acordo com as suas especificações, também auxiliou no desenvolvimento de raciocínio lógico para a resolução de problemas práticos, o que é essencial na indústria do plástico.

Agradecimentos

Agradecemos aos colegas Alice da Silva, Bruno Benetti, Paola de Camargo, Stephanie Guedes e Yuri da Silva, pelo o auxílio técnico durante o trabalho. Agradecemos também ao IFSUL – Campus Sapucaia do Sul por disponibilizar seus equipamentos e espaços para realização do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 CAUCHICK, Paulo Augusto. Ferramentas da qualidade: Folha de verificação. In: CAUCHICK, Paulo Augusto. **Qualidade: Enfoques e ferramentas**. 1. ed. São Paulo: Artliber Editora Ltda., 2006. cap. 6, p. 147-148. v. 1. Z.Y. Liua, N.H. Loha,
- 2 RIBEIRO, José Luis Duarte; CATEN, Carla Schwengber Ten. Série monográfica Qualidade Controle Estatístico do Processo. FEENG/UFRGS, Porto Alegre, RS, v. 1, n. 1, p. 172, dez. 2012.169 Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/388_apostilacep_2012.pdf>. Acesso em: 22 out. 2018.
- 3 CHIAVENATO, Idalberto. **Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações**. 1ª Edição. ed. [S.l.]: Editora Manole, 2002. 512 p. SIGNIFICADO de Estrutura organizacional. 1ª Edição. 2016. Disponível em: <<https://www.significados.com.br/estrutura-organizacional/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.
- 4 DE OLIVEIRA, Camila Cardoso et al. **Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio**. 1ª Edição. ed. São Paulo: [s.n.], 2013. 76 p. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-carta-controle_ial_2013.pdf>. Acesso em: 18 out. 2018.

ANEXOS

ANEXO A – Formulário de Produção:



Formulário de Produção Nº _

Máquina: _____

Data: _____

Objetivo: _____

Material: _____

Quantidade*: _____

Início: _____ Fim: _____

Meta atingida? Sim () Não* ()

Variáveis de Controle							
Massa (g)	Tolerância	Comprimento (mm)	Tolerância	Largura (mm)	Tolerância	Diâmetro maior (mm)	Tolerância
13,39	-/+ 0,292	90,5mm	-/+ 0,6	55,0	-/+ 0,6	43,4	-/+ 0,08

Normas de colaboração:

- 1- Qualquer alteração durante o processo deve ser avisada ao supervisor para ser feitas as anotações no relatório;
- 2- Qualquer dúvida deve ser perguntada ao supervisor para o mesmo tomar as providências;
- 3- Todos os membros do grupo devem estar com os EPIS;
- 4- Outras tarefas poderão ser acrescentadas no processo, caso seja necessário;
- 5- Somos uma empresa com foco na sustentabilidade, então devemos evitar desperdícios;
- 6- Todos os integrantes devem estar às 13h e 15min, na frente dos laboratórios, com os EPIS;

Distribuição de Cargos:

Cargo	Colaborador

1º Passo – Pré-Produção		
Função	Tarefa	Observações

2º Passo – Produção		
Função	Tarefa	Observações

3º Passo – Pós-Produção		
Função	Tarefa	Observações

Distribuição de Tarefas:

Informações que devem constar no relatório:

Data (no cabeçalho);
Máquina (no cabeçalho);
Objetivo (no cabeçalho);
Número da rodada (no título);
Professor presente;
Horário do início da produção (no cabeçalho);
Horário do fim da produção (no cabeçalho);
Anotar os cargos (na tabela);
Temperaturas com horário de verificação;
RPM, tempo de ciclo, entre outros parâmetros;
Material e quantidade (no cabeçalho);
Ferramentas de medição (qual tipo, resolução, etc)
Rotina da produção;
Mudanças e problemas que ocorreram durante a produção;
Meta atingida? (no cabeçalho).

*Especificar quanto de material foi desperdiçado, quanto foi realmente usado e, se sobrar, quanto sobrou.

*Explicar o porquê do não atingimento da meta na conclusão do relatório.

SISTEMA DE AQUECIMENTO DE ÁGUA COM APROVEITAMENTO DA DESCARGA DE COMPRESSORES DE AMÔNIA: DESSUPERAQUECEDOR A PLACAS

Marzocchella, D.¹

¹ Técnico em Refrigeração Industrial, graduando em Engenharia Mecânica, Daniel Marzocchella Pinho, IFSUL-Sapucaia do Sul, danielmarzocchella@hotmail.com

Resumo

O objetivo deste trabalho é a apresentação de um sistema de aquecimento de água pelo aproveitamento do calor originado do vapor superaquecido da descarga dos compressores de amônia, utilizados em sistema de refrigeração. Este calor gerado não é comumente utilizado em instalações de refrigeração, mesmo sendo uma fonte de energia disponível. A aplicação de dessuperaquecedor em sistemas de refrigeração traz dois grandes benefícios: redução no consumo de combustíveis para as caldeiras e aumento do rendimento dos compressores. O sistema é baseado em um trocador de placas que é instalado na linha de descarga entre os compressores e os condensadores. A metodologia utilizada nesta análise foi a coleta de dados *in loco*, com medições das temperaturas, vazões e pressão. Obteve-se a vazão de 30m³/h de água, com Dt de 20°C e queda de pressão dos compressores de 1 kgf/cm² entre antes e depois da instalação do dessuperaquecedor. Concluiu-se que se obtém redução no consumo de combustíveis para caldeira, diminuição no consumo de energia dos compressores e aumento no rendimento dos condensadores.

Palavras-chave: Dessuperaquecedor, aquecimento, água, trocador a placas.

WATER HEATING SYSTEM WITH ENHANCEMENT OF AMMONIA COMPRESSOR DISCHARGE: DESUPERHEATER PLATE

Abstract

The objective of this work is to present the water heating system by using the heat generated by the steam overheated by the discharge of ammonia compressors used in the refrigeration system. This heat produced is not very common used in refrigeration installations, even though it is an available power source. The application of desuperheater in cooling systems has two major benefits: reduced fuel consumption for boilers and increased performance of compressors. The system is based on a plate changer that is installed on the discharge line between compressors and capacitors. The methodology used in this analysis was to collect data *in loco*, with temperature, flow and pressure measurements. It obtains a flow of 30m³/h of water, with a Dt 20°C and compressors pressure drop of 1 kgf/cm² between before and after the desuperheater installation. It was concluded that it achieves a reduction in boiler fuel consumption, a reduction in compressor energy consumption and an increase in condenser efficiency.

Key words: Desuperheater, Heating, Water, Plate Changer.

1 INTRODUÇÃO

Devido ao crescente apelo pela redução da utilização de combustíveis poluentes e não renováveis, tais como carvão, petróleo e gás, busca-se o desenvolvimento de formas alternativas de obtenção de energia e reaproveitamento.

Nas indústrias alimentícias, a água é utilizada de forma abundante, tanto na formulação dos produtos como, também, na higienização de salas e utensílios utilizados na produção. Na maioria das indústrias, a água quente é obtida de grandes caldeiras que utilizam lenha, carvão, gás ou outro tipo de combustível que têm alto consumo e não são renováveis. Estes processos geram grandes volumes de poluentes e resíduos que são lançados no meio ambiente, culminando em dano ambiental e alto custo destes combustíveis. Desse modo, atualmente, intensifica-se o estudo para utilização de equipamentos que façam o aproveitamento de energias disponíveis nas plantas industriais, tais como trocadores de calor que são equipamentos de grande eficiência de troca térmica.

Segundo BORTOLO (2019, p. 149, apud INCROPERA, 2014, p. 494) a transferência de calor:

[...] é a troca de energia térmica devido a uma diferença de temperaturas no meio. Ou seja, sempre que houver diferença de temperatura entre dois ou mais meios, haverá a transferência de calor do meio mais quente ao menos quente, se aplicado de forma natural, sem ações externas.

Conforme BORTOLO (2019, p. 150, apud GUT, 2003, p. 244), *o trocador de calor a placas ou PHE (do inglês, Plate Heat Exchanger) consiste no escoamento dos fluidos através de canais formados entre placas metálicas sequenciais presentes no equipamento*. O PHE é utilizado, principalmente, em processos que objetivam a troca térmica entre fluidos, os quais são comumente encontrados em aplicações em diversas indústrias. Pode-se citar como exemplo dessas aplicações o aquecimento de ambientes, a refrigeração, a produção de potência, o condicionamento de ar, o processamento químico e alimentício, os eletrônicos, a indústria de manufatura e recuperação de calor em processos.

Este trabalho terá como foco a apresentação do sistema de aquecimento de água pelo reaproveitamento do calor gerado pelo vapor superaquecido da descarga dos compressores de amônia, utilizados em sistema de refrigeração. Este calor gerado não é usualmente utilizado em instalações de refrigeração, mesmo sendo uma fonte de energia disponível.

A aplicação de dessuperaquecedores em sistemas de refrigeração traz dois grandes benefícios: redução no consumo de combustíveis para as caldeiras e aumento do rendimento dos compressores. Destaca-se que este último dá-se pelo fato de o dessuperaquecimento da amônia da descarga ser feito no trocador a placas, aliviando os condensadores. Com isto, os condensadores rendem mais e, conseqüentemente, baixam as pressões de descarga. Quanto menor a relação de compressão, menor o consumo energético dos compressores (kw/h).

O objetivo geral consiste na avaliação de instalação frigorífica utilizando trocador de calor a placas como dessuperaquecedor para redução de consumo de

vapor e redução de consumo energético dos compressores com o aproveitamento do vapor superaquecido de amônia proveniente da descarga de compressores.

Conforme anteriormente mencionado, há indiscutíveis ganhos, sendo objetivo desse trabalho a sua demonstração. Além disso, intenta-se mostrar o retorno financeiro gerado em razão do investimento na implementação do sistema de dessuperaquecedor.

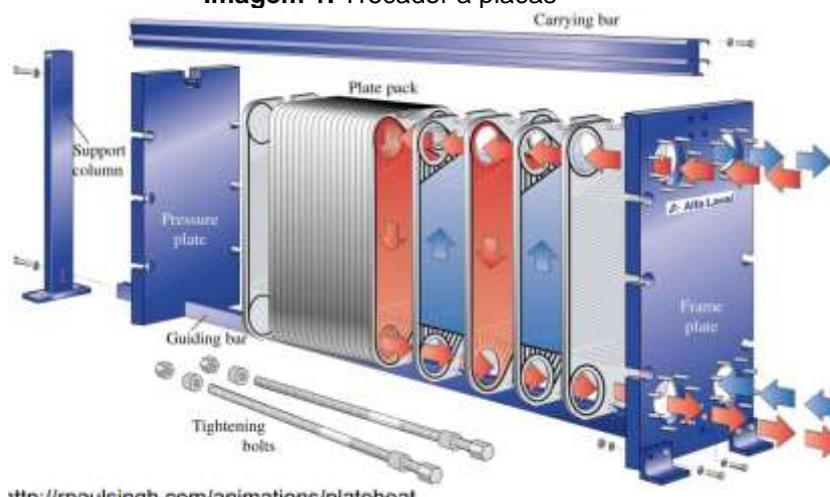
2 MATERIAL E MÉTODOS

A seguir, serão demonstradas as diretrizes metodológicas e materiais que foram utilizadas para a realização do presente artigo, descrevendo como foram realizados os experimentos, como foram tomados e analisados os dados.

2.1 MATERIAIS

O equipamento em análise foi um trocador de placas sendo empregado como dessuperaquecedor, no qual é aproveitado o vapor superaquecido proveniente da descarga dos compressores. O trocador é constituído de placa de aço inox 304 semi soldadas e uniões gaxetadas. Para geração do vapor superaquecido de amônia, foram utilizados seis compressores do tipo parafuso. No bombeamento de água, foi usada uma bomba centrífuga. Para a coleta de dados foram utilizados manômetros, medidor de vazão e termômetros.

Imagem 1. Trocador a placas



2.2 MÉTODOS

O método utilizado foi a coleta de dados para uma análise quantitativa dos ganhos energéticos e financeiros da instalação do dessuperaquecedor. Foram medidas as temperaturas nas quatro conexões do trocador a placas: entrada e saída de amônia e entrada e saída de água. A vazão da água foi delimitada por um medidor de vazão que controla uma válvula proporcional, garantindo a vazão correta de água que deve passar pelo trocador. As vazões dos compressores foram verificadas pelo software de dimensionamento do fabricante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão abordados ganhos técnico, econômicos e elaboração do projeto para instalação do dessuperaquecedor a instalação frigorífica.

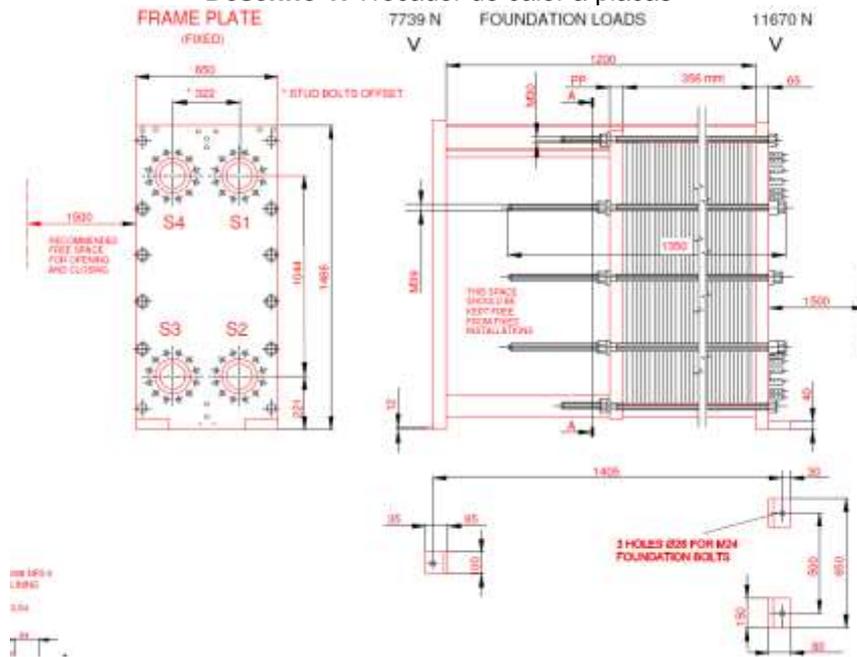
Imagem 2. Dessuperaquecedor instalado



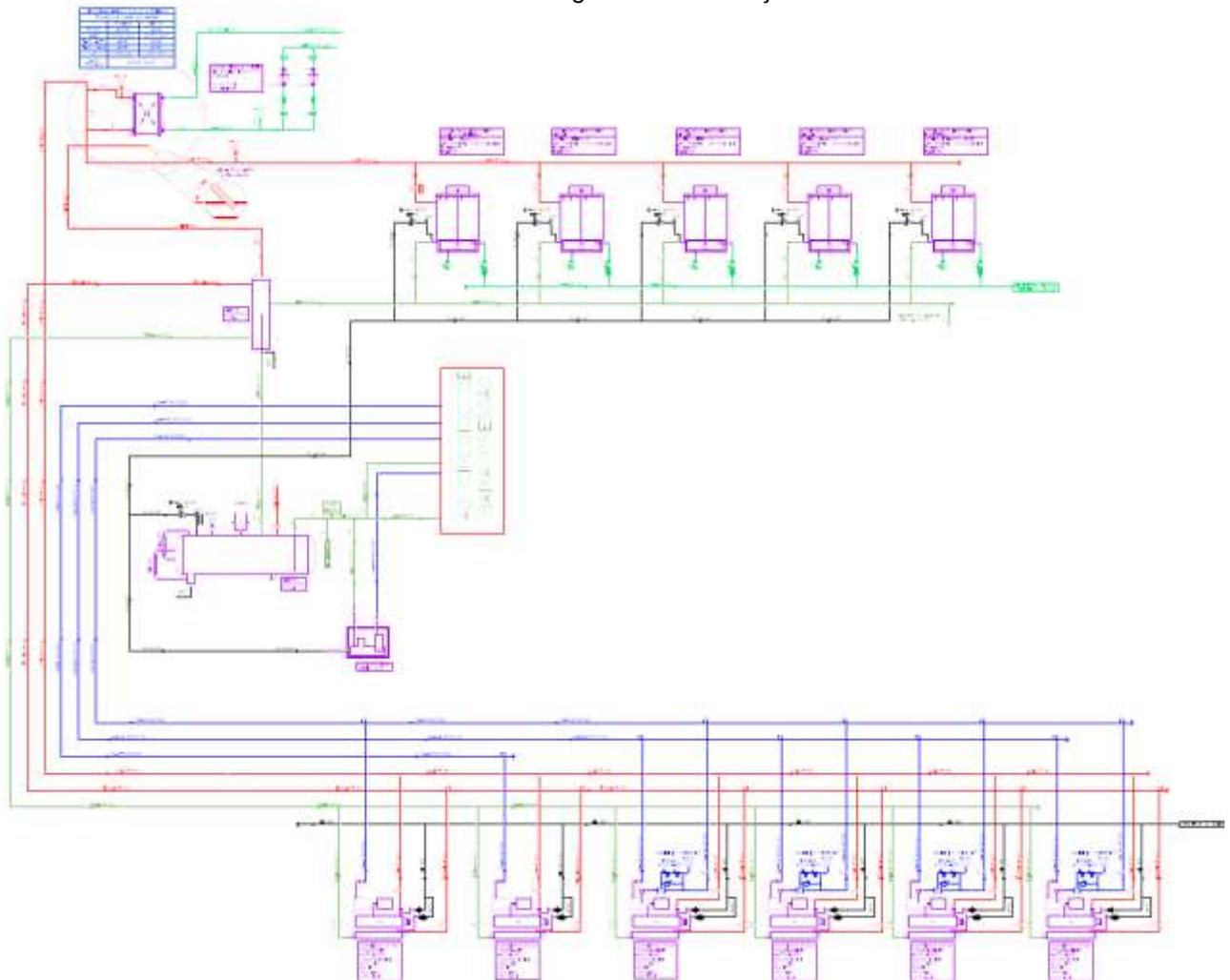
3.1. DIMENSIONAMENTO

Primeiramente, foi avaliada a necessidade real de água quente para o frigorífico. Com isto, foram feitos os cálculos térmicos e de balanço de energia, que serão demonstrados na sequência, com isto verificou-se os recursos disponíveis. Foi constatada a abundância de energia não aproveitada da descarga dos compressores. Assim, optou-se pela implantação do dessuperaquecedor, com os cálculos e balanços de massas já executados, fez-se o dimensionamento do trocador (Desenho1) o qual se optou por colocar entre os compressores e os condensadores conforme mostra no desenho 2.

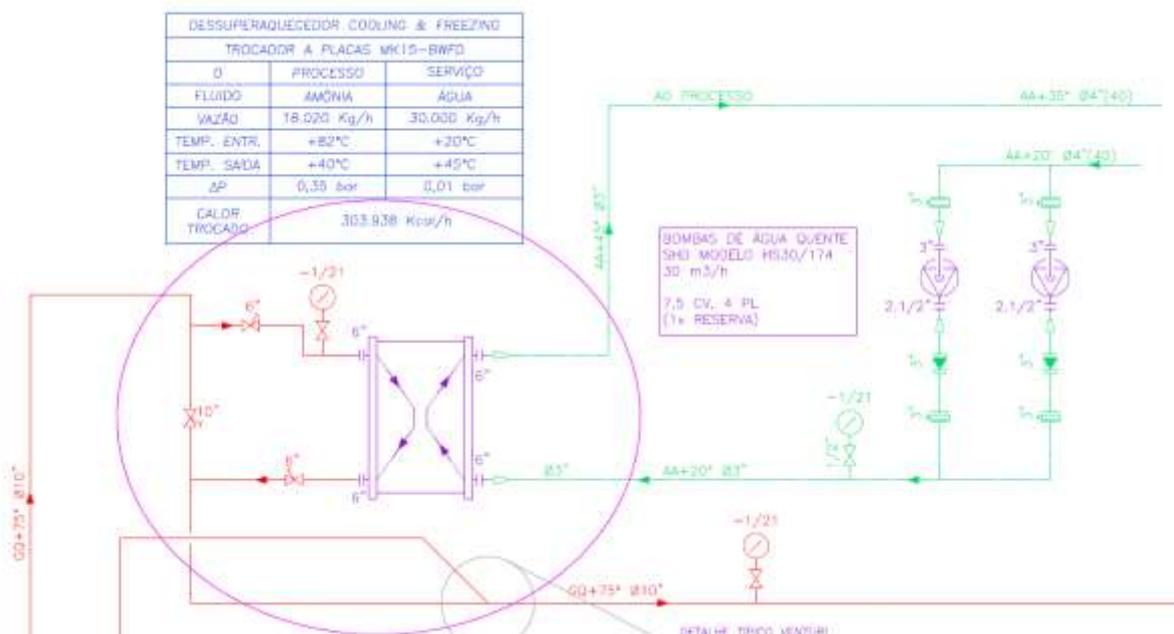
Desenho 1. Trocador de calor a placas



Desenho 2. Fluxograma de instalação



Desenho 3. Instalação dessuperaquecedor



3.2 RESULTADOS

3.2.1 Rendimento dos compressores

Inicialmente, foram registradas as condições de operação dos compressores anteriores à instalação do dessuperaquecedor, conforme mostra a tabela 1. Na qual se verificou que a pressão de descarga dos compressores era de 13,8kgf/cm² e a potência total consumida dos seis compressores era de 2.090,3kw.

Tabela 1. Condições dos compressores sem instalação do dessuperaquecedor

2. Sistema de compressão

2.1. Selecionamento

Tag	Modelo	Aplicação	Rotação [min ⁻¹]	Capacidade [%]	Pot. Cons.	Motor	-5°C	-10°C	-35°C	Calor rejeit. cond. [Kcal/h]:	Pressão de des. [kgf/cm ²]:
					[kW]:	[HP]:	[Kcal/h]:	[Kcal/h]:	[Kcal/h]:		
CP01	N250VS*-M	Alta	3.550	100,0	321,90	550,0		1.088.679		1.365.463	13,8
CP02	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	377,20	600,0			622.237	946.571	13,8
CP03	N200VL*-M	Alta	3.550	100,0	259,60	450,0	1.022.216			1.245.432	13,8
CP04	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	377,20	600,0			622.237	946.571	13,8
CP05	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	377,20	600,0			622.237	946.571	13,8
CP06	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	377,20	600,0			622.237	946.571	13,8
Total					2.090,3	3.400,0	1.022.216	1.088.679	2.488.949	6.397.178	

Com a energia disponível da descarga dos compressores, previu-se uma vazão de 30m³/h com um Dt de 13°C. Conforme mostrado na tabela 2.

Tabela 2. Cálculo de vazão de massa de amônia x vazão de água

2. Dados do sistema de compressão/descarga

Tag	Desl. mas. [Kg/h]:	Temp. des. [°C]:
N250VS*-M	4.204,0	75,8
N250VL*-H	2.472,0	86,9
N200VL*-M	3.927,0	79,3
N250VL*-H	2.472,0	86,9
N250VL*-H	2.472,0	86,9
N250VL*-H	2.472,0	86,9

3. Dimensionamento

Aplicação	Sim
Tag	DS01
Temp. entrada fl. aquecido/processo [°C]:	25,0
Temp. saída fl. aquecido/processo [°C]:	38,0
Temp. saída fl. refrigerante/serviço [°C]:	40,0
Temp. entrada fl. refrigerante/serviço [°C]:	82,7
Desloc. mássico descarga total [Kg/h]:	18.019,0
Capacidade do dessuperaquecedor [Kcal/h]:	399.662,4

Após a instalação do dessuperaquecedor, foram registradas as condições de operação dos compressores, conforme mostra a tabela 3. Assim, verificou-se uma redução na pressão de descarga para 11,9kgf/cm², o que consiste em 14%. Em relação à potência total consumida, dos seis compressores reduziu-se para 1.9242,8kw, o que equivale a uma redução de 8%.

Tabela 3. Condições dos compressores com instalação do dessuperaquecedor

2. Sistema de compressão

2.1. Selecionamento

Tag	Modelo	Aplicação	Rotação [min ⁻¹]	Capacidade [%]	Pot. Cons.	Motor	-5°C	-10°C	-35°C	Calor rejeit. cond. [Kcal/h]:	Pressão de des. [kgf/cm ²]:
					[bkW]:	[HP]:	[Kcal/h]:	[Kcal/h]:	[Kcal/h]:		
CP01	N250VS*-M	Alta	3.550	100,0	294,70	550,0		1.123.243		1.376.639	11,9
CP02	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	344,00	600,0			638.831	934.618	11,9
CP03	N200VL*-M	Alta	3.550	100,0	238,90	450,0	1.053.083			1.258.500	11,9
CP04	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	344,00	600,0			638.831	934.618	11,9
CP05	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	344,00	600,0			638.831	934.618	11,9
CP06	N250VL*-H	Economizer	3.550	100,0	377,20	600,0			622.237	946.571	11,9
	Total				1.942,8	3.400,0	1.053.083	1.123.243	2.538.731	6.385.564	

Na prática, constatou-se um melhor rendimento do trocador se atingindo um Dt de 20°C, ao contrário do que foi mostrado na tabela 2. Na tabela 4, é apresentado o cálculo com as coletas *in loco* com a solução em operação, utilizando o vapor superaquecido da descarga dos compressores, que está disponível na instalação. Conforme calculado pelo software MYCOMW2019ep_ver.1, os compressores geram 18.020 kg/h de vapor de amônia superaquecida. Com esta disponibilidade, é possível aquecer os mesmos 30m³/h água com Dt 20°C.

Tabela 4. Dimensionamento trocador de calor utilizando vapor superaquecido

Fluido	Amônia	Água
Vazão [Kg/h]:	18.020,0	30.000,0
Temperatura de entrada [°C]:	74,0	25,0
Temperatura de saída [°C]:	40,0	45,0
Calor trocado [Kcal/h]:		600.000,0

Imagem 2. Temperatura de entrada de água no trocador



Imagem 3. Temperatura de saída de água do trocador



Imagem 4. Medidor de vazão 30m³/h



3.2.2 Aquecimento de água por vapor de caldeiras

O consumo de vapor proveniente das caldeiras para aquecimento da água é demonstrado na tabela 5. São necessários para aquecer 30m³/h água de 20°C à 40°C, $Dt \approx 20^\circ\text{C}$, 1,3 ton/h de vapor, estes dados foram coletados diretamente na indústria.

Tabela 5. Dimensionamento trocador de calor utilizando vapor

Fluido		Vapor	Água
Vazão	[Kg/h]:	1.300,0	30.000,0
Temperatura de entrada	[°C]:	120,0	20,0
Temperatura de saída	[°C]:	116,6	40,0
Calor trocado	[Kcal/h]:		600.000,0

3.2.3 Retorno de investimento

Após a tomada de dados reais, foram elaborados os cálculos de retorno do investimento. Como o frigorífico já tinha a produção de água quente, não foram levados em consideração os custos do investimento para aquecimento de água por vapor. Para a execução do projeto, foram comprados: trocador de calor a placas, válvulas, medidores de vazão, manômetros e tubulações hidráulicas e de amônia. Na tabela 6, demonstram-se todos os gastos operacionais e de investimento para a implantação do dessuperaquecedor.

Tabela 2. Cálculo de retorno de investimento

1. Dados gerais

Tempo de alimentação/produção água quente	[hs/dia]:	21,0
Tempo de sala de maquinas	[horas]:	21,0
Funcionamento mensal	[dias/mês]:	22,0
Valor médio da energia elétrica	[BRL/kW]:	0,36
Valor médio de produção de vapor	[ton/h]:	47,00
Aquecimento diário de água	[m ³ /dia]:	200,0
Aquecimento mensal de água	[ton/mês]:	4.400,0

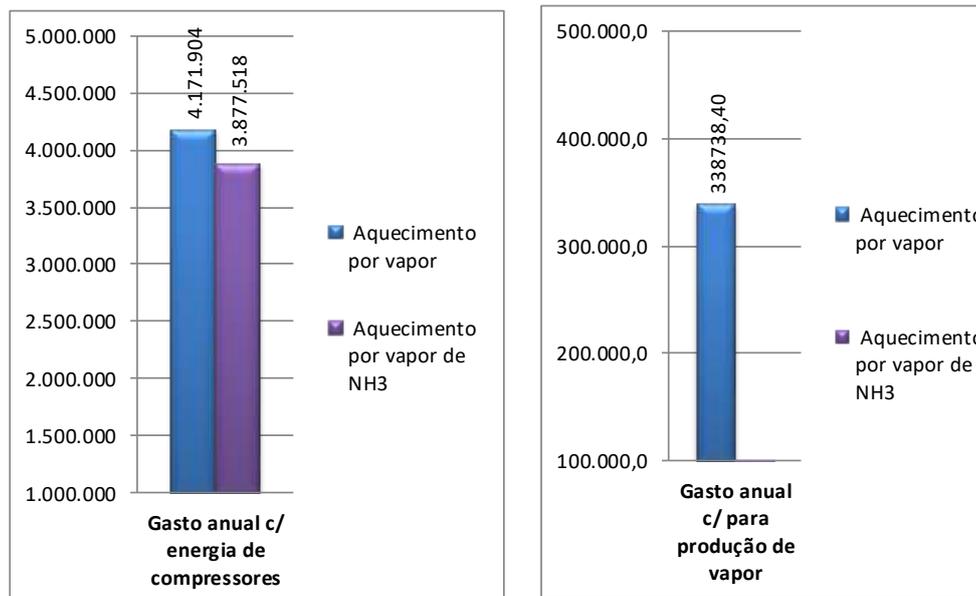
2. Comparativo

Cenários		Aquecimento por vapor	Aquecimento por vapor de NH ₃	Diferença	Percentual
Vazão de água	[m ³ /h]:	30,0	30,0	0,0	0,0%
Tempo de operação	[horas/dia]:	21,0	21,0	0,0	0,0%
Temperatura entrada da água	[°C]:	20,0	20,0	0,0	0,0%
Temperatura saída da água	[°C]:	40,0	40,0	0,0	0,0%
Carga térmica requerida	[Kcal/h]:	600.000	600.000	0,0	0,0%
Potência consumida sala de máquinas	[bkW]:	2.090,3	1.942,8	147,5	7,6%
Cosumo de vapor	[ton/h]:	1,3	-	1,3	

3. Índices

Cenários		Aquecimento por vapor	Aquecimento por vapor de NH ₃	Diferença	Percentual
Gasto mensal c/ energia de compressores	[BRL/mês]:	347.659	323.126	24.532	7,6%
Gasto anual c/ energia de compressores	[BRL/ano]:	4.171.904	3.877.518	294.386	7,6%
Gasto mensal c/ para produção de vapor	[BRL/mês]:	28.228	-	28.228	
Gasto anual c/ para produção de vapor	[BRL/ano]:	338.738	-	338.738	

4. Gráficos



5. Custo investimento inicial

		Aquecimento por vapor de NH3
Trocador a placas	[BRL]:	90.000
Válvulas de amônia	[BRL]:	20.000
Válvulas de água	[BRL]:	20.000
Conjunto de tubulações	[BRL]:	10.000
Medidor de vazão de água	[BRL]:	15.000
Mão de obra	[BRL]:	35.000
Total	[BRL]:	190.000

6. Pay-back

		Aquecimento por vapor de NH3
Pay-back	[mêses]:	3,60

4 CONCLUSÃO

O estudo para implementação do dessuperaquecedor, em uma instalação frigorífica, para aproveitamento de energia, mostrou-se viável. Após os cálculos e execução do projeto, foram coletados dados para validação da viabilidade.

Foi constatado que além, da redução no custo de geração de vapor, economizou-se em custos energéticos na sala de máquinas. A redução na sala de máquinas se deu pela diminuição de potência consumida dos compressores, pois diminuíram as relações de compressão. A redução de consumo energético na sala de máquinas foi de 7,6%, que é uma economia anual de R\$ 294.386,00, conforme demonstrado na tabela 6.

Para o aquecimento dos 30m³/h de água de +25°C para +45°C, deixou-se de consumir lenha, pois não foi mais necessária a geração de vapor para este fim, gerando uma redução de 100%. Destaca-se que o custo anual para geração de vapor para aquecimento de água era de R\$ 338.738, conforme demonstrado na tabela 6.

Outro ponto a ser ressaltado, é a diminuição de poluentes gerados pela queima de combustível na caldeira, em razão disso temos um meio de aquecimento de água que se tornou sustentável.

Por fim, ressalta-se que o grande incentivo do projeto é o retorno rápido do investimento. Isso ocorre em razão das economias em custos de energia elétrica e geração de vapor. O retorno financeiro do investimento constatou-se em 4 meses, conforme demonstrado na tabela 6. Portanto, o dessuperaquecedor apresenta-se como um projeto viável de retorno rápido e sustentável.

REFERÊNCIAS

- 1 BORTOLO, Otávio Perini. RIBEIRO, Michel. Estudo e desenvolvimento de um trocador de calor para fins didáticos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 08, Vol. 02, pp. 149-180. Agosto de 2019. ISSN: 2448-0959
- 2 INCROPERA, F. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S.; DEWITT, D. P. Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- 3 GUT, J. A. W. Configurações ótimas para trocadores de calor a placas. In: BORTOLO, Otávio Perini. RIBEIRO, Michel. Estudo e desenvolvimento de um trocador de calor para fins didáticos. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 08, Vol. 02, pp. 149-180. Agosto de 2019. ISSN: 2448-0959.
- 4 MYCOM. Software Licenciado – MYCOMW2019ep_ver.1. Disponível em: <<https://mycomw.software.informer.com/5.0/>>. Acesso em: 01º outubro 2019.

INTEGRAÇÃO DE UM MÓDULO DE MOVIMENTAÇÃO LINEAR E SISTEMA DE VISÃO NO CONTEXTO DE UMA BANCADA DE INSPEÇÃO

Pereira, I.¹
Sabino Netto, A.C.²

¹ Engenheiro, Igor Pereira, Instituto Federal de Santa Catarina, ip.pereiraigor@gmail.com.

² Doutor, Aurélio da Costa Sabino Netto, Instituto Federal de Santa Catarina, asabino@ifsc.edu.br.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Na área de controle de qualidade de produtos da indústria, as inspeções automatizadas cresceram muito a partir da difusão da visão computacional, onde técnicas de processamento e análise de imagens são utilizadas para fazer a inspeção de qualidade do produto a partir de sistemas que fazem o reconhecimento de padrões. A proposta trata da integração de um módulo de movimentação linear com um sistema de câmeras de visão computacional no contexto de uma bancada de inspeção de peças. Um CLP foi utilizado para fazer a integração entre o módulo de movimentação com o sistema de visão computacional, além de comandar todas as lógicas de inspeção do sistema. Ao fim do projeto também foi avaliado a viabilidade técnica e econômica da implementação do sistema de movimentação no contexto de uma bancada de inspeção. A integração entre os dispositivos apresentou resultados positivos e a configuração do sistema proposto no trabalho atendeu as expectativas, bem como se mostrou uma alternativa para reduzir os custos de uma bancada de inspeção por visão computacional de peças que demandam mais de uma câmera.

Palavras-chave: *Bancada de inspeção. CLP. Visão computacional. Integração.*

INTEGRATION OF A LINEAR MOVEMENT MODULE AND VISION SYSTEM IN THE CONTEXT OF AN INSPECTION STATION

Abstract

In the area of product quality control in the industry, automated inspections have grown greatly from the diffusion of computer vision, where image processing and analysis techniques are used to perform product quality inspection from recognition systems of standards. The proposal deals with the integration of a linear drive module with a computer vision camera system in the context of an automotive parts inspection stand. It was made the selection of the type of linear movement a suitable for the system using some requirements of the system of vision as speed of movement and positioning precision. A PLC was used to integrate the movement module with the computer vision system and commanded all system inspection logics. At the end of the project, the technical and economic viability of the implementation of the movement system in the context of an inspection bench was also evaluated. The integration between the devices presented positive results and the configuration of the system proposed in the work met the expectations, as well as

being an alternative to reduce the costs of a bench of inspection by computer vision of parts that require more than one camera.

Key words: Inspection bench. PLC. Computer vision. Integration.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, o sistema de produção de bens de consumo passou por severas mudanças, desde o processo manual ou artesanal até a manufatura seriada permitida pela indústria na qual os operadores vêm sendo substituídos pelas máquinas principalmente em processos que exigem mais velocidade e exatidão. O crescimento industrial procura encontrar soluções para diminuir o tempo de produção e aumentar os lucros. Nesta vertente, a automação dos processos é aplicada para aumentar e uniformizar a produção, buscando sempre a melhor qualidade final dos produtos. A vigilância da qualidade dos produtos pode ser realizada de diversas maneiras, uma delas é a instalação de bancadas de inspeção ao final das linhas de produção no intuito de detectar possíveis imprecisões em peças para corrigir problemas de produção. A inspeção de qualidade feita pelo operador é muito utilizada nas fábricas no mundo, porém não é a solução ideal pela suscetibilidade de erros no julgamento do ser humano, para evitar erros causados por reações muitas vezes naturais do ser humano, muitas empresas estão investindo em sistemas de inspeção feitos por câmeras, também chamados visão computacional.

Os sistemas de visão computacional são disponíveis em diversas configurações e aplicáveis em diferentes situações industriais, estes sistemas têm como principal objetivo auxiliar e, em alguns casos, substituir a visão humana no ambiente industrial (Stivanello, 2004⁽¹⁾).

A visão computacional requer integração de uma série de tecnologias diferentes em uma única solução, permitindo grande flexibilidade no desenvolvimento das soluções, além de utilizar ciências distintas para desenvolvê-las (Stemmer *et al*, 2005⁽²⁾).

A automatização dos processos requer uma integração uniforme entre as diversas estações de um sistema de manufatura, por isso em uma aplicação de automação fabril, diversos controladores lógicos programáveis (CLP) e controladores de movimento programáveis podem ser utilizados para controlar todo o processo (Centinkunt, 2008⁽³⁾).

O custo das câmeras e sensores de visão ainda é um empecilho para implementar tal tecnologia nas bancadas de inspeção da indústria, por isso existem técnicas para diminuir a quantidade de componentes do sistema. Uma das técnicas para diminuir o custo da bancada é implementar a movimentação das câmeras e sensores para cobrir uma área maior, além de possibilitar a inspeção de peças maiores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o deslocamento do sistema de visão através da implementação de um módulo de movimentação composto por sistemas de movimentação mecânica. O mecanismo de movimentação deve ser selecionado e controlado para a os requisitos da sua aplicação e transmitir o movimento gerado.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxo de atividades do trabalho foi dividido em três partes: Seleção de componentes, integração e resultados. Os componentes pertencentes ao projeto são divididos em três grupos: Controlador Lógico Programável (CLP), Sistema de visão e módulo de movimentação linear.

2.1 Requisitos de seleção

A etapa de início do projeto foi a definição dos requisitos técnicos para os componentes do sistema de inspeção, eles foram estipulados levando em consideração as limitações financeiras e tecnológicas do projeto. Alguns requisitos foram levantados para aproveitar os recursos oferecidos e utilizar itens testados e validados. Outros requisitos pertencem ao conjunto de condições para garantir o bom funcionamento de uma bancada de inspeção por sistema de visão (Tabela 1).

Tabela 1. Requisitos necessários para garantir o funcionamento da bancada de inspeção.

Requisito	Valor
Tensão de Alimentação CLP	24 V
Precisão de deslocamento	0,5 mm
Velocidade	500 mm/s
Carga	2 kg

2.2 Seleção dos componentes

A seleção dos componentes foi possibilitada após levantar os requisitos, e esta atividade definiu muitas diretrizes tomadas no projeto como o tipo de comunicação de cada componente com o controlador lógico programável e os blocos de dados que constituirão o programa que definirá o fluxo de atividades da bancada.

2.2.1 Seleção do controlador lógico programável

O CLP escolhido foi o modelo Siemens CPU 1212c DC/DC/DC da série S7 1200 (Fig.1a). O item escolhido requer uma alimentação de 24V e disponibiliza 6 entradas digitais, 2 entradas analógicas e 5 saídas digitais transistorizadas, com a possibilidade de adição de módulos de entradas e saídas para eventuais situações em que outros sinais forem adicionados ao projeto. O controlador possui uma entrada para estabelecer a conexão via ethernet, utilizando protocolos de comunicação.

2.2.2 Seleção do hardware de sistema de visão

O sistema responsável pela aquisição e inspeção das imagens foi escolhido baseado nos recursos disponibilizados. Primeiramente foi levantada a hipótese de utilizar câmeras convencionais atreladas a um sistema openCV, porém esta solução demandaria o desenvolvimento de um software próprio, isto geraria um tempo de desenvolvimento muito grande, além de implicar em riscos ao projeto. Assim sendo, a solução encontrada foi utilizar sistemas de câmeras comerciais Keyence XG-7000 (Fig. 1b). Este controlador de câmeras se encontra consolidado no mercado e disponibiliza diversas ferramentas de aquisição e análise de imagens. O XG-7000

apresenta em seu manual variados meios de comunicação para receber sinais e enviar os resultados das inspeções para um CLP, o que facilita a integração com sistemas externos.

2.2.3 Seleção do módulo de movimentação linear

A seleção do módulo de movimentação foi feita a partir dos produtos comerciais disponibilizados no mercado da fabricante Festo, e foram nomeados os itens que atenderam aos requisitos de operação.

A transmissão mecânica selecionada para a escolha do sistema de movimentação foi o mecanismo de polia e correia. Este tipo de transmissão apresenta características como repetibilidade, velocidade e torque satisfatórios para o projeto, além de ser uma opção com o custo um pouco mais baixo que outros tipos de transmissão como fuso de esferas com castanha.

O motor é responsável por gerar o movimento para fazer a movimentação linear das câmeras do sistema de visão, então o item selecionado precisa fornecer o torque necessário para acelerar de forma linear a carga que vai estar acoplada ao sistema mecânico. O motor foi selecionado para atingir os mínimos requisitos com um motor de baixo custo. Um motor de passo com encoder foi selecionado como uma solução de compromisso já que o sistema não demanda um alto torque de operação a altas velocidades e tem custo inferior aos servomotores.

O controlador do motor é um dispositivo que faz o acionamento do motor de passo para realizar os movimentos necessários para diversas aplicações. O controlador recebe os comandos de um software construído no computador e realiza o chaveamento das fases do motor para movimentá-lo para a posição requisitada na velocidade configurada. Alguns controladores recebem sinais de posição de sensores acoplados ao motor para fechar a malha do sistema e auxiliar no posicionamento.

O módulo de movimentação selecionado (Fig.1c), é um conjunto da fabricante Festo que utiliza o conjunto mecânico sério ELGC-TB-KF, juntamente com o acionamento do motor de passo EMMS-ST-57-M, comandado pelo controlador CMMO-ST.



Figura 1. Componentes selecionados, seguindo os requisitos estipulados.

1.2.4 Desenvolvimento

A troca de informação entre os componentes do sistema (Fig. 2), é centralizada pelo CLP, onde são reunidas todas as informações para organizá-las, e estabelecer lógicas e comandos que são importantes para o funcionamento da máquina. O controlador de câmeras utiliza o protocolo de redes industriais Profinet para trocar dados e receber comandos do CLP, e a sua documentação disponibiliza as instruções e endereços para ter acesso às informações do sistema de visão, além de dispor variáveis de controle.

As variáveis de comunicação do sistema de visão são separadas em enviar dados e receber comandos. O envio de dados para o CLP é utilizado para verificar o status do controlador, a fim de dar seguimento às ações feitas na bancada de inspeção, e após inspecionar a peça disposta na bancada, entregar os dados provenientes dos resultados da aquisição das imagens.

O módulo de movimentação é comandado pelo controlador de motores Festo CMMO-ST-LKP. O dispositivo comunica-se com o CLP pelo protocolo Modbus/TCP através de blocos de comunicação e bibliotecas disponibilizados no site do fabricante.



Figura 2. Troca de informações e comandos entre os componentes do sistema.

O fluxo do programa foi desenvolvido com base em uma máquina de estados, pois a sequência das ações da máquina depende de uma combinação de fatores. Ao iniciar os testes de inspeção, o CLP envia o módulo de movimentação linear para a primeira posição de aquisição de fotos, e após o sistema alcançar tal posição, envia o comando de *trigger* para o controlador do sistema de visão. Para enviar a instrução de início do posicionamento o motor deve estar imóvel.

Após enviar o comando de posicionamento o programa aguarda algumas condições para passar para o próximo estado. Assim como na primeira etapa do posicionamento, o motor deve estar estático para dar sequência ao programa. O programa assegura que o posicionamento foi feito de forma correta ao comparar a atual posição do motor com a posição requisitada ao iniciar o movimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O sistema selecionado no trabalho foi integrado com a câmera pertencente ao sistema de visão, e o conjunto formado foi acoplado à bancada de inspeção. A figura 3 apresenta a disposição da câmera fixada ao módulo de movimentação para realizar testes simulando o processo de inspeção.



Figura 3. Sistema acoplado à uma bancada de inspeção.

Após realizar a integração entre os componentes do sistema e validar o funcionamento do programa, foi possível realizar a análise dos dados qualitativos e quantitativos para avaliar a viabilidade da implementação de tal sistema em uma bancada de inspeção por visão computacional.

3.1 Análise do tempo de ciclo de inspeção

O tempo de ciclo dos testes de visão feitos pela bancada de inspeção é um aspecto importante para viabilizar a aplicação da mesma em uma linha de produção. Sabe-se que há uma diferença de tempo de ciclo entre um sistema de visão que utiliza câmeras estáticas e o sistema proposto no trabalho, que utiliza uma câmera deslocada por um módulo de movimentação linear.

O número de fotos feitas para o controlador do sistema de visão inspecionar os resultados depende do comprimento da peça disposta na bancada, e considerando o sistema de uma câmera móvel proposto no trabalho, quanto mais fotos e etapas no processo, maior será o tempo de ciclo do teste de visão computacional. Este aumento do tempo de ciclo deve-se ao acréscimo de paradas para fazer a aquisição de fotos, além das maiores distâncias de deslocamento que o sistema precisa percorrer para inspecionar a peça por completo.

Buscando quantificar este acréscimo no tempo de operação do sistema de visão, o trabalho buscou fazer a medição do tempo completo de inspeção de uma peça (Tab. 2). Este tempo medido inclui os deslocamentos da câmera, além do tempo de processamento de imagens e entrega de resultados do sistema de visão. Os tempos foram levantados após testes que foram feitos com duas disposições de sistemas diferentes: Um sistema de duas fotos, se deslocando em um comprimento de 900mm, e um sistema de três fotos, que se desloca em um comprimento de 1400mm. Os testes foram realizados com valores dos atributos de movimentação de acordo com o desenvolvido no trabalho, velocidade de 500mm/s e tempo de aceleração de 1s.

Tabela 2. Intervalos de tempo medidos para as configurações de sistema.

Sistema com duas fotos (900mm)	Sistema com três fotos (1400mm)
4,40 segundos	6,10 segundos

Este tempo de duração do processo de inspeção pode afetar diretamente em uma linha de produção. Se a aplicação onde a bancada de inspeção será aplicada se trata de uma manufatura seriada, o tempo de inspeção dos produtos torna-se a questão principal, pois pode influenciar diretamente na produtividade da linha.

4 CONCLUSÕES

O resultado do trabalho traz a integração entre dispositivos que torna possível a movimentação de uma câmera no contexto de uma bancada de inspeção. O sistema de movimentação da câmera foi selecionado e mostrou-se uma escolha flexível e confiável para contribuir no controle de qualidade de itens em uma linha de produção.

A utilização de um controlador lógico programável foi essencial para instituir a integração entre os componentes, pois tornou possível o envio e recebimento de sinais para controlar todo o sistema. O envio de comandos e recebimento de sinais fez-se mais simples após a escolha e configuração das redes industriais utilizadas pelos dispositivos. A interpretação dos sinais provenientes dos estados do processo de inspeção e posicionamento tornaram possível traçar uma interdependência entre os componentes da bancada, além de definir o fluxo do programa do CLP.

A integração do módulo de movimentação com o sistema de visão demonstrou flexibilidade no sentido de incluir novas fotos nos testes de visão, adaptar os testes para peças diferentes, além de trazer uma facilidade de correções de posicionamento.

O sistema proposto possibilita a inspeção de peças com comprimentos maiores sem a necessidade de adição de câmeras, além de garantir a posição correta das imagens que serão utilizadas nos testes de qualidade, resultado de uma integração que estabelece lógicas entre os componentes da bancada de inspeção.

REFERÊNCIAS

- 1 STIVANELLO, M. E. *Inspeção industrial através de visão computacional*. 2004. *Monografia (Bacharelado em ciências da computação)*, Universidade regional de Blumenau, Blumenau, Brasil. 18, 19
- 2 SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. *Projeto de Engenharia Mecânica*. 7. ed. [S.l.]: Bookman, 2005. 26
- 3 CENTINKUNT, S. *Mecatrônica*. [S.l.]: LTC, 2008. 15, 16, 20, 25, 27
- 4 PEDRINI, H. *Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações*. [S.l.]: Thomson, 2008. 15, 18
- 5 KEYENCE, C. *XG-8000 Series Communication Manual*. 2017. 50

ESTUDO PARA ADEQUAÇÃO DE UMA IMPRESSORA 3D DE BAIXO CUSTO PARA IMPRESSÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS DE ALTA TEMPERATURA DE PROCESSAMENTO

Fischer, M.¹
Cioccarì, G. B.²
Sabino Netto, A. C.³

¹ Engenheiro, Matheus Fischer, Instituto Federal de Santa Catarina, matheusfischerr@icloud.com

² Graduando, Gustavo B. Cioccarì, Instituto Federal de Santa Catarina, gustavocioccarì@gmail.com

³ Doutor, Aurélio da Costa Sabino Netto, Instituto Federal de Santa Catarina, asabino@ifsc.edu.br

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Os polímeros usualmente utilizados em impressoras 3D, como poliácido láctico (PLA) e acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS), utilizam temperaturas de impressão até 240°C. A disponibilidade de novos filamentos de materiais criou a necessidade do desenvolvimento de impressoras 3D que suportem temperaturas de extrusão maiores e condições de impressão mais controladas. A quantidade de máquinas de manufatura aditiva de baixo custo disponíveis possibilita adaptações para aumentar a variedade de materiais poliméricos utilizados, deste modo, neste trabalho realizou-se um estudo sobre as características necessárias para impressão dos materiais de alta temperatura citados. Subdividiu-se a readequação realizada na máquina de baixo custo em quatro principais etapas, a integração mecânica, a integração eletroeletrônica, ajustes no software e o enclausuramento. Para a validação, foram realizados ensaios de impressão verificando a melhoria da condição de empenamento nos polímeros PLA e ABS. Observou-se que a tendência ao empenamento diminuiu com as mudanças realizadas e o aumento da temperatura da câmara de impressão influencia na adesão das peças na plataforma de construção.

Palavras-chave: materiais poliméricos; alta temperatura; impressora 3D; código aberto.

STUDY FOR ADAPT A LOW-COST 3D PRINTER FOR PRINTING HIGH-TEMPERATURE POLYMERIC MATERIALS

Abstract

The polymers usually used in low-cost 3D printers, such as Polylactic acid (PLA) and ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) are processed at temperatures up to 240°C. The availability of new material filaments has created the need to develop 3D printers that support higher extrusion temperatures and controlled printing conditions. The number of low-cost additive manufacturing machines available enables adaptations to increase the variety of polymer materials used, so a study on the characteristics required for printing the mentioned high-temperature materials was carried out in this work. The readjustment carried out in the low-cost machine was subdivided into four main steps, the mechanical integration, the electro-electronic integration, the software adjustments and the enclosure. For the validation, printing tests were

carried out verifying the improvement of the warping condition in the polymers, PLA and ABS. It has been observed that the tendency for warpage decreased with the improved changes and the increase of the temperature of the printing chamber influenced the adhesion of the parts on the construction platform.

Key words: polymeric materials; high temperature polymers; 3D printer; open source.

1 INTRODUÇÃO

Manufatura Aditiva (MA) teve seu advento pela necessidade da indústria em aumentar a velocidade no desenvolvimento de produtos. Até então, os protótipos eram obtidos principalmente por métodos conhecidos como subtrativos, os quais se baseia na retirada de material de um bloco sólido com o uso de diversas ferramentas e máquinas gerando um grande desperdício de material e a demora para produção de peças com geometrias complexas. A MA é conhecida popularmente como impressão 3D e vem provando sua usabilidade tanto para fabricação de protótipos quanto para produção de pequenos lotes (GALANTUCCI et al., 2015).

A MA se popularizou no meio doméstico, industrial e acadêmico, principalmente após término das principais patentes do processo de deposição de materiais fundidos (FDM) com surgimento de projetos de máquinas de código aberto que utilizam o método de fabricação por filamento fundido (FFF). Os materiais mais utilizados são o poliláctico (PLA) e o acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) que possuem temperaturas de extrusão de, aproximadamente, 200°C e 220°C, respectivamente. Pesquisas sobre novos materiais e o surgimento de novos filamentos de materiais poliméricos com temperaturas de processamento mais altas como o policarbonato (PC), poliéter imida (PEI) e poliéter-éter-cetona (PEEK) criaram a necessidade do desenvolvimento de impressoras que trabalhem adequadamente com estes materiais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Objetivando-se readequar uma impressora 3D de baixo custo para possibilitar a impressão de materiais poliméricos de alta temperatura de extrusão foram desenvolvidas ações conforme o fluxograma da Figura 1. Inicialmente, propôs-se buscar informações necessárias sobre a impressora 3D a ser readequada e suas limitações, juntamente com os requisitos necessários para impressão com materiais de alta temperatura. A partir destas informações, foram definidos os requisitos mínimos de impressão para processamento destes materiais, assim podendo ser realizada a integração necessária das partes mecânicas, eletroeletrônicas, de software e o enclausuramento. Por fim, foi proposto um teste para validação da readequação realizada.

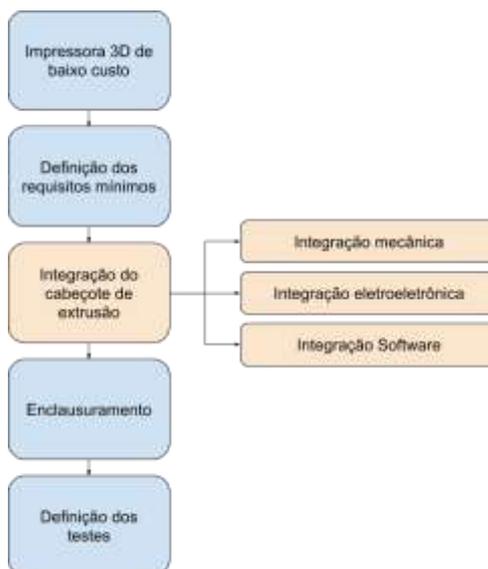


Figura 1 - Fluxograma das atividades realizadas. FONTE: próprio autor

2.1 READEQUAÇÃO DE UMA IMPRESSORA PRUSA I3

A impressora 3D selecionada foi uma de código aberto (*open-source*), conhecida como Prusa i3 que utiliza uma placa controladora Arduino Mega juntamente com uma placa shield para impressora 3D do tipo RAMPS 1.4. O sistema de movimentação contempla 5 motores modelo NEMA 17, com capacidade de torque de 4 kgf.cm e utiliza como alimentação uma fonte chaveada de tensão 12Vcc e corrente máxima 20A. (Prusa Research, 2018).

Considerando os requisitos necessários para se realizar impressões 3D com materiais de alta temperatura e as limitações iniciais da máquina disponível, como por exemplo a temperatura de processamento dos materiais utilizados na impressora, foram definidos seguintes requisitos mínimos.

- Possuir cabeçote de extrusão capaz de atingir temperaturas de até 400°;
- Dispor de uma plataforma de impressão com aquecimento de pelo menos 100°C;
- Enclausurar ambiente de impressão;
- Controle de temperatura interna.

O cabeçote de extrusão Cobra (Figura 2) é fabricado somente com materiais metálicos, com exceção do ventilador responsável pelo resfriamento da parte superior do equipamento. O módulo é composto por um motor de passo modelo Nema 11, um ventilador 30 x 30mm, um resistor de aquecimento de 100 watts, um termopar tipo K e ainda possui um redutor planetário de 1:13 e um o bloco aquecido, onde é realizado o aquecimento do bico extrusor, o qual tem capacidade de atingir 450°C sendo selecionado para utilização.

Utilizou-se o modelo CAD do cabeçote extrusor COBRA, para desenvolver uma peça que facilite a fixação na impressora 3D utilizada no presente trabalho. Devido as temperaturas que podem ser atingidas na região de fixação do cabeçote, a peça de fixação foi fabricada com alumínio, garantindo sua integridade.

Para comunicação entre o sensor de temperatura termopar tipo K e a controladora RAMPS 1.4, foi necessário a aquisição de uma placa externa, a qual converte o sinal adquirido do termopar em tensão para uma comunicação SPI, com isto pode-se testar em bancada a leitura de temperatura do termopar e a resposta foi positiva. Entretanto após a realização da integração do sensor de temperatura com a máquina de impressão 3D utilizada, obteve-se uma grande interferência eletromagnética do sistema de potência na leitura do sensor termopar, invalidando o sensor. Mudou-se então o termopar tipo K, para o termistor NTC de 100k Ω anteriormente utilizado (MICRON E.M.E, 2018).

O bico aquecido do cabeçote de extrusão COBRA utiliza uma resistência com potência de 100W, o qual utiliza uma corrente de aproximadamente 9 Amperes, visto que o MOSFET da controladora suporta somente 8 Amperes, foi necessário o desenvolvimento de uma placa externa a controladora RAMPS para comandar o aquecimento do bico. A placa desenvolvida segue o esquemático da Figura 3 e utiliza um MOSFET IRF3205 como chave para acionamento do sistema de aquecimento.

Com a mudança do cabeçote de extrusão, o firmware da impressora 3D também necessitou de alteração, devido principalmente a redução planetária de 1:13 acoplada ao cabeçote de extrusão COBRA, visto isso foi necessário alterar a linha de código que define a quantidade de passos necessários no motor de passo para extrudar um mm, este parâmetro é conhecido como passos por mm e foi alterado de 93 para 1600.

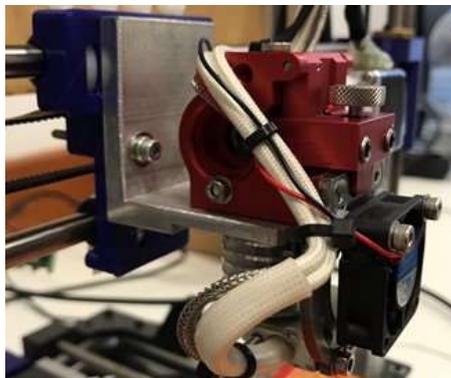


Figura 2 – Fixação do cabeçote de extrusão na impressora 3D utilizada.
 FONTE: Próprio autor.

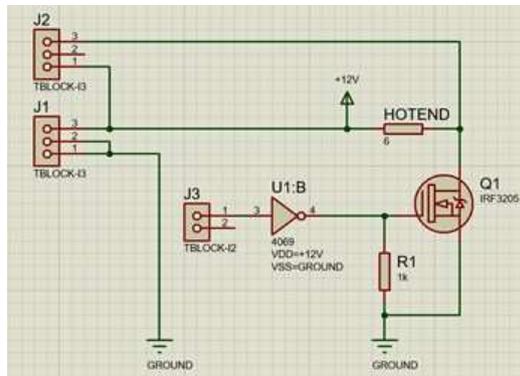


Figura 3 - Esquemático da placa de controle do aquecimento do bico extrusor. FONTE: Próprio autor.

Com base na revisão bibliográfica realizada, definiu-se a necessidade de se enclausurar a máquina para possibilitar a impressão 3D de materiais com alta temperatura de processamento, tendo em vista a diminuição da variação de temperatura durante o processo. Desta maneira optou-se por projetar uma caixa, capaz de isolar a máquina da temperatura ambiente, diminuindo assim a troca de calor por convecção próxima da peça produzida. (GARDNER et al., 2016). Com a necessidade de uma plataforma aquecida para impressão de polímeros de alta temperatura, após avaliar-se a mesa aquecida disponível na impressora 3D de baixo custo utilizada, notou-se que a mesma possui capacidade para atingir as temperaturas solicitadas como requisitos mínimos, com isso não foi necessário realizar nenhuma alteração.

O controle de temperatura interno possivelmente será composto por uma resistência controlada e um sensor de temperatura, entretanto, visto como necessidade para melhorar ainda mais a qualidade das impressões com polímeros de alta temperatura de processamento, definiu-se a realização do controle interno em trabalhos futuros, possibilitando analisar as melhorias concedidas com este requisito.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados apresentados têm como objetivo avaliar a readequação realizada na impressora para posteriormente realizar a impressão de materiais poliméricos de alta temperatura. Inicialmente foram realizados testes de impressão com PLA que é um polímero que apresenta uma facilidade maior de impressão 3D. Neste teste, variou-se a condição da impressora entre aberta e fechada, e a temperatura da plataforma de construção entre 30 e 60°C, a temperatura de extrusão utilizada foi fixada em 200°C. As impressões foram realizadas em base de vidro sem meio para auxiliar na adesão e foi posicionado um termopar próximo a região de construção da peça para medir a temperatura durante a fabricação da peça. As condições onde os experimentos foram realizados e os resultados das impressões são apresentados na tabela 1 e figura 4.

A temperatura da mesa aquecida é relatada como um fator crucial para a impressão de peças utilizando polímeros com alta temperatura de processamento, neste caso, com o PLA pode-se observar que mesmo algumas referências concordando com a possibilidade de impressão deste polímero sem a existência de uma plataforma de impressão aquecida, o controle de temperatura da mesa auxiliou de forma significativa na adesão, melhorando também a qualidade da peça final. Para a temperatura interna, notou-se o uso da câmara fechada proporcionou um pequeno aumento na temperatura próxima à peça.

Tabela 1 – Condições dos testes e temperaturas registradas na impressão com PLA.

	Temperatura Mesa (°C)	Condição da impressora	Temperatura próxima da peça (°C)
1	30	Aberta	23
2	40	Aberta	24
3	50	Aberta	25
4	60	Aberta	27
5	30	Fechada	25
6	40	Fechada	27
7	50	Fechada	29
8	60	Fechada	32

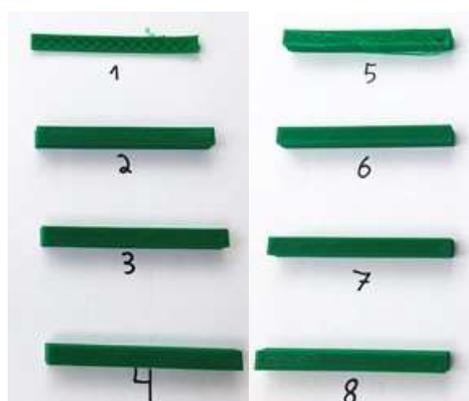


Figura 4 – Corpos de prova obtidos com a impressão em PLA. FONTE: Próprio autor.

Em continuidade foram realizados testes de impressão com o com o polímero ABS com temperatura de extrusão de foi de 220°C. A tabela 2 mostra a sequência dos ensaios realizados nos quais variou-se somente a temperatura da mesa aquecida e a condição da impressora entre aberta e fechada.

Tabela 2 - Condições dos testes e temperaturas registradas na impressão com ABS.

	Temperatura Mesa (°C)	Condição da impressora	Temperatura próxima da peça (°C)
1	50	Aberta	25
2	60	Aberta	25
3	70	Aberta	27
4	75	Aberta	28
5	80	Aberta	29
6	85	Aberta	30
7	90	Aberta	32
8	95	Aberta	34
9	50	Fechada	30
10	60	Fechada	33
11	70	Fechada	35
12	75	Fechada	37
13	80	Fechada	40
14	85	Fechada	43
15	90	Fechada	45
16	95	Fechada	48



Figura 5 - Corpos de prova obtidos com a impressão em ABS. FONTE: Próprio autor.

Com a análise dos resultados dos ensaios com ABS que variam somente a condição da impressora 3D, como é o caso dos ensaios 5 e 13 notou-se que em ambos a impressão conseguiu ser finalizada, porém a peça sem o enclausuramento empenou e a peça enclausurada não teve nenhum sinal de empenamento. Notou-se claramente uma diferença entre as qualidades de impressão e a adesão na mesa, demonstrando a eficiência do enclausuramento, mesmo que sem um controle de temperatura interno implementado.

4 CONCLUSÕES

Percebe-se que a grande variedade de parâmetros passíveis de alteração, afetam significativamente a qualidade do produto final. Contudo para impressões 3D com materiais poliméricos de alta temperatura alguns parâmetros específicos alteram positivamente a qualidade da impressão, como a temperatura do ambiente de impressão, a qual quanto maior melhor é adesão na mesa e menor é o empenamento.

A partir dos ensaios, pode-se confrontar os resultados com algumas literaturas que citam a facilidade de impressão do PLA e a não necessidade de uma mesa aquecida, neste estudo, se verificou certa dificuldade de impressão do PLA com a mesa aquecida a temperaturas próximas da temperatura ambiente, entretanto obteve-se a impressão corretamente com a temperatura da mesa próxima de 60°C, sem empenamento. Com o PLA, se verificou também pouca alteração das peças em relação a condição da impressora 3D, com e sem o enclausuramento, durante o processamento do material.

Todavia, com o ABS, o enclausuramento diminuiu o empenamento e possibilitou a impressão do polímero com uma temperatura menor da plataforma aquecida. Neste polímero também pode-se verificar uma melhoria na qualidade visual da peça, onde as peças impressas com maior temperatura da mesa e, conseqüentemente, maior temperatura do ambiente de impressão, resultaram em superfícies mais lisas.

Por conta das temperaturas da base e impressão maiores, para a temperatura interna, notou-se que o uso da câmara fechada proporcionou um aumento maior na

temperatura próxima a peça. Pode-se concluir que para a impressão 3D por FFF de materiais de alta temperatura utilizando impressoras 3D de baixo custo, é necessário o enclausuramento do volume de impressão para possibilitar temperaturas internas estáveis.

REFERÊNCIAS

1. GALANTUCCI, L. M. et al. Analysis of dimensional performance for a 3D open-source printer based on fused deposition modeling technique. *Procedia CIRP*, Elsevier, v. 28, p.82–87, 2015.
2. GARDNER, J. M. et al. High temperature thermoplastic additive manufacturing using low-cost, open-source hardware. 2016.
3. MICRON E.M.E. Ltd. High Temperature Cobra Extruder. 2018.<https://micron-eme.com/collections/all-metal-extruders/products/high-temperature-cobra-1-75mm-extruder-up-to-400-degrees-c>. [Online; Acesso em: 20/novembro/2018].
4. Prusa Research. Original prusa i3 mk3 3d printer. 2018. [Online; Acesso em: 20/novembro/2018]. Disponível em:<https://shop.prusa3d.com/en/3d-printers/181-original-prusa-i3-mk3-3d-printer.html>.

INFLUÊNCIA DA AGITAÇÃO MECÂNICA A FRIO E DE SUAS DIFERENTES FERRAMENTAS NA MICROESTRUTURA DA LIGA DE ALUMÍNIO AL-9,5SI

Bagatini, P. S.¹
Bartex, S. L. T.²
de Barcellos, V. K.³

- ¹ Graduando em Engenharia Metalúrgica Pablo Schettert Bagatini, Laboratório de Fundição - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pablo_bagatini30@hotmail.com.
- ² Dr. Sergio Luiz Telles Bartex, Laboratório de Fundição - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, bartex@ufrgs.br.
- ³ Prof. Dr. Vinicius Karlinski de Barcellos, Laboratório de Fundição - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, vinicius.karlinski@ufrgs.br.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Semisolid Rheocasting (SSR) é um processo de agitação que ocorre na zona pastosa do material, e através de um agitador frio como ferramenta de trabalho promove a fragmentação da estrutura dendrítica. O presente trabalho tem como objetivo estudar a influência de tal ferramenta de agitação no processamento em estado semissólido da liga Al-9,5Si e avaliar as modificações morfológicas na microestrutura. O metal foi fundido em forno resistivo a 630 °C e posteriormente vazado em um cadinho a 580 °C para agitação. Foram utilizadas duas ferramentas: uma haste de grafite e outra de aço SAE 1060, ambas com diâmetro nominal de 8 mm e rotação de 950 rpm durante 15 segundos. Após, a liga foi vazada em uma coquilha metálica previamente aquecida a 400 °C. Os resultados mostraram que não houve alteração da composição química da liga, e que houve incorporação da liga tanto na haste de grafite quanto na haste de aços, sem diferença significativa entre elas. Além disso, obteve-se uma microestrutura globular em vez da dendrítica após a agitação.

Palavras-chave: Alumínio; Semissólido; Agitação; Reofundição.

Abstract

Semisolid Rheocasting (SSR) is a stirring process that occurs in the semi-solid state of the material and through a cold stirrer as a working tool promotes the dendritic structure fragmentation after stirring. The present work aims to study the influence of such stirring tool on semisolid state processing of Al-9,5Si alloy and to evaluate the morphological changes in the microstructure. The metal was cast in a resistive furnace at 630 °C and then poured into a 580 °C crucible for stirring. Two tools were used: a graphite rod and a SAE 1060 steel rod, both with nominal diameter of 8 mm and rotation of 950 rpm for 15 seconds. Afterwards, the alloy was poured into a pre-heated metal cup at 400 °C. The results showed that there was no change in the chemical composition of the alloy. The results showed that there was no change in the chemical composition of the alloy, and that there was incorporation of the alloy in both the graphite rod and the steel rod, without significant differences between them. In addition, a globular microstructure was obtained instead of dendritic microstructure.

Key words: Aluminum; Semisolid; Stirring; Rheocasting.

1 INTRODUÇÃO

Processos de fundição no estado semissólido, tais como a refundição, tiveram seus métodos desenvolvidos e aperfeiçoados por volta dos anos 1970 no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), através do Ph.D. de D. B. Spencer ⁽¹⁾. O processo SSR (*Semisolid Rheocasting*), conhecido também por processo *New MIT*, desenvolvido nos anos 2000 no mesmo instituto citado acima, foi o método de fundição semissólida escolhido para estudo.

O objetivo do SSR é a obtenção de uma microestrutura globular nas ligas brutas de fusão que apresentam, originalmente, microestrutura dendrítica ⁽²⁾. Parâmetros como tempo e temperatura devem ser bem ajustados pois influenciam diretamente no grau de esferoidização dos glóbulos ⁽³⁾.

As ligas refundidas têm características morfológicas e reológicas finais que permitem o uso de pouca energia no processo quando comparados aos processos tradicionais de fusão e podem propiciar a produção de peças de alta qualidade próximas ao seu acabamento final. Por esses motivos, são utilizadas em vários ramos como, nas indústrias aeroespacial, militar, naval, automobilística ⁽⁴⁾.

O material utilizado no estudo foi uma liga de alumínio com 9,5% de silício, com cobre e magnésio, conforme mostrado na Tabela 1. Trata-se de uma liga hipoeutética muito utilizada para confecção de peças devido à resistência e boa fluidez. Porém, problemas como segregação, porosidades e contração dificultam sua aplicação ⁽⁵⁾.

Para realizar a agitação do material foram testadas duas ferramentas de agitação: uma de grafite e outra de aço.

Assim, esse trabalho tem como objetivo principal avaliar a influência das ferramentas de agitação no processamento da liga Al-9,5Si e determinar se há a viabilidade de obtenção de estruturas refundidas pelo método SSR.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Previamente ao estudo do SSR, fez-se o preparo da liga a ser usada. Para isso fundiu-se Al comercialmente puro a 730°C e foram adicionados Si, Cu e Mg pelo método de imersão por sino. O resultado da análise química da liga por espectrometria de emissão óptica é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1: Composição química da liga utilizada nesse trabalho.

%Si	%Cu	%Mg	%Fe	%Al
9,68	0,85	0,22	0,43	88,17

Foi utilizado um forno elétrico resistivo (figura 1), com controle de temperatura com cadinho de SiC (carbeto de silício).



Figura 1. Forno resistivo com controle de temperatura.

A análise térmica da liga foi feita com o uso de termopares tipo K acoplados a um sistema de aquisição de dados da *National Instruments* a uma taxa de aquisição de dados de 10 Hz.

Para a determinação das temperaturas de transformação a liga foi fundida a 730°C e depois vazou-se em um copo de análise térmica em areia *shell* com 3x3 cm de base e 4 cm de altura. Colocou-se um termopar no meio do molde para acompanhar o resfriamento, que ocorreu o mais próximo possível do equilíbrio termodinâmico.

Como já citado, construiu-se duas ferramentas, uma de grafite e outra de aço SAE 1060, ambas elaboradas com um diâmetro nominal de 8 mm. Para realizar a agitação mecânica, utilizou-se uma furadeira de bancada com velocidade de rotação de 950 rpm. A figura 2 mostra os agitadores e a furadeira de bancada.



Figura 2. (a) Agitadores; (b) Furadeira de bancada.

Para a realização do SSR fundiu-se novamente a liga a 630 °C e o metal líquido foi vazado em um cadinho previamente aquecido a 580 °C. Monitorou-se a temperatura até a liga atingir 595 °C, temperatura essa acima da *liquidus*.

Quando atingida tal temperatura, inseriu-se a haste de grafite agitando o material por 15 segundos e após vazou-se o metal em uma coquilha aquecida a 400 °C, com canal de descida cilíndrico de 16 cm de altura e 3 cm de diâmetro, de onde foi retirada amostra para análise metalográfica. Repetiu-se o procedimento descrito anteriormente e quando a liga atingiu os mesmos 595 °C, inseriu-se a haste de aço, repetindo a agitação. Ambas ferramentas estavam a temperatura ambiente (medida em 21 °C no dia) quando foram inseridas no metal líquido. A figura 3 esquematiza o processo.

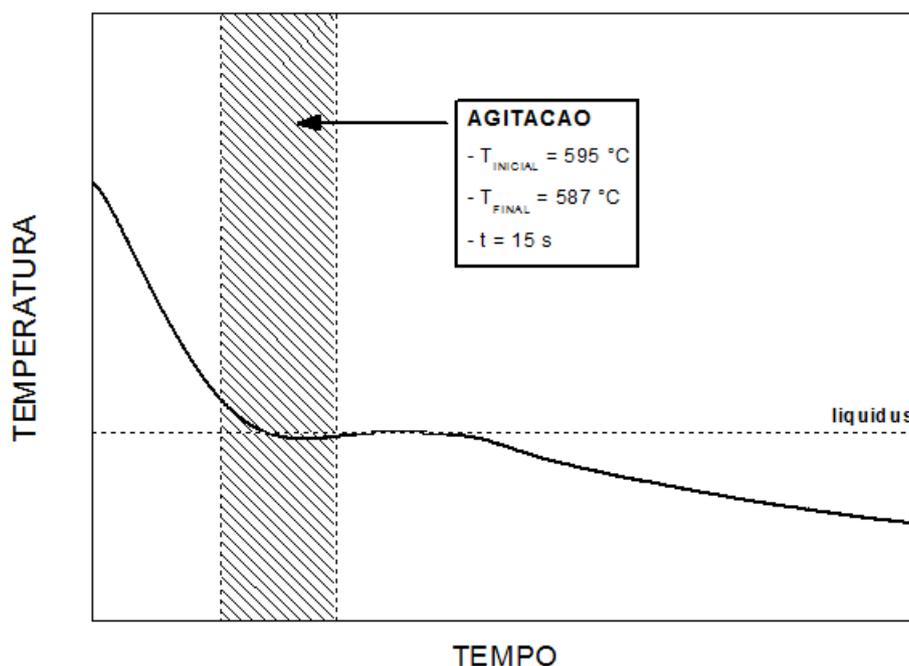


Figura 3. Passos do *Semisolid Rheocasting* realizado no experimento.

Nas análises metalográficas usou-se amostras cortadas transversalmente ao canal de descida da amostra fundida. Para a obtenção de uma superfície plana, lixas abrasivas de granulometria #100, #220, #320, #400, #600, #1200 e #2000, na respectiva ordem, foram utilizadas e como líquido refrigerante água. Após o processo de lixamento, iniciou-se o polimento. Alumina de 1 µm e posteriormente de 0,03 µm foi usada como abrasivo.

O reagente empregado foi água régia fluorada (45% HCl, 15% HNO₃ (conc.), 15% HF e 15% H₂O), através de imersão à temperatura ambiente durante 5 segundos e enxaguado em água corrente. Após o ataque químico, a amostra foi analisada utilizando um microscópio Olympus BX60M e o software de análise de imagem da Omnimet.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A curva de resfriamento é exibida na figura 4. Através de sua derivada consegue-se estimar valores para as temperaturas *liquidus* e *solidus*. Para a primeira

obteve-se o valor de 588 °C e para a segunda 564 °C. Esse pequeno intervalo de solidificação se deve ao fato de a composição da liga estar muito próxima à composição do eutético Al-Si, tornando o processo de controle da temperatura na agitação mais complicado devido ao pequeno intervalo de solidificação.

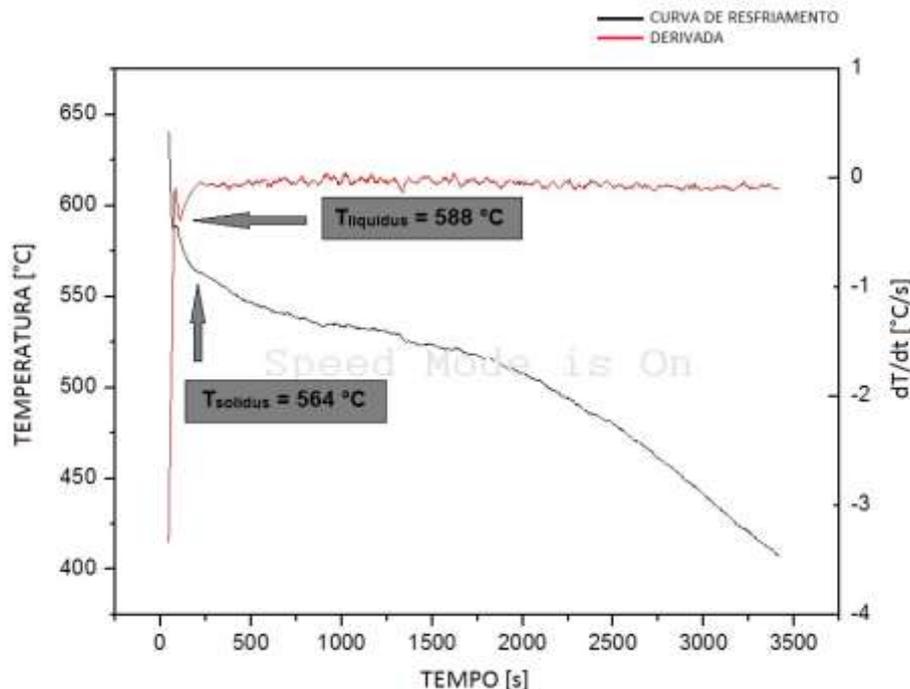


Figura 4. Curva de resfriamento da liga.

Outro resultado do estudo é que não houve alteração significativa da composição química da liga por contaminação com elementos das hastes de agitação. Além disso, houve incorporação da liga nas duas hastes, sem diferença significativa entre elas, como mostra a figura 5.



Figura 5. Hastes após agitação.

A utilização de ambas as ferramentas de agitação provocou a fragmentação das dendritas formando glóbulos, como mostrado na figura 6.

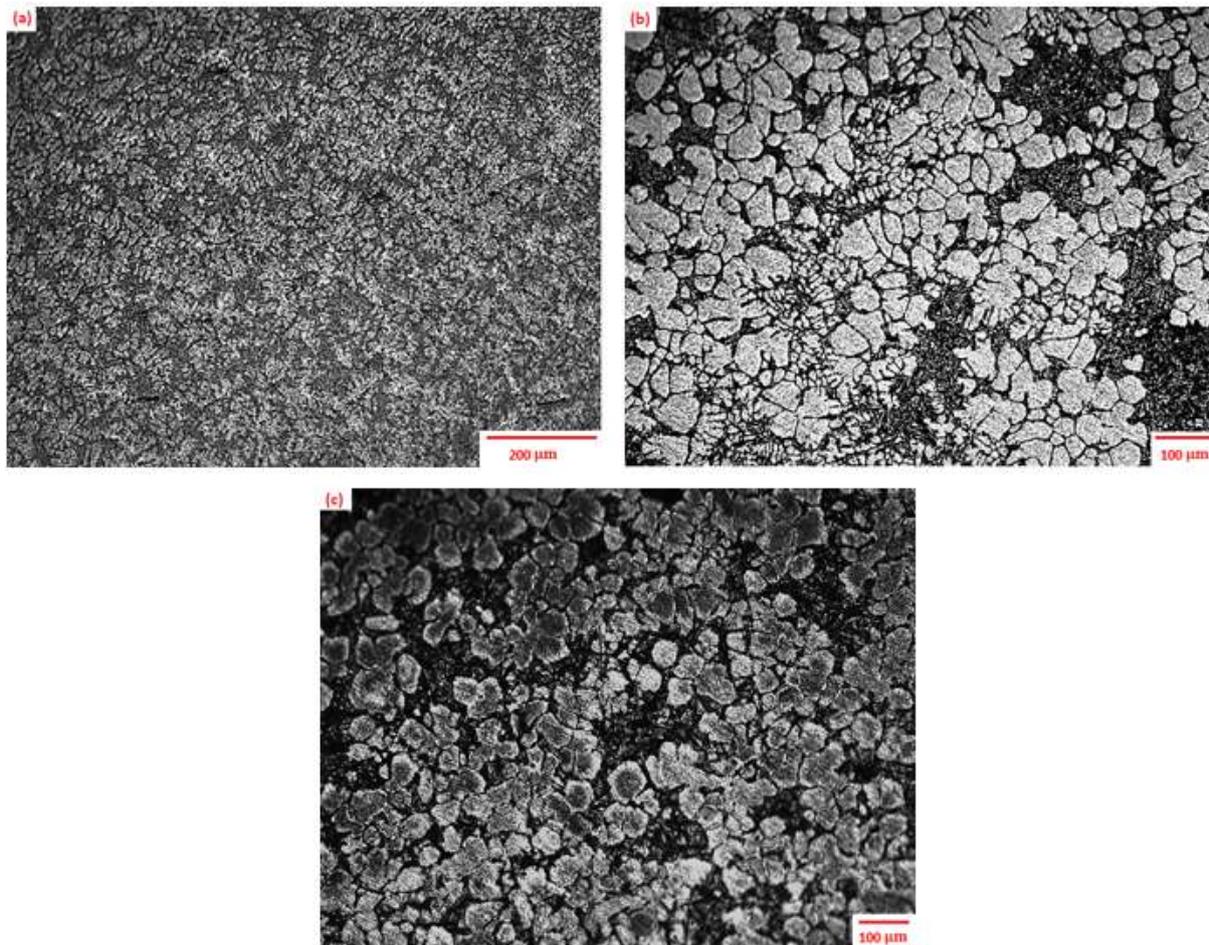


Figura 6. Aumento de 100x do: (a) liga bruta de fusão (sem agitação), (b) liga agitada com grafite e (c) liga agitada com aço SAE 1060.

A figura 6a mostra o material bruto de fusão sem agitação apresentando microestrutura dendrítica. Já as figuras 6b e 6c mostram a estrutura globular obtida a partir da agitação do material, esta com a ferramenta de aço e aquela com ferramenta de grafite.

Analisando as imagens pode-se notar que a agitação utilizando o método SSR é capaz de quebrar a estrutura dendrítica e é efetiva na globularização da liga estudada. Isso se deve ao aparecimento das tensões de cisalhamento no semissólido, induzidas pela agitação mecânica que propicia o dobramento plástico e ruptura das dendritas. Esse dobramento gera desorientações nos braços dendríticos, formando discordâncias que terão alta energia elástica. Se essas desorientações entre contornos de grão forem maiores que 20° , a energia dos mesmos se torna maior que o dobro da energia da interface sólido/líquido, provocando a substituição desse contorno de grão por uma fina camada de líquido que fragmenta a dendrita ⁽⁶⁾. A figura 7 mostra, de forma esquemática, o processo de fragmentação das dendritas.

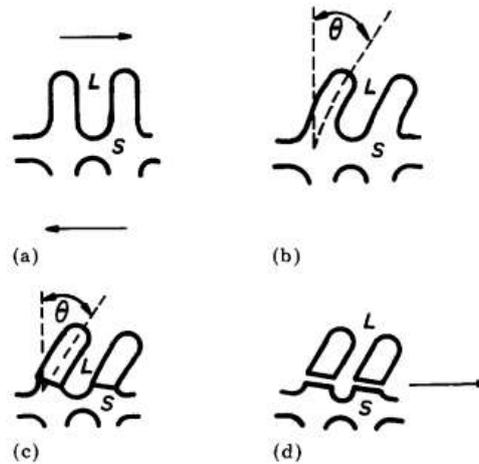


Figura 7. Esquema de fragmentação dendrítica: (a) braço de dendrita; (b) braço dobrado; (c) contorno de grão de alto ângulo; (d) fragmentação ⁽⁶⁾.

Por outro lado, comparando as figuras 6b e 6c, pode-se notar que há uma diferença na morfologia dos glóbulos. A figura 6b apresenta glóbulos mais arredondados ao invés da figura 6c que apresenta morfologia tipo roseta. A haste de grafite propicia maior da taxa de extração de calor e pode-se inferir que influencia na taxa de nucleação tornando os glóbulos mais arredondados ⁽⁷⁾.

4 CONCLUSÃO

A agitação de uma liga Al-9,5Si foi realizada com diferentes ferramentais pelo método SSR e, depois de concluído o processo, pode-se tirar as principais conclusões:

- 1) O SSR promoveu a fragmentação dos braços dendríticos e torna a microestrutura globular;
- 2) As ferramentas de agitação utilizadas nesse trabalho tiveram pequena influencia na geometria dos glóbulos;
- 3) A composição química da liga não sofreu considerável alteração após a refundição;

Agradecimentos

Ao Laboratório de Fundição da UFRGS e a FAPERGS por me proporcionarem a iniciação científica e, em especial, a Sergio Bartex, Régis do Amaral e Vinicius Karlinski pela orientação.

REFERÊNCIAS

- 1 D. B. Spencer, R. Mehrabian, e M. C. Flemings, “Rheological behavior of Sn-15 pct Pb in the crystallization range”, *Metallurgical Transactions*, vol. 3, no. 7, p. 1925-1932, 1972.
- 2 M. N. Mohammed, M. Z. Omar, M. S. Salleh, K. S. Alhawari, P. Kapranos, “Semisolid Metal Processing Techniques for Nondendritic Feedstock Production”, *The Scientific World Journal*, 2013.
- 3 Hsueh-I Chen, Jyh-Chen Chen, Jyun-Jhong Liao, “The influence of shearing conditions on the rheology of semi-solid magnesium alloy”, *Materials Science and Engineering: A*, vol. 487, p. 114-119, 2008.
- 4 Xiaogang Fang, Shulin Lü, Li Zhao, JingWang, Longfei Liu, Shusen Wu, “Microstructure and mechanical properties of a novel Mg–RE–Zn–Y alloy fabricated by rheo-squeeze casting”, *Materials and Design*, vol. 94, p. 353-359, 2016.
- 5 M. C. Rodrigues, O. G. dos Reis, C. R. F. Ferreira, V.K. de Barcellos, “Avaliação das propriedades mecânicas e metalúrgicas de ligas Al-Si fundidas por injeção sob pressão”, *22º CBECiMat*, 2016.
- 6 R. D. Doherty, H. -I. Lee, e E. A. Feest, “Microstructure of stir-cast metals”, *Materials Science and Engineering*, vol. 65, no 1, p.181-189, 1984.
- 7 Q. Chen, G. Chen b, L. Han, N. Hu, F. Han, Z. Zhao, X. Xia, Y. Wan, “Microstructure evolution of SiCp/ZM6 (MgNdeZn) magnesium matrix composite in the semi-solid state”, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 656, p. 67-76. 2016.

A INFLUÊNCIA DA DISPERSÃO DE LUZ, GERADA POR UMA CAMADA ADICIONAL DE TiO_2 , NOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTES.

Andrade, R.L. ¹
Santos, M.J.L ²
Oliveira, M.C. ³
Kohlrausch, E.C. ⁴

- ¹ Mestre, Rocelito Lopes de Andrade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, R. Pinheiro Machado, 205 - Industrial, Novo Hamburgo - RS, 93320-490, Rocelito.andrade@gmail.com
- ² PHD, Marcos José Leite dos Santos, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, mjls.research@gmail.com
- ³ Doutorando, Matheus Costa de Oliveira, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, matheuscdoliveira@gmail.com
- ⁴ Doutorando, Emerson Cristofer Kohlrausch, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, matheuscdoliveira@gmail.com

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de uma camada adicional de TiO_2 para proporcionar o espalhamento de luz (Light scattering) nos parâmetros elétricos de células solares sensibilizadas por corante. Como metodologia foram montadas células solares sensibilizadas por corantes com e sem uma camada adicional com característica espalhadora de luz (TiO_2 -rutila com 400 nm de diâmetro). Estas células foram caracterizadas através de curvas de corrente versus potencial (sob iluminação e no escuro). As curvas geraram os dados necessários para alimentar um algoritmo que gerou os principais parâmetros elétricos da célula. Através dos parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células com camada espalhadora de luz, comparadas com as células sem camada espalhadora de luz, pode se observar melhora na eficiência devido a um aumento de 10% na fotocorrente, mantendo o VOC constante, apesar do fator de forma ter degradado em 6%.

Palavras-chave: Células solares sensibilizadas por corante; Espalhamento da Luz; Aumento da Eficiência;

THE INFLUENCE OF LIGHT SCATTERING, GENERATED BY AN ADDITIONAL LAYER OF TiO₂, IN THE ELECTRICAL PARAMETERS OF DYE SENSITIZED SOLAR CELLS.

Abstract

The objective of this research article was to study the influence of an additional layer of TiO₂ to provide light scattering in the electrical parameters of dye-sensitized solar cells. As a methodology, dye-sensitized solar cells were assembled with and without an additional layer with light-scattering characteristic (TiO₂-rutile at 400 nm diameter). These cells were characterized by current versus potential curves (under illumination and in the dark). The curves generated the necessary data to feed an algorithm that generated the main electric parameters of the cell. Through the parameters obtained from the electrical characterization of cells with light scattering layer, compared to cells without light scattering layer, we observed improvement in efficiency due to an increase in the photocurrent of 10%, keeping VOC constant despite form factor has degraded to 6%.

Key words: DSSC; Light scattering; Increase Efficiency;

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do trabalho

O desenvolvimento de fontes alternativas de energia tem recebido crescente atenção nos últimos anos, devido a crescente consciência sobre os impactos causados pelo uso de uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis.¹ Dentro deste contexto, a energia solar surge como uma alternativa promissora, em virtude de seu grande potencial energético. No momento, cerca de 90% dos módulos solares comercializados são baseados em células fotovoltaicas de silício mono e policristalino,² que apresentam elevado custo, o que se torna um dos fatores que limitam a popularização da geração de energia através de células solares.^{1,3,4} As células solares sensibilizadas por corante, também conhecidas como DSSCs (*Dye Sensitized Solar Cells*), representam uma excepcional alternativa para a produção de módulos solares com custo extremamente baixo. Como um sistema fotoeletroquímico regenerativo, as DSSCs tipicamente compreendem um eletrodo de TiO₂ mesoporoso sensibilizado por corante, um eletrólito contendo um par redox, e um contraeletrodo de platina que serve como catalisador (devolve rapidamente os elétrons ao eletrólito) para a reação redox. O mecanismo de funcionamento destes dispositivos baseia-se na separação de cargas fotoinduzidas na interface semiconductor/corante/eletrólito. Atualmente essas células solares apresentam eficiência de fotoconversão de até 10% em sua configuração clássica⁵⁻¹², porém, este valor pode variar com a modificação dos componentes chegando a alcançar até 13%.^{1,13}

A competição dinâmica entre a geração e a recombinação dos elétrons tem sido considerada como um gargalo que limita as DSSC de atingir eficiências de conversão mais elevados do que os valores atuais de 10 ~ 13%. Para otimizar a eficiência de conversão nas DSSCs, é fundamental compreender os processos de geração, recombinação e os mecanismos de transporte de corrente elétrica.

Uma abordagem para aumentar eficiência de fotoconversão é aumentar a captação de luz é através do espalhamento da luz incidente dentro da célula. Para tanto, neste trabalho, uma camada adicional de 5 μm com característica espalhadora de luz (TiO_2 -rutila com 400 nm de diâmetro) foi aplicada sobre a camada original do semicondutor para avaliação dos parâmetros elétricos de células solares sensibilizadas por corante.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo geral verificar a influência de uma camada adicional de TiO_2 para proporcionar o espalhamento de luz (Light scattering) nos parâmetros elétricos de células solares sensibilizadas por corante.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Sintetizar partículas nanométricas (20 nm) e submicrométricas (400 nm) de TiO_2 ;
- ❖ Montar quatro conjuntos de DSSCs, diferenciando cada conjunto através da presença/ausência de camada espalhadora de luz;
- ❖ Gerar curvas tensão versus corrente para as células iluminadas e no escuro;
- ❖ Gerar os valores dos principais parâmetros que compõem o modelo elétrico das células;
- ❖ Comparar os resultados nos parâmetros elétricos obtidos das células com e sem camada espalhadora de luz;

1.3 REVISÃO DA LITERATURA

1.3.1 A célula solar sensibilizada por corante

Em 1991, um grupo de pesquisa liderado pelo professor M. Grätzel desenvolveu uma célula de conversão de energia solar em energia elétrica do tipo DSSC que causou grande interesse da comunidade científica. Ele mostrou que o uso de nanopartículas de TiO_2 (anatase) sensibilizadas por um corante resultava em geração eficiente de energia elétrica.^{14,15} As DSSC desenvolvidas por Grätzel tem grande versatilidade química, podem ser montadas com diferentes sensibilizadores, apresentam estabilidade energética e estrutural, baixo custo de produção, compatibilidade com o meio ambiente e geração de energia renovável com ótima eficiência.^{9,16,17}

A estrutura típica de uma DSSC está representada na *Figura 1* (direita). O fotoanodo é composto por um filme mesoporoso de nanopartículas de TiO_2 com cerca de 10 μm de espessura. As nanopartículas de TiO_2 apresentam dopagem do tipo-n (devido às vacâncias do oxigênio na rede cristalina). O filme de TiO_2 é depositado sobre um filme fino de FTO (*fluorine doped tin oxide*) suportado sobre uma lâmina de vidro. As nanopartículas de TiO_2 são cobertas por uma monocamada de sensibilizador (corante) que é adsorvido na superfície do TiO_2 através de grupos de ancoragem, principalmente carboxilatos e grupos fosfônicos. A estrutura mesoporosa do eletrodo de TiO_2 proporciona uma elevada área de

superfície que permite a adsorção de grandes quantidades de sensibilizador. O contra eletrodo (cátodo) é composto por um filme de nanopartículas de platina depositadas sobre um filme de FTO suportado sobre vidro. A função do contra-eletrodo é auxiliar na rápida regeneração do sensibilizador. Para evitar o curto-circuito, o eletrodo e o contraeletrodo são mantidos afastados através de um espaçador termoplástico de cerca de 35 μm que também auxilia na vedação da DSSC, sendo que uma camada de eletrólito líquido preenche o espaço entre os eletrodos.¹¹

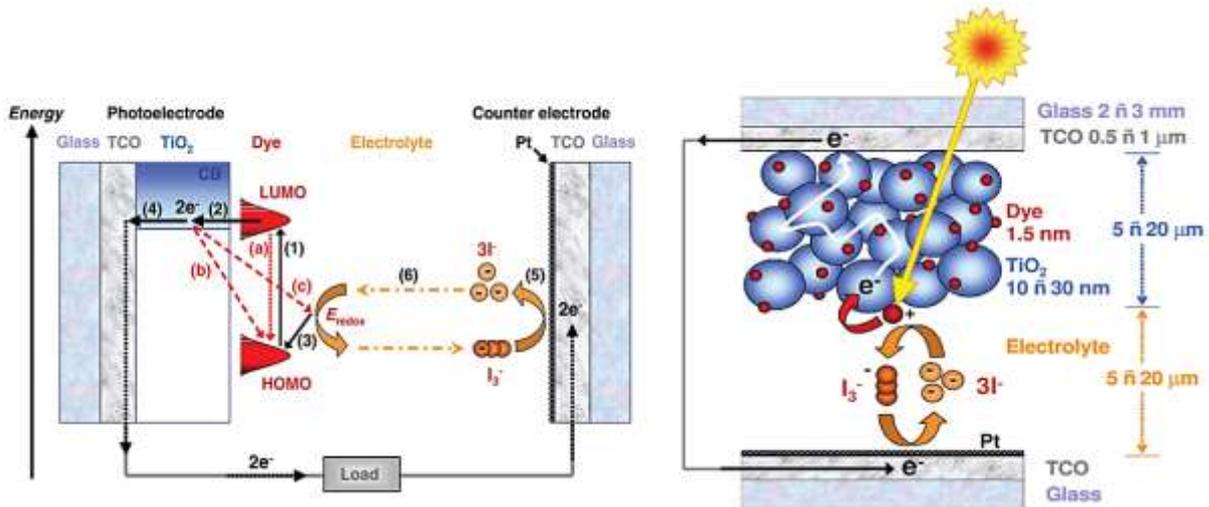


Figura 1. (esquerda) Princípio de funcionamento da DSSC. “1, 2, 3, 4, 5 e 6” são reações para frente conforme definido no texto. “a,b,c” são as reações “para traz” que limitam a fotocorrente: (a) relaxação do estado excitado do corante, (b) recombinação dos elétrons do SC com o corante oxidado e (c) com o triiodeto no eletrólito. (direita) Amostra esquemática das células fotoeletroquímicas usando nanocristalino TiO_2 .¹¹

O princípio que descreve a geração de fotocorrente é representado na *Figura 1* (esquerda). **(1)** Quando o corante (normalmente um complexo de rutênio) absorve um fóton com energia suficiente, um elétron é excitado do orbital molecular ocupado de maior energia (HOMO) para o orbital molecular desocupado de menor energia (LUMO). **(2)** Este processo é seguido pela injeção dos elétrons fotoexcitados para a banda de condução do semiconductor (normalmente TiO_2 - anatase). **(3)** Este processo resulta na oxidação (perda de elétrons) do HOMO do corante, que precisa ser regenerado (reduzido) pela captura de elétrons a partir do eletrólito (tipicamente doadores iodetos I^- e aceitadores triiodetos I_3^- em solução com solvente orgânico de acetonitrila). **(4)** O elétron injetado no filme TiO_2 viaja principalmente por efeito de difusão (e fracamente por campo elétrico)¹⁸⁻²⁰ até que ele encontra seu caminho para o eletrodo coletor onde é liberado para o circuito elétrico externo. O filme de TiO_2 apresenta estabilidade química a longo prazo (resistência à fotocorrosão), baixo custo de obtenção, não toxicidade, baixa sensibilidade à presença de impurezas e o benefício que a grande área superficial proporciona à eficiência.²¹⁻²³ **(5)** Na sequência do processo, o elétron retorna para a célula através de uma reação de redução do eletrólito no contraeletrodo. **(6)** O circuito elétrico da célula é completado pelo transporte iônico do par redox no eletrólito.

Descrições completas e detalhadas do sistema de operação de um DSSC pode ser encontrada facilmente na literatura.^{6, 11, 14, 15, 17, 24, 25, 26}

1.3.2 Principais Parâmetros elétricos de uma célula solar

A *Figura 2* representa as características I-V (corrente x potencial) e P-V (potência x potencial) típicas de uma DSSC. A curva é registrada através da variação de tensão externa frente à fotovoltagem, ao mesmo tempo que se mede a corrente. A partir desta curva podem ser determinados os principais parâmetros elétricos que caracterizam as DSSCs: corrente de curto circuito, tensão de circuito aberto, ponto de máxima potência, fator de forma e eficiência, conforme descritos a seguir.²⁷

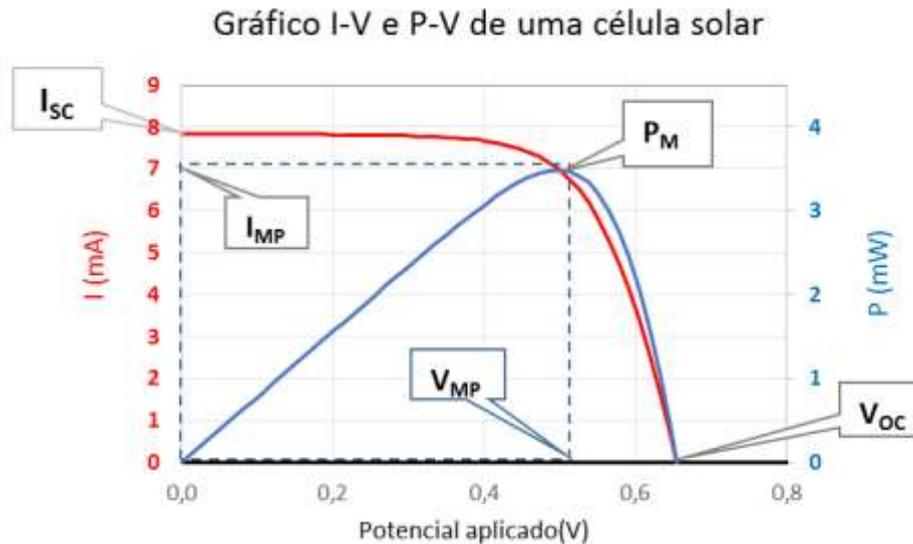


Figura 2. Corrente e potência elétrica em função da diferença de potencial aplicada em uma DSSC de 0,20cm² de área circular sob condições padrão de ensaio (irradiância 1.000W/m², espectro solar AM1.5, temperatura de 24°C). Os principais parâmetros elétricos são destacados. I_{sc} é a corrente de curto circuito, V_{oc} é a tensão de circuito aberto, P_M é a potência máxima, I_{MP} e V_{MP} são respectivamente a corrente e a tensão no ponto de máxima potência.

1) Corrente de Curto-Circuito (I_{sc}): é o maior valor de corrente gerada pela célula. A I_{sc} corresponde à corrente nas condições de curto-circuito, ou seja, quando a impedância conectada à célula corresponde a zero ohms. Neste caso a tensão de saída da célula é igual a zero ($V = 0$).

2) Tensão de Circuito Aberto (V_{oc}): diferença de energia entre o nível de Fermi do SC e o potencial do eletrólito influenciado por propriedades cinéticas. V_{oc} ocorre quando não há corrente alguma sendo fornecida pela célula ($I=0$).

3) Ponto de Máxima Potência (P_M): é o único ponto de operação, para valores instantâneos de irradiância e temperatura, em que os valores de corrente e tensão resultam em uma potência máxima. O ponto de potência máxima é definido pela seguinte equação:

$$P_M = I_{MP} \cdot V_{MP} \quad (1)$$

Onde I_{MP} e V_{MP} são respectivamente a corrente e a tensão no ponto de potência máxima. Os conversores eletrônicos que compatibilizam os parâmetros de tensão das células solares com as tensões da carga alimentada devem rastrear o ponto de potência máxima utilizando um sistema de controle automático,

maximum power point tracker (MPPT), de modo que seja disponibilizado à carga o máximo de energia disponível no painel solar^{28,29,30}.

4) Fator de forma ou Fill Factor (FF): o fator de forma é essencialmente uma medida de qualidade da célula solar e revela a quadratura da curva I-V. O FF é a relação entre a potência máxima que a mesma pode fornecer a uma carga e o produto de I_{sc} e V_{oc} . É expresso por:

$$FF = \frac{I_{MP}V_{MP}}{I_{SC}V_{OC}} \quad (2)$$

5) Eficiência (EF): é a relação entre a potência elétrica máxima disponível na saída da célula e a potência da luz irradiada (P_{IN}), expressado por:

$$EF = \frac{I_{MP}V_{MP}}{P_{IN}} \quad (3)$$

1.3.3 Influência da camada adicional de espalhamento de luz

Devido à existência de recombinação de carga na DSSC (o que resulta em uma perda de elétrons fotogerados durante o transporte) a espessura da película do fotoeletrodo, deve ser menor do que o comprimento de difusão de elétron. Idealmente, todos os elétrons fotogerados difundem através de uma curta distância dentro da película do fotoeletrodo e atingem o ânodo transparente antes que ocorra a recombinação. À medida que a película do fotoeletrodo se torna mais fina, a perda de energia encontrada pelos elétrons fotogerados é reduzida. Esta competição dinâmica entre a geração e a recombinação dos elétrons tem sido considerada como um gargalo que limita as DSSC de atingir eficiências de conversão mais elevados do que os valores atuais de 10 ~ 13%.³¹ A melhoria da eficiência de captura de luz do fotoeletrodo é uma abordagem que pode reduzir a necessidade de uma maior espessura do filme no fotoeletrodo. Reduzir a espessura, sem perder fotogeração, serviria para reduzir a taxa de recombinação e melhorar o desempenho das DSSCs.³¹ Uma abordagem para aumentar a captação de luz é através do espalhamento da luz dentro da célula. Para tanto, uma camada adicional com característica espalhadora de luz (TiO_2 -rutila com 400 nm de diâmetro³²) é aplicada sobre a camada original do semicondutor. Devido ao tamanho suficientemente grande das partículas, a camada adicional tem área de superfície baixa o que praticamente não gera aderência do corante. Como mostrado na *Figura 3*, a camada adicional causa a dispersão da luz (*Light scattering*) gerando um aumento do percurso da mesma dentro do fotoeletrodo o que leva ao aumento da probabilidade de interação entre as moléculas de corante e os fótons, ou seja, aumentado na corrente gerada sem perda de tensão e gerando um ganho de eficiência.^{33,34}

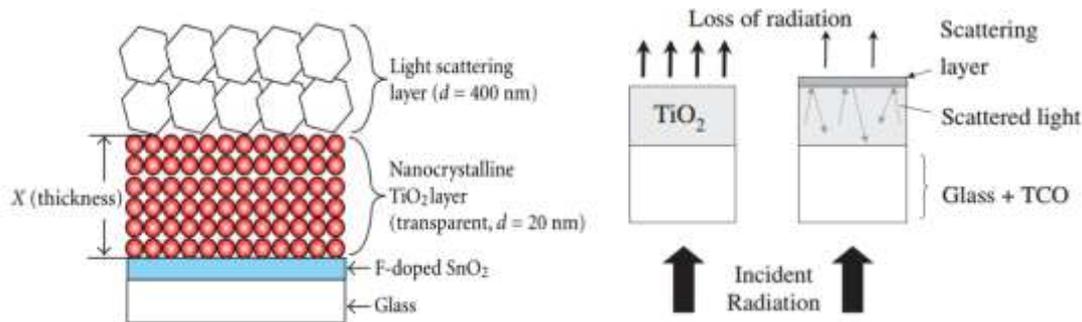


Figura 3. (esquerda) Estrutura de uma DSSC com camada adicional de TiO_2 -400 nm.³⁵ (direita) Processo de captura de luz na DSSC devido à adição de uma camada de dispersão.³²

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 SÍNTESE DAS NANOPARTÍCULAS DE TiO_2 DE 20 nm

As nanopartículas de TiO_2 de 20 nm a serem utilizadas nas células foram preparadas com base em metodologia descrita na literatura.¹⁷ 15,64 mL de isopropóxido de titânio 97% (Sigma-Aldrich) foi adicionado gota-a-gota 5,72 mL em uma solução de ácido acético (que evita a formação da fase rutilo) glacial à temperatura ambiente, sob vigorosa agitação por 15 minutos. Esta solução foi vertida em 72,5 mL de água, sob agitação, formando imediatamente um precipitado branco. Após 1 hora de agitação, adicionou-se, por gotejamento, 1 mL de ácido nítrico 63% (HNO_3 63%) à solução que foi aquecida a 78°C por 8 horas, sob forte agitação para que ocorresse a peptização, isto é, a destruição dos aglomerados e redispersão em partículas primárias. A solução foi em seguida filtrada sobre de um filtro poroso de vidro para remover aglomerados não peptizados. Foi adicionada água ao filtrado para ajustar a concentração final de sólidos para ~ 5% em peso. O crescimento das nanopartículas com cerca de 20 nm de diâmetro foi obtido em um sistema de autoclave à 250°C por 12 horas (a temperatura influencia no tamanho desejado das partículas). Durante esse processo ocorreu a sedimentação das nanopartículas e para redispersá-las adicionou-se 0,6 mL de HNO_3 63% e utilizou-se um ultrassom de ponteira de 450 W por 30 ciclos de 2 segundos. A solução obtida foi centrifugada e lavada três vezes com etanol anidro para remover todo o excesso de ácido e remover a água. Após estes ciclos de centrifugação, obteve-se um precipitado de 40% de TiO_2 em etanol contendo traços de água.

2.2 SÍNTESE DE PARTÍCULAS SUBMICROMÉTRICAS DE TiO_2 DE 400 nm

O procedimento experimental para a síntese da pasta de partículas submicrométricas de TiO_2 com 400 nm de diâmetro, que serão utilizadas como camada de espalhamento da luz, foi realizado baseado na literatura.³⁶ Tetracloreto de titânio (3N; TiCl_4 , Sigma-Aldrich) foi utilizado como um material de partida para a fabricação de TiO_2 usando o método de precipitação homogênea. A fim de preparar a solução aquosa de TiOCl_2 a ser usada como uma solução estoque, TiCl_4 foi resfriado abaixo de 0°C . Para tanto foi colocado numa temperatura constante (0°C) em um recipiente de reação, em seguida, pedaços de gelo de água destilada foram adicionados ao recipiente para a reação de hidrólise. Durante a reação

ocorreram formação de produtos intermediários instáveis como $TiO(OH)_2$, estes produtos intermediários formaram-se em primeiro lugar, mas, em seguida, dissolvem-se com a adição de pedaços de gelo de modo a formar uma solução de $TiOCl_2$ amarelo aquosa. Os pedaços de gelo arrefecem o calor da reação da solução de $TiCl_4$, que ocorre a partir da reação com água e a umidade do ar, e também ajudam na reação seguinte através da formação de $TiO(OH)_2$ amarelado. Aqui, a concentração da solução aquosa de $TiOCl_2$ deve ficar em 2 M, e foi controlada por adição de pedaços de gelo. Segundo a literatura ³⁶, esta solução aquosa $TiOCl_2$ pode ser mantida num estado estável sem precipitação, mesmo após um ano à temperatura ambiente. Finalmente, adicionou-se água destilada para se obter uma solução aquosa de $TiOCl_2$ com concentração de 0,5 M de Ti_{4+} para assim gerar uma precipitação homogênea. Por outro lado, a adição direta de uma grande quantidade de água no $TiCl_4$ facilmente a torna branca e turva com formação de $Ti(OH)_4$ pela hidrólise da solução de $TiCl_4$, e sem formação de uma solução aquosa amarelo de $TiOCl_2$. TiO_2 cristalino em pó não foi precipitado durante o processo.

A precipitação homogênea foi obtida através da alteração das taxas de aquecimento e tempo de reação de uma solução aquosa $TiOCl_2$ à temperatura ambiente até 100 °C sob uma pressão de 1 atm. Depois de terminada a precipitação o material precipitado foi filtrado utilizando água destilada e etanol. Durante a etapa inicial de filtração, os precipitados foram filtrados por água destilada cujo pH era controlado por uma solução de HCl para evitar peptização (destruição dos aglomerados e redispersão em partículas primárias) durante a filtragem. Quando o valor do pH do precipitado era > 4, os precipitados eram filtrados continuamente utilizando etanol até que o valor de pH dos precipitados tornava-se neutro. Aqui, a utilização de etanol serviu para evitar a aglomeração entre precipitados, bem como para lavá-los. O filtrado precipitado foi seco a 50 °C durante 12h para se obter o pó final.

2.3 OBTENÇÃO DA PASTA DE TiO_2

A pasta foi obtida preparando-se uma solução com 0,5326 g de etil-celulose 5-15 mPAS, 0,42 g de etil celulose 30-60 mPAS, solubilizados em 2,145 mL de etanol anidro. Após a total solubilização da etil-celulose, adicionou-se 7,9 mL de tolueno a esta solução. A solução de etil-celulose foi adicionada no TiO_2 concentrado obtido anteriormente e homogeneizado, após isto adiciona-se 4,3 mL de Terpinol. A pasta foi então agitada e concentrada em ultrassom à 40°C até se tornar bem viscosa.

2.4 MONTAGEM DA DSSC

A pasta de TiO_2 foi impressa em tela em um substrato condutor transparente (óxido de estanho dopado com flúor - FTO) previamente embebido em solução aquosa de $TiCl_4$ 40 mM a 60 °C por 30 min. O substrato foi aquecido em uma placa quente a 125 °C por 20 min e a 450 °C por 30 min em forno tubular. O eletrodo mesoporoso de TiO_2 foi imerso em 0,5 mM cis-bis (isotiocianato) bis (2,20-bipiridil-4,40-dicarboxilato) -rutênio (II) N-719 em acetonitrila / álcool terc-butílico (1: 1 v/v) e mantido à temperatura ambiente por 24 h. Os contra-eletrodos foram preparados por revestimento da superfície do FTO com 30 μ L de ácido hexacloroplatínico 1 mM

e aquecidos a 500 °C. O dispositivo foi selado utilizando uma película polimérica de baixa temperatura de fusão (Meltonix). O eletrólito era um tiocianato de guanidina 0,6 M BMII, 0,03 M I₂, 0,10 M e 0,5 M de 4-terc-butilpiridina numa mistura de acetonitrilo e valeronitrilo.

2.5 OBTENÇÃO DAS CURVAS TENSÃO VERSUS CORRENTE PARA AS CÉLULAS ILUMINADAS E NO ESCURO

As curvas I-V das DSSCs foram obtidas em uma sala climatizada através de medidas de curvas de corrente elétrica *versus* potencial elétrico no intervalo entre -0,2V e +1,1V com dezoito e diferentes níveis de tensão (intervalo médio de 78 mV). Foram montados doze DSSCs conforme características listadas na *Tabela 1*. Para cada DSSC foram efetuadas cinco medições I-V, sendo três medições com iluminação (IC1, IC2 e IC3) e duas medições no escuro (IE1 e IE2) totalizando 36 curvas I-V. As curvas I-V de geração de fotocorrente foram obtidas em um sistema da Oriel Instruments, constituído por uma lâmpada de xenônio de 300 W, com intensidade de luz incidente de 100 mW.cm⁻², alimentada por uma fonte modelo 66485 gerando um espectro tipo AM1.5 relativo a referência spectral solar padronizada pela ASTM G-173 (*American Society for Testing and Materials Terrestrial Reference Spectra for Photovoltaic Performance Evaluation*). Os valores de tensão/corrente foram fornecidos/medidos por um instrumento tipo fonte-amperímetro (SourceMeter®) fabricado pela empresa Keithley modelo 2410-c. Este aparelho fornece tensão enquanto faz medições de corrente sem a necessidade de mudar as conexões. Através de uma rotina imposta por um programa de computador acoplado ao equipamento gera-se uma diferença de potencial em formato de rampa (V) nos terminais da célula e simultaneamente mede a corrente (I) na saída da célula. As medidas no escuro foram efetuadas enclausurando a célula em uma câmara escura especialmente construída para esta finalidade. Cada tipo de célula montada possuía uma diferenciação em relação a uma célula tomada como padrão conforme *Tabela 1*.

Os resultados obtidos pelas curvas I-V tanto no claro como no escuro foram gerados considerando que temperatura na DSSC durante o ensaio foi constante no valor de 24 °C e considerando a irradiância presente no ensaio como constante. Para evitar que o calor da lâmpada de tungstênio de alta potência, utilizada para o levantamento das curvas I-V, provocasse o aquecimento célula durante os ensaios foi ajustado o tempo de varredura da tensão de forma que o tempo total do ensaio fosse de apenas 12 segundos.

Tabela 1. Características das 12 células montadas

DSSCs	Característica da DSSCs
1 e 2	Célula Padrão ¹⁵ : Filme de TiO ₂ com 10 µm de espessura, tratado termicamente a 500 °C, sensibilizador N3; presença de camada de barreira (underlayer) ³⁷ .
3 e 4	Presença de camada adicional com 5 µm de espessura de TiO ₂ -rutila 400 nm utilizada como camada de espalhamento;

2.6 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS PARA MODELAGEM ELÉTRICA

Conforme literatura consultada³⁸ os principais parâmetros de modelamento elétrico da célula solar são: resistência série R_s , resistência paralela R_p , fator de idealidade n , corrente de escuro I_0 e corrente elétrica de irradiância I_{PH} .

Para a obtenção dos cinco parâmetros elétricos citados foi utilizado o algoritmo estabelecido pela literatura³⁸ e os dados obtidos das curvas I-V no claro e no escuro da DSSC no capítulo 2.6. O referido algoritmo foi elaborado através equacionamento teórico do circuito utilizando a técnica de análise de circuitos chamada *leis de Kirchhoff*, a saber, “a soma das correntes em um nó é igual a zero” e “a soma das quedas de tensão em um circuito fechado é igual a zero”. Adicionalmente às leis de Kirchhoff são utilizados: a equação de Shockley para o diodo, a lei de ohm, técnica de derivação implícita, definição de resistência dinâmica e metodologia numérica para determinação do coeficiente de uma função exponencial

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RESULTADOS DAS CÉLULAS SEM CAMADA DE ESPALHAMENTO

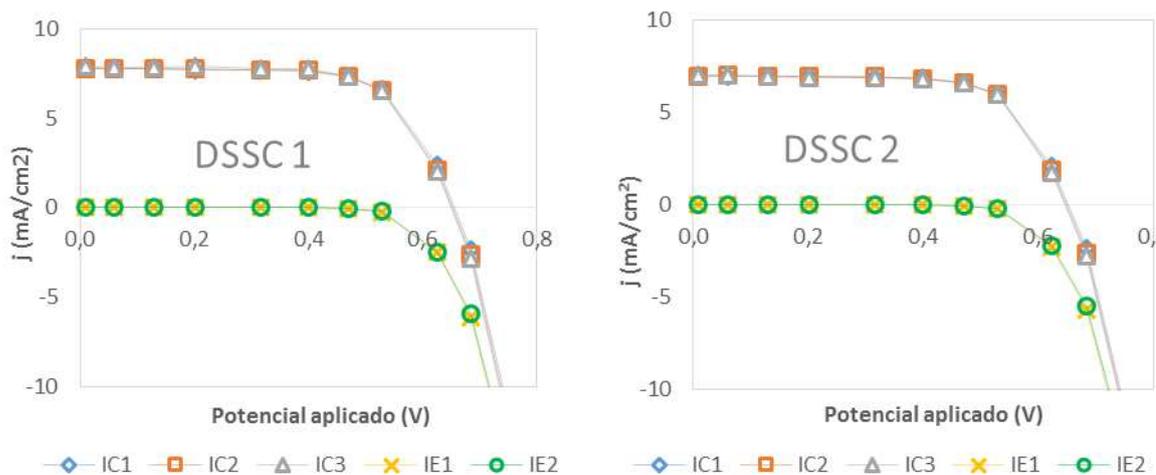


Figura 4. Caracterização elétrica das DSSCs 1 e 2 (Células padrão).

Tabela 2. Parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células 1 e 2. Dados interpolados: tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito (V_{oc} e J_{sc}). Calculados conforme literatura³⁸ fator de forma, eficiência de fotoconversão, fator de idealidade, corrente de escuro, resistência paralela, resistência série e corrente fotogerada (EF, FF, n , J_0 , R_p , R_s e J_{PH})

	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA.cm ⁻²)	FF (%)	EF (%)	n -	J_0 (nA.cm ⁻²)	R_p (k Ω)	R_s (Ω)	J_{PH} (mA.cm ⁻²)
DSSC 1	0,65	7,84	68	3,49	1,93	13,2	7,70	5,86	7,85
DSSC 2	0,65	7,00	69	3,12	1,88	8,23	4,93	6,44	7,01
Média	0,65	7,42	68	3,30	1,91	10,69	6,32	6,15	7,43

A *Figura 4* mostra as curvas de corrente versus potencial para as DSSCs 1 e 2 (células padrão) sendo que IC1, IC2 e IC3 representam três leituras com iluminação e IE1 e IE2 representam as duas leituras no escuro. Sob irradiação as DSSCs 1 e 2 apresentaram fotocorrente média de $7,42 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$. Na *Tabela 2* são mostrados os parâmetros obtidos das curvas I-V apresentadas na *Figura 4* conforme metodologia apresentada na literatura ³⁸.

3.2 INFLUÊNCIA DA CAMADA ADICIONAL DE ESPALHAMENTO DE LUZ

A *Figura 5* mostra as curvas de corrente versus potencial obtidas das DSSCs 3 e 4 sendo que IC1, IC2 e IC3 representam três leituras com iluminação e IE1 e IE2 representam as duas leituras no escuro. Estas células foram montadas com a adição de uma camada de ca. de $5 \mu\text{m}$ de espessura de partículas de TiO_2 com cerca de 400 nm de diâmetro. Na *Tabela 3* são mostrados os parâmetros obtidos das curvas I-V apresentadas na *Figura 5* conforme metodologia apresentada na literatura ³⁸.

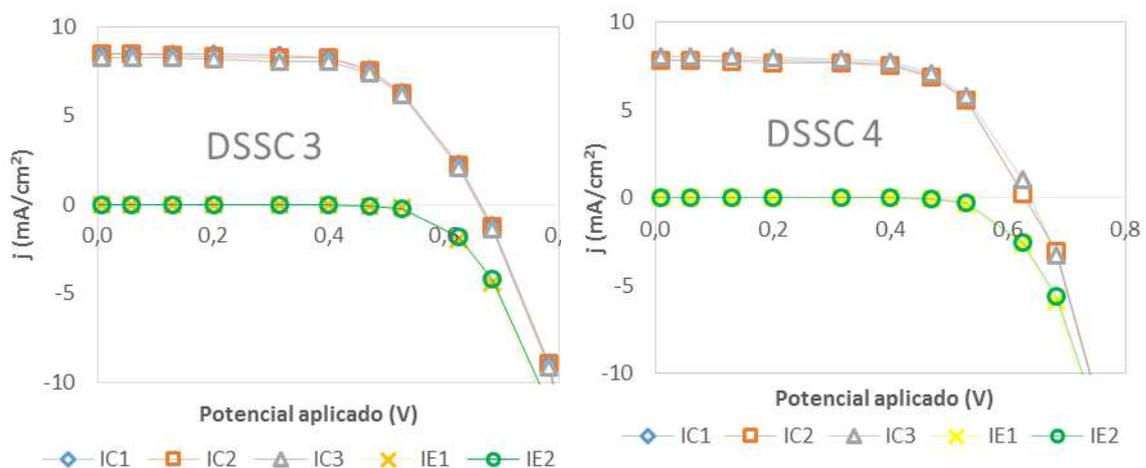


Figura 5. Caracterização elétrica das Células 3 e 4. Diferenciação das células padrão: Presença de camada adicional de TiO_2 utilizada como camada de espalhamento.

Tabela 3. Parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células 3 e 4. Dados interpolados: tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito (V_{oc} e J_{sc}). Calculados conforme literatura ³⁸ fator de forma, eficiência de fotoconversão, fator de idealidade, corrente de escuro, resistência paralela, resistência série e corrente fotogerada (EF , FF , n , J_0 , R_p , R_s e J_{PH})

	V_{oc} (V)	J_{sc} ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	FF (%)	EF (%)	n -	J_0 ($\text{nA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	R_p ($\text{k}\Omega$)	R_s (Ω)	J_{PH} ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)
DSSC 3	0,662	8,40	62	3,43	2,22	64,7	3,21	7,98	8,42
DSSC 4	0,633	7,89	66	3,29	1,93	18,5	3,00	7,02	7,91
Média	0,65	8,14	64	3,36	2,07	41,59	3,10	7,50	8,16

Através dos parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células 3 e 4 (*Tabela 3*), comparadas com as células padrão 1 e 2 (*Tabela 2*), pode

se observar que a camada adicional aumentou a fotocorrente (10%), o VOC manteve-se constante e o fator de forma degradou (6%), e como resultado a eficiência da célula aumentou (2%),

É importante observar que nos dispositivos 1 e 2, sem camada espalhadora de luz, o filme de TiO_2 com cerca de 10 μm de espessura é constituído por partículas com cerca de 20 nm de diâmetro, portanto, há cerca de 500 camadas de nanopartículas no filme semicondutor, considerando que cada molécula de corante tem menos de 1 nm, a espessura da camada fotoativa é inferior a 500 nm, logo deduzimos que adicionar uma camada de espalhamento de luz contribuiu para aumentar a geração de pares elétron-buraco. Também podemos observar que na célula com a camada adicional de TiO_2 ocorreu um aumento substancial da resistência série (22%) nos fazendo deduzir que espessuras menores da camada espalhadora de luz certamente iriam gerar menores impactos no Fator de Forma (FF) da célula.

4. CONCLUSÃO

Para que as células solares sensibilizadas por corante se consolidem como uma alternativa de geração de energia é necessário otimizar a eficiência de conversão nas DSSCs.

Através da metodologia apresentada neste trabalho foi possível verificar que uma camada adicional com 5 μm de espessura de TiO_2 -rutila com 400 nm de diâmetro, apesar de aumentar a resistência série (22%) e assim degradar o FF (6%), provocou o aumento do percurso da luz dentro da área fotoativa da célula incrementando de forma relevante a fotocorrente gerada (10%) e melhorando da eficiência da célula (2%).

Recomenda-se que novos estudos sejam feitos de forma a avaliar a influência da espessura da camada espalhadora de luz de formar a verificar-se a espessura ótima com respeito a eficiência da célula.

REFERÊNCIAS

- 1 Sonai, G.S., Melo, M.A., Nunes J.B., Megiatto, J.D., Nogueira A.F.; Células solares sensibilizadas por corantes naturais: um experimento introdutório sobre energia renovável para alunos de graduação. *Quim. Nova* **2015**, *38*(10), 1357-1365
- 2 Toivola, M., Peltola, T., Miettunen, K., Halme, J., Lund, P.; Thin film nano solar cells from device optimization to upscaling. *J Nanosci Nanotechnol* **2010**, *10*(2), 1078–1084
- 3 Murayama, M., Mori, T.; Evaluation of treatment effects for high performance dye-sensitized solar cells using equivalent circuit analysis. *Thin Solid Films* **2006**, *509*(1-2), 123-126

- 4 Murayama, M., Mori, T.; Novel Tandem cell structure of dye sensitized solar cell for improvement in photocurrent. *Thin Solid Films* **2008**, 516(9), 2716-2722
- 5 Meng, N., Leung, M.K.H., Leung, D.Y.C., Sumathy, K.; Theoretical modeling of TiO₂/TCO interfacial effect on dye-sensitized solar cell performance. *Solar Energy Materials & Solar Cells* **2006**, 90(13), 2000-2009
- 6 Grätzel, M; Photoelectrochemical cells. *Nature* **2001**, 414(6861), 338-344
- 7 Han L., Koide N., Chiba Y., Mitate T.; Modeling of an equivalent circuit for dye-sensitized solar cells. *Applied Physics Letters* **2004**, 84(13), 2433-2435
- 8 Kern, R., Sastrawan, R., Ferber, J., Stangl, R., Luther, J.; Modeling and interpretation of electrical impedance spectra of dye solar cells operated under open-circuit conditions. *Electrochimica Acta* **2002**, 47(26), 4213–4225
- 9 Obotowo, I.N., Obot, I.B., Ekpe, U.J.; Organic sensitizers for dye-sensitized solar cell (DSSC): Properties from computation, progress and future perspectives. *Journal of Molecular Structure* **2016**, 1122, 80-87.
- 10 Ni, M., Leung, M.K.H., Leung, D.Y.C., Sumathy, K.; An analytical study of the porosity effect on dye-sensitized solar cell performance; *Sol Energy Mater Sol Cells* **2006**, 90(9), 1331–1344
- 11 Halme, J., Vaherma, P., Miettunen, K., Lund, P.; Device Physics of Dye Solar Cells; *Adv. Mater* **2010**, 22(35), 210-234
- 12 Grätzel, M., Conversion of sunlight to electric power by nanocrystalline dye-sensitized solar cells; *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* **2004**, 164(1–3), 3–14
- 13 Yella, A., Lee, H.W., Tsao, H.N., Yi, C., Chandiran, A.K., Nazeeruddin, M.K., Diao, E.W., Yeh, C.Y., Zakeeruddin, S.M., Grätzel, M.; Porphyrin-sensitized solar cells with cobalt (II/III)—based redox electrolyte exceed 12 percent efficiency. *Science* **2011**, 334(6056), 629–634
- 14 Santos, A.J.; *Separação e Recombinação de Cargas em Células, Solares Fotoeletroquímicas*, disponível em www.repositorio.ufal.br/bitstream/riufal/1016/1/Tese_AgnaldoJosedosSantos_2010.pdf (acesso em 15/06/2016)
- 15 O'Regan, B., Grätzel, M.; A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films **1991**, *Nature*, 353(6346), 737–740
- 16 Sengupta, D., Dasa, P., Mondala, B., Mukherjee, K.; Effects of doping, morphology and film-thickness of photo-anode materials for dye sensitized solar cell application – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2016**, 60, 356–376
- 17 Barbe, C.J.; Arendse, F., Comte, P., Jirousek, M., Lenzenmann, F., Shklover, V., Gratzel, M.; Nanocrystalline titanium oxide electrodes for photovoltaic applications. *Journal of the American Ceramic Society* **1997**, 80(12), 3157-3171
- 18 Gratzel, M.; Heterogeneous Photochemical Electron Transfer. *CRC Press: Boca Raton* **1989**, FL
- 19 O'Regan, B., Moser, J., Anderson M., Gratzel, M.; Vectorial Electron Injection into

- Transparent Semiconductor Membranes and Electric Field Effects on the Dynamics of Light-Induced Charge Separation. *The Journal of Physical Chemistry* **1990**, *94(24)*, 8720-8726
- 20 Hagfeldt, A. ; Bjorksten, U. ; Lindquist, Se.; Photoelectrochemical Studies Of Colloidal TiO₂-Films - The Charge Separation Process Studied By Means Of Action Spectra In The UV Region. *Solar Energy Materials And Solar Cells* **1992**, *27(4)*, 293-304
- 21 Landmann, M., Rauls E., Schmidt W.G.; The electronic structure and optical response of rutile, anatase and brookite TiO₂. *Journal of Physics: Condensed Matter* **2012**, *24(19)*, 195503
- 22 Costal, A. C. F. M., Vilarl, M. A., Liral, H. L., Kiminamill, R.H.G.A., Gamal, L.; Síntese e caracterização de nanopartículas de TiO₂; *Cerâmica* **2006**, *52(324)*, 255-259
- 23 Castro, A. L. et al; Synthesis of anatase TiO₂ nanoparticles with high temperature stability and photocatalytic activity. *Solid State Sciences* **2008**, *10(5)*, 602-606
- 24 Grätzel, M.; Solar energy conversion by dye-sensitized photovoltaic cells; *Inorganic chemistry* **2005**, *44(20)*, 6841-51
- 25 Wang, Q., Ito, S., Grätzel, M., Fabregat-Santiago, F., Mora-Sero, I., Bisquert, J.; Characteristics of high efficiency dye-sensitized solar cells; *The Journal of Physical Chemistry B* **2006**, *110(50)*, 25210-25221
- 26 Jørgensen, M., Carlé, J.E., Søndergaard, R.R., Lauritzen, M., Dagnæs-Hansen, N.A., Byskov, S.L., Andersen, T.R., Larsen-Olsen, T.T., Böttiger, A.P.L., Andreasen, B., Fu, L., Zuo, L., Liu, Y., Bundgaard, E., Zhan, X., Chen, H., Krebs, F.C.; The state of organic solar cells—A meta analysis. *Solar Energy Materials and Solar Cells* **2013**, *119(2013)*, 84-93
- 27 Sodergren, S., Hagfeldt, A., Olsson, J.; Lindquist, S.-E.; Theoretical models for the action spectrum and the current-voltage characteristics of microporous semiconductor films in photoelectrochemical cells. *Journal of physical chemistry* **1994**, *98(21)*, 5552-5556
- 28 Chin, V.J., Salam, Z., Ishaque, K.; Cell modelling and model parameters estimation techniques for photovoltaic simulator application: A review. *Applied Energy* **2015**, *154*, 500-519
- 29 Ganesh, D., Moorthi, S., Sudheer, H.; A Voltage Controller in Photo-Voltaic System with Battery Storage for Stand-Alone Applications. *International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS)* **2012**, *2(1)*, 9-18
- 30 Tavares, M.A.P.; *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*, disponível em www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf (acesso em 15/02/2016)
- 31 Wanga, Z.S., Kawauchib, H., Kashimab, T., Arakawac, H.; Significant influence of TiO₂ photoelectrode morphology on the energy conversion efficiency of N719 dye-sensitized solar cell. *Coordination Chemistry Reviews* **2004**, *248(13–14)*, 1381–1389

-
- 32 Hore, S., Vetter, C., Kern, R., Smit, H., Hinsch, A.; Influence of scattering layers on efficiency of dye-sensitized solar cells. *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* **2006**, *90*, 1176-1188
- 33 Zhang, Q. et al; Light scattering with oxide nanocrystallite aggregates for dye-sensitized solar cell application. *Journal of Nanophotonics* **2010**, *4(1)*, 041540-23
- 34 Ito, S., Nazeeruddin, M.K., Zakeeruddin, S.M., et al.; Study of Dye-Sensitized Solar Cells by Scanning Electron Micrograph Observation and Thickness Optimization of Porous Electrodes. *International Journal of Photoenergy* **2009**, *special section*, 1-8
- 35 Ito, S., Nazeeruddin, M.K., Zakeeruddin, S.M., et al.; Study of Dye-Sensitized Solar Cells by Scanning Electron Micrograph Observation and Thickness Optimization of Porous Electrodes. *International Journal of Photoenergy* **2009**, *special section*, 1-8
- 36 Kim, S.J., Park, S.D., Jeong, Y.H.; Homogeneous Precipitation of TiO₂ Ultrafine Powders from Aqueous TiOCl₂ Solution. *J. Am. Ceram. Soc.* **1999**, *82(4)*, 927–932
- 37 Ito, S., Murakami, T.N., Comte, P., Liska, P., Grätzel, C., Nazeeruddin, M.K., Grätzel, M.; Fabrication of thin film dye sensitized solar cells with solar to electric power conversion efficiency over 10%. *Thin Solid Films* **2008**, *516(14)*, 4613-4619
- 38 Andrade, R.L., Oliveira, M.C., Kohlrausch, E.C., Santos, Marcos J.L.; Simplified and quick electrical modeling for dye sensitized solar cells: An experimental and theoretical investigation. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* **2018**; *116 (2018)*, 273–280

INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE TRATAMENTO TÉRMICO DOS FILMES DE SEMICONDUTOR DO ELETRODO NOS PARÂMETROS ELÉTRICOS DE CÉLULAS SOLARES SENSIBILIZADAS POR CORANTE

Andrade, R.L.¹
Santos, M.J.L.²
Oliveira, M.C.³
Kohlrausch, E.C.⁴

- ¹ Mestre, Rocelito Lopes de Andrade, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, R. Pinheiro Machado, 205 - Industrial, Novo Hamburgo - RS, 93320-490, Rocelito.andrade@gmail.com
- ² PHD, Marcos José Leite dos Santos, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, mjls.research@gmail.com
- ³ Doutorando, Matheus Costa de Oliveira, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, matheuscdoliveira@gmail.com
- ⁴ Doutorando, Emerson Cristofer Kohlrausch, Programa de Pós-Graduação em Ciências dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil, matheuscdoliveira@gmail.com

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

O **objetivo** deste trabalho foi avaliar o efeito da temperatura de tratamento térmico dos filmes de semicondutor do eletrodo nas propriedades elétricas das células solares sensibilizadas por corante (DSSCs). Quanto aos **procedimentos metodológicos**, foram montadas células solares diferenciadas das células consideradas padrão pela alteração na temperatura de tratamento térmico do fotoanodo: ao invés de 500°C utilizado nas células padrão, os filmes utilizados nas células em avaliação foram aquecidos a 600°C. Estas células foram caracterizadas através de curvas de corrente versus potencial (sob iluminação e no escuro). As curvas obtidas geraram os dados necessários para alimentar um algoritmo que gerou os principais parâmetros elétricos das células. Os parâmetros obtidos foram então comparados com as células padrão. **Os resultados** apontaram redução da corrente gerada (23%), redução da resistência paralela (33%) e manutenção do valor do VOC e da resistência série. A partir dos resultados empíricos obtidos, as variações nos parâmetros elétricos foram justificadas teoricamente, levando a um maior entendimento dos processos físico-químicos envolvidos na síntese dos fotoanodos das DSSCs.

Palavras-chave: DSSC; Tratamento térmico do fotoanodo; Parâmetros elétricos;

INFLUENCE OF HEAT TREATMENT TEMPERATURE OF ELECTRODE SEMICONDUCTOR FILMS ON DYE-SENSITIZED SOLAR CELL ELECTRICAL PARAMETERS.

Abstract

The objective of this research article was to evaluate the effect of heat treatment temperature on the electrical properties of dye-sensitized solar cells (DSSCs). Regarding the methodological procedures, differentiated solar cells from the standard cells were assembled by the change in the heat treatment temperature of the photo anode: instead of 500°C used in the standard cells, the films used in the cells under evaluation were heated to 600°C. These cells were characterized by current versus potential curves (under illumination and in the dark). The curves obtained generated the necessary data to feed an algorithm that generated the main electrical parameters of the cells. The obtained parameters were then compared with the standard cells. The results showed reduction of the generated current (23%), reduction of the parallel resistance (33%) and maintenance of the VOC value and the series resistance. From the empirical results obtained, the variations in the electrical parameters were theoretically justified, leading to a better understanding of the physicochemical processes involved in the synthesis of the DSSCs photoanodes.

Key words: DSSC; Photoanode heat treatment; Electrical parameters

1. INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do trabalho

O desenvolvimento de fontes alternativas de energia tem recebido crescente atenção nos últimos anos, devido a crescente consciência sobre os impactos causados pelo uso de uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis.¹ Dentro deste contexto, a energia solar surge como uma alternativa promissora, em virtude de seu grande potencial energético. No momento, cerca de 90% dos módulos solares comercializados são baseados em células fotovoltaicas de silício mono e policristalino,² que apresentam elevado custo, o que se torna um dos fatores que limitam a popularização da geração de energia através de células solares.^{1,3,4} As células solares sensibilizadas por corante, também conhecidas como DSSCs (*Dye Sensitized Solar Cells*), representam uma excepcional alternativa para a produção de módulos solares com custo extremamente baixo. Como um sistema fotoeletroquímico regenerativo, as DSSCs tipicamente compreendem um eletrodo de TiO₂ mesoporoso sensibilizado por corante, um eletrólito contendo um par redox, e um contraeletrodo de platina que serve como catalisador (devolve rapidamente os elétrons ao eletrólito) para a reação redox. O mecanismo de funcionamento destes dispositivos baseia-se na separação de cargas fotoinduzidas na interface semiconductor/corante/eletrólito. Atualmente essas células solares apresentam eficiência de fotoconversão de até 10% em sua configuração clássica⁵⁻¹², porém, este valor pode variar com a modificação dos componentes chegando a alcançar até 13%.^{1,13}

A competição dinâmica entre a geração e a recombinação dos elétrons tem sido considerada como um gargalo que limita as DSSC de atingir eficiências de conversão mais elevados do que os valores atuais de 10 ~ 13%. Para otimizar a eficiência de conversão nas DSSCs, é fundamental compreender os processos de geração, recombinação e os mecanismos de transporte de corrente elétrica.

Uma abordagem para aumentar eficiência de fotoconversão das células solares sensibilizadas por corante é através da correta escolha da temperatura de tratamento térmico dos filmes de semicondutor do eletrodo para aumentar a área de superfície por unidade de volume do filme semicondutor, modificando a quantidade de corante adsorvido, bem como o coeficiente efetivo de difusão de elétrons.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo geral avaliar o efeito da temperatura de tratamento térmico dos filmes de Semicondutor do eletrodo nas propriedades elétricas das células solares sensibilizadas por corante (DSSCs).

1.2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Sintetizar partículas nanométricas (20 nm) de TiO_2 ;
- ❖ Montar dois pares de DSSCs, diferenciando cada conjunto através da temperatura de tratamento térmico dos filmes de Semicondutor do eletrodo;
- ❖ Gerar curvas tensão versus corrente para as células iluminadas e no escuro;
- ❖ Gerar os valores dos principais parâmetros que compõem o modelo elétrico das células;
- ❖ Comparar os resultados nos parâmetros elétricos obtidos das células com diferentes temperaturas de tratamento térmico dos filmes de Semicondutor do eletrodo;

1.3 REVISÃO DA LITERATURA

1.3.1 A célula solar sensibilizada por corante

Em 1991, um grupo de pesquisa liderado pelo professor M. Grätzel desenvolveu uma célula de conversão de energia solar em energia elétrica do tipo DSSC que causou grande interesse da comunidade científica. Ele mostrou que o uso de nanopartículas de TiO_2 (anatase) sensibilizadas por um corante resultava em geração eficiente de energia elétrica.¹⁴ As DSSC desenvolvidas por Grätzel tem grande versatilidade química, podem ser montadas com diferentes sensibilizadores, apresentam estabilidade energética e estrutural, baixo custo de produção, compatibilidade com o meio ambiente e geração de energia renovável com ótima eficiência.^{9,15,16}

A estrutura típica de uma DSSC está representada na *Figura 1* (direita). O fotoanodo é composto por um filme mesoporoso de nanopartículas de TiO_2 com cerca de 10 μm de espessura. As nanopartículas de TiO_2 apresentam dopagem

do tipo-n (devido às vacâncias do oxigênio na rede cristalina). O filme de TiO_2 é depositado sobre um filme fino de FTO (*fluorine doped tin oxide*) suportado sobre uma lâmina de vidro. As nanopartículas de TiO_2 são cobertas por uma monocamada de sensibilizador (corante) que é adsorvido na superfície do TiO_2 através de grupos de ancoragem, principalmente carboxilatos e grupos fosfônicos. A estrutura mesoporosa do eletrodo de TiO_2 proporciona uma elevada área de superfície que permite a adsorção de grandes quantidades de sensibilizador. O contra eletrodo (cátodo) é composto por um filme de nanopartículas de platina depositadas sobre um filme de FTO suportado sobre vidro. A função do contra-eletrodo é auxiliar na rápida regeneração do sensibilizador. Para evitar o curto-circuito, o eletrodo e o contraeletrodo são mantidos afastados através de um espaçador termoplástico de cerca de $35 \mu\text{m}$ que também auxilia na vedação da DSSC, sendo que uma camada de eletrólito líquido preenche o espaço entre os eletrodos.¹¹

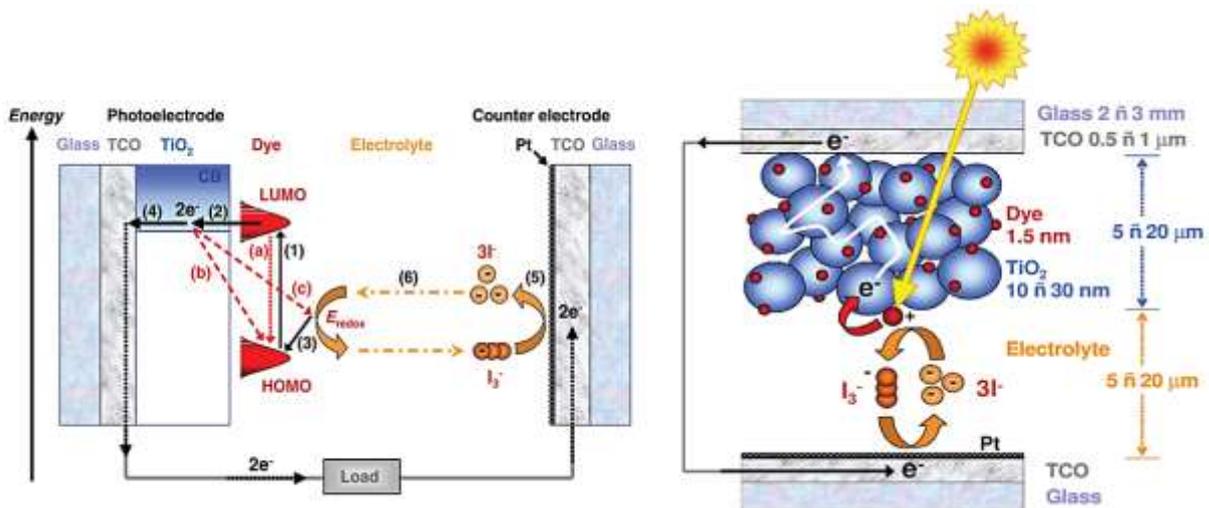


Figura 1. (esquerda) Princípio de funcionamento da DSSC. “1, 2, 3, 4, 5 e 6” são reações para frente conforme definido no texto. “a,b,c” são as reações “para traz” que limitam a fotocorrente: (a) relaxação do estado excitado do corante, (b) recombinação dos elétrons do SC com o corante oxidado e (c) com o triiodeto no eletrólito. (direita) Amostra esquemática das células fotoeletroquímicas usando nanocristalino TiO_2 .¹¹

O princípio que descreve a geração de fotocorrente é representado na *Figura 1* (esquerda). **(1)** Quando o corante (normalmente um complexo de rutênio) absorve um fóton com energia suficiente, um elétron é excitado do orbital molecular ocupado de maior energia (HOMO) para o orbital molecular desocupado de menor energia (LUMO). **(2)** Este processo é seguido pela injeção dos elétrons fotoexcitados para a banda de condução do semiconductor (normalmente TiO_2 - anatase). **(3)** Este processo resulta na oxidação (perda de elétrons) do HOMO do corante, que precisa ser regenerado (reduzido) pela captura de elétrons a partir do eletrólito (tipicamente doadores iodetos I^- e aceptores triiodetos I_3^- em solução com solvente orgânico de acetonitrila). **(4)** O elétron injetado no filme TiO_2 viaja principalmente por efeito de difusão (e fracamente por campo elétrico)¹⁷⁻¹⁹ até que ele encontra seu caminho para o eletrodo coletor onde é liberado para o circuito elétrico externo. O filme de TiO_2 apresenta estabilidade química a longo prazo (resistência à fotocorrosão), baixo custo de obtenção, não toxicidade, baixa sensibilidade à presença de impurezas e

o benefício que a grande área superficial proporciona à eficiência.²⁰⁻²² (5) Na sequência do processo, o elétron retorna para a célula através de uma reação de redução do eletrólito no contraeletrodo. (6) O circuito elétrico da célula é completado pelo transporte iônico do par redox no eletrólito.

Descrições completas e detalhadas do sistema de operação de um DSSC pode ser encontrada facilmente na literatura.^{6, 11, Erro! Indicador não definido.: 14, 16, 23, 24, 25}

1.3.2 Principais Parâmetros elétricos de uma célula solar

A Figura 2 representa as características I-V (corrente x potencial) e P-V (potência x potencial) típicas de uma DSSC. A curva é registrada através da variação de tensão externa frente à fotovoltagem, ao mesmo tempo que se mede a corrente. A partir desta curva podem ser determinados os principais parâmetros elétricos que caracterizam as DSSCs: corrente de curto circuito, tensão de circuito aberto, ponto de máxima potência, fator de forma e eficiência, conforme descritos a seguir.²⁶

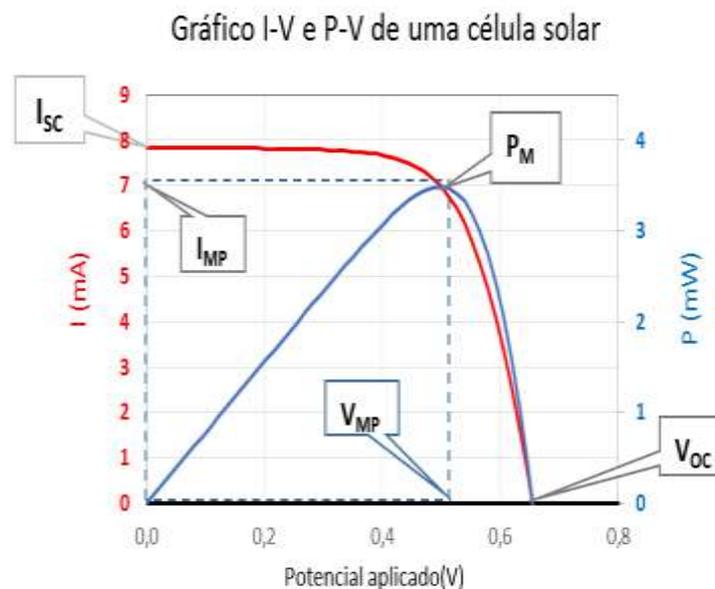


Figura 2. Corrente e potência elétrica em função da diferença de potencial aplicada em uma DSSC de 0,20cm² de área circular sob condições padrão de ensaio (irradiância 1.000W/m², espectro solar AM1.5, temperatura de 24°C). Os principais parâmetros elétricos são destacados. I_{sc} é a corrente de curto circuito, V_{oc} é a tensão de circuito aberto, P_M é a potência máxima, I_{MP} e V_{MP} são respectivamente a corrente e a tensão no ponto de máxima potência.

2. MATERIAL E MÉTODO

2.1 SÍNTESE DAS NANOPARTÍCULAS DE TiO₂ (20 nm)

As nanopartículas de TiO₂ de 20 nm a serem utilizadas nas células foram preparadas com base em metodologia descrita na literatura.¹⁶ 15,64 mL de isopropóxido de titânio 97% (Sigma-Aldrich) foi adicionado gota-a-gota 5,72 mL em uma solução de ácido acético (que evita a formação da fase rutilo) glacial à temperatura ambiente, sob vigorosa agitação por 15 minutos. Esta solução foi vertida em 72,5 mL de água, sob agitação, formando imediatamente um

precipitado branco. Após 1 hora de agitação, adicionou-se, por gotejamento, 1 mL de ácido nítrico 63% (HNO_3 63%) à solução que foi aquecida a 78°C por 8 horas, sob forte agitação para que ocorresse a peptização, isto é, a destruição dos aglomerados e redispersão em partículas primárias. A solução foi em seguida filtrada sobre de um filtro poroso de vidro para remover aglomerados não peptizadas. Foi adicionada água ao filtrado para ajustar a concentração final de sólidos para ~ 5% em peso. O crescimento das nanopartículas com cerca de 20 nm de diâmetro foi obtido em um sistema de autoclave à 250°C por 12 horas (a temperatura influencia no tamanho desejado das partículas). Durante esse processo ocorreu a sedimentação das nanopartículas e para redispersá-las adicionou-se 0,6 mL de HNO_3 63% e utilizou-se um ultrassom de ponteira de 450 W por 30 ciclos de 2 segundos. A solução obtida foi centrifugada e lavada três vezes com etanol anidro para remover todo o excesso de ácido e remover a água. Após estes ciclos de centrifugação, obteve-se um precipitado de 40% de TiO_2 em etanol contendo traços de água.

2.2 OBTENÇÃO DA PASTA DE TiO_2

A pasta foi obtida preparando-se uma solução com 0,5326 g de etil-celulose 5-15 mPAS, 0,42 g de etil celulose 30-60 mPAS, solubilizados em 2,145 mL de etanol anidro. Após a total solubilização da etil-celulose, adicionou-se 7,9 mL de tolueno a esta solução. A solução de etil-celulose foi adicionada no TiO_2 concentrado obtido anteriormente e homogeneizado, após isto adiciona-se 4,3 mL de Terpinol. A pasta foi então agitada e concentrada em ultrassom à 40°C até se tornar bem viscosa.

2.3 MONTAGEM DA DSSC

A pasta de TiO_2 foi impressa em tela em um substrato condutor transparente (óxido de estanho dopado com flúor - FTO) previamente embebido em solução aquosa de TiCl_4 40 mM a 60°C por 30 min. O substrato foi aquecido em uma placa quente a 125°C por 20 min e a 450°C por 30 min em forno tubular. O eletrodo mesoporoso de TiO_2 foi imerso em 0,5 mM cis-bis (isotiocianato) bis (2,20-bipiridil-4,40-dicarboxilato) -rutênio (II) N-719 em acetonitrila / álcool terc-butílico (1: 1 v/v) e mantido à temperatura ambiente por 24 h. Os contra-eletrodos foram preparados por revestimento da superfície do FTO com 30 μL de ácido hexacloroplatínico 1 mM e aquecidos a 500°C . O dispositivo foi selado utilizando uma película polimérica de baixa temperatura de fusão (Meltonix). O eletrólito era um tiocianato de guanidina 0,6 M BMII, 0,03 M I2, 0,10 M e 0,5 M de 4-terc-butilpiridina numa mistura de acetonitrilo e valerionitrilo.

2.4 OBTENÇÃO DAS CURVAS TENSÃO VERSUS CORRENTE PARA AS CÉLULAS ILUMINADAS E NO ESCURO

As curvas I-V das DSSCs foram obtidas em uma sala climatizada através de medidas de curvas de corrente elétrica *versus* potencial elétrico no intervalo entre -0,2V e +1,1V com dezoito e diferentes níveis de tensão (intervalo médio de 78 mV). Foram montados doze DSSCs conforme características listadas na

Tabela 1. Para cada DSSC foram efetuadas cinco medições I-V, sendo três medições com iluminação (IC1, IC2 e IC3) e duas medições no escuro (IE1 e IE2) totalizando 36 curvas I-V. As curvas I-V de geração de fotocorrente foram obtidas em um sistema da Oriel Instruments, constituído por uma lâmpada de xenônio de 300 W, com intensidade de luz incidente de 100 mW.cm^{-2} , alimentada por uma fonte modelo 66485 gerando um espectro tipo AM1.5 relativo a referência spectral solar padronizada pela ASTM G-173 (*American Society for Testing and Materials Terrestrial Reference Spectra for Photovoltaic Performance Evaluation*). Os valores de tensão/corrente foram fornecidos/medidos por um instrumento tipo fonte-amperímetro (SourceMeter®) fabricado pela empresa Keithley modelo 2410-c. Este aparelho fornece tensão enquanto faz medições de corrente sem a necessidade de mudar as conexões. Através de uma rotina imposta por um programa de computador acoplado ao equipamento gera-se uma diferença de potencial em formato de rampa (V) nos terminais da célula e simultaneamente mede a corrente (I) na saída da célula. As medidas no escuro foram efetuadas enclausurando a célula em uma câmara escura especialmente construída para esta finalidade. Cada tipo de célula montada possuía uma diferenciação em relação a uma célula tomada como padrão conforme *Tabela 1*.

Tabela 1. Características das quatro células montadas

DSSCs	Característica da DSSCs
1 e 2	Célula Padrão ¹⁴ : Filme de TiO ₂ com 10 µm de espessura, tratado termicamente a 500 °C, sensibilizador N3; presença de camada de barreira (underlayer) ²⁷ .
5 e 6	Temperatura de tratamento térmico do filme mesoporoso de TiO ₂ : 600 °C;

2.5 OBTENÇÃO DOS PARÂMETROS PARA MODELAMENTO ELÉTRICO

Conforme literatura consultada²⁸ os principais parâmetros de modelamento elétrico da célula solar são: resistência série R_s , resistência paralela R_p , fator de idealidade n , corrente de escuro I_0 e corrente elétrica de irradiância I_{PH} .

Para a obtenção dos cinco parâmetros elétricos citados foi utilizado o algoritmo estabelecido pela literatura³³ e os dados obtidos das curvas I-V no claro e no escuro da DSSC no capítulo 2.6. O referido algoritmo foi elaborado através equacionamento teórico do circuito utilizando a técnica de análise de circuitos chamada *leis de Kirchhoff*, a saber, “a soma das correntes em um nó é igual a zero” e “a soma das quedas de tensão em um circuito fechado é igual a zero”. Adicionalmente às leis de Kirchhoff são utilizados: a equação de Shockley para o diodo, a lei de ohm, técnica de derivação implícita, definição de resistência dinâmica e metodologia numérica para determinação do coeficiente de uma função exponencial

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO TiO₂

3.1.1 Caracterização Morfológica

Propriedades do TiO₂:

O TiO₂ apresenta 3 fases polimórficas principais denominadas brookita, anatase e rutilo. Estas fases são formadas por sítios octaédricos ligeiramente distorcidos de Ti e O com pequenas diferenças no empacotamento dos átomos. Sendo essas diferenças cruciais para as propriedades distintas apresentadas. Dentre estas, podemos destacar as fases anatase e rutilo como as mais estudadas, uma vez que são as mais comumente sintetizadas em laboratório e com maior aplicação fotocatalítica.

Normalmente a fase anatase é a fase mais produzida através de rotas hidrotérmicas, contudo em alguns processos é observada a formação de pequenas quantidades de brookita e/ou rutilo. De acordo com a literatura, a fase rutilo é a termodinamicamente mais estável e as fases brookita e anatase podem ser transformadas irreversivelmente em rutilo. Trabalhos experimentais descritos na literatura mostram que essa estabilidade apresenta dependência com o tamanho da nanopartícula. É observado que em partículas menores que 10 nm a fase mais estável é a anatase, para tamanhos entre 11-35 nm a fase mais estável é a brookita e acima de 35 nm é a fase rutilo. Devido a esta relação entre a estabilidade da fase polimórfica com o tamanho de cristalito, nanopartículas na fase anatase são raramente obtidas com tamanhos maiores que 35 nm enquanto nanopartículas de TiO₂ na fase rutilo são raramente observadas com dimensões menores que 35 nm. A explicação para essa dependência vem da relação entre a contribuição da energia de superfície e a energia do bulk do material, para a estabilidade do sistema. A diminuição do tamanho resulta em um aumento da razão superfície/volume tornando a energia superficial um fator mais importante para a energia termodinâmica total da partícula.

A explicação para o mecanismo envolvido na transição entre as fases anatase-rutilo não é trivial, sendo pouco abordado ou discutido na literatura. Esta transição de fase não ocorre em uma temperatura específica, sendo observada em uma extensa faixa de temperatura compreendida entre 400 e 1200 °C. De um modo geral, se encontra uma série de fatores que são discutidos como fatores que favorecem ou inibem a transição. Este processo é considerado reconstrutivo; primeiro ocorre a ruptura das ligações Ti-O na fase anatase, seguido pelo rearranjo dos átomos e a formação de novas ligações Ti-O na fase rutilo. Este processo tem como início de nucleação do rutilo no plano (112) da anatase formando o plano (100) do rutilo. Vários estudos teóricos e experimentais mostram que a presença de defeitos na fase anatase favorece esta transição de fase. Em geral a transformação de fase anatase-rutilo é influenciada pelo método de preparação da amostra, presença de impurezas ou dopantes, defeitos no retículo cristalino e pela atmosfera presente durante a transformação. A energia necessária para promover a quebra das ligações Ti-O tem forte dependência com a dopagem e quantidade de defeitos no TiO₂. Alguns dopantes aumentam a estabilidade das ligações Ti-O da fase anatase, sendo necessária uma maior energia para promover a quebra das ligações, iniciando o processo de transição.

Como pode ser observado na *Figura 3*, as nanopartículas de TiO₂ apresentam formato aproximadamente esférico e diâmetro médio de 17 nm.

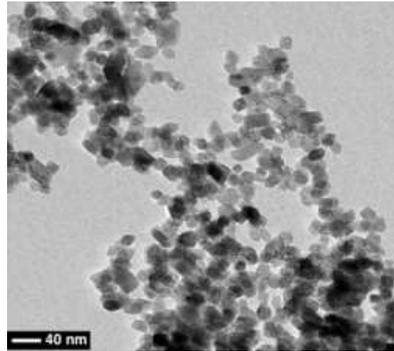


Figura 3: Imagem obtida por microscopia eletrônica de transmissão das nanopartículas de TiO₂.

3.1.2 Caracterização Estrutural Dos Filmes De TiO₂ De 20 nm E 400 nm Através De Difração De Raios X

Como o filme de TiO₂ representa uma parte significativa do dispositivo e a fase polimórfica (amorfo, anatase ou rutila) afeta as propriedades elétricas e ópticas do TiO₂, as nanopartículas de TiO₂ utilizadas para obtenção do filme mesoporoso e para camada de espalhamento de luz foram sintetizadas e caracterizadas por difração de raios X. A *Figura 4* mostra os difratogramas de raios X obtidos das amostras de TiO₂ de ca. 20 nm e 400 nm de diâmetro.¹⁶ **Erro! Indicador não definido.** As nanopartículas de 20 nm foram tratadas termicamente a (a) 400 °C, (b) 500 °C e (c) 600 °C e a amostra de partículas de 400 nm foi tratada termicamente a (d) 500 °C (todas por uma hora). O difratograma da amostra de TiO₂ de 20 nm tratada a 400 °C apresenta picos de difração característicos da fase anatase (JCPDS 21-1272). O fato de não haver a formação de fases secundárias é desejado, uma vez que a fase anatase é a mais favorável para aplicação em DSSCs.²⁹ Os difratogramas das amostras tratadas a 500 °C e 600 °C apresentam picos de difração característicos da fase anatase e da fase rutila (PDF 21-1276) e comparando a intensidade dos picos é possível observar que a fase anatase é dominante. Conforme previsto pela literatura a amostra (d), utilizada neste trabalho como dispersante de luz, apresenta preponderância da fase rutila. **Erro! Indicador não definido.**

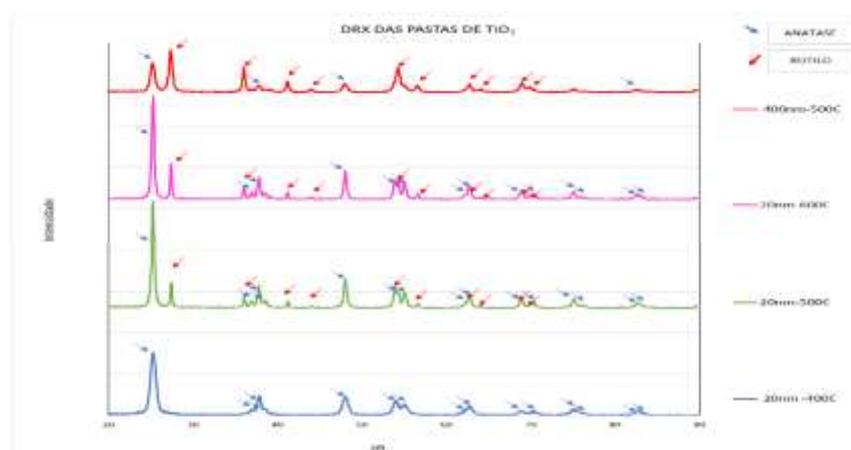


Figura 4. Difratogramas de raios X obtidos para amostras de TiO₂.

3.1.3 Influência da temperatura de tratamento térmico na estrutura cristalina dos filmes SC no eletrodo (500 °C x 600 °C)

Com o objetivo de avaliar o efeito da temperatura de tratamento térmico nas propriedades elétricas das DSSCs, foram montadas duas células (células 5 e 6) diferenciadas das células padrão (células 1 e 2) pela alteração na temperatura de tratamento térmico do fotoanodo. Ao invés de 500 °C utilizado nas células padrão, os filmes utilizados nas células 2 e 3 foram aquecidos a 600 °C. É importante ressaltar que a 400 °C as partículas de TiO₂ já se soldam uma as outras (sinterização) o que facilita o deslocamento dos elétrons entre as partículas do semicondutor. Como pôde ser observado nos difratogramas de raios X da *Figura 4* com aquecimento até cerca de 500 °C a estrutura cristalina do TiO₂ é anatase, mas em 600 °C a fase rutila está presente de forma substancial.

3.2 RESULTADOS DAS CÉLULAS PADRÃO 1 E 2 TRATADAS A 500C

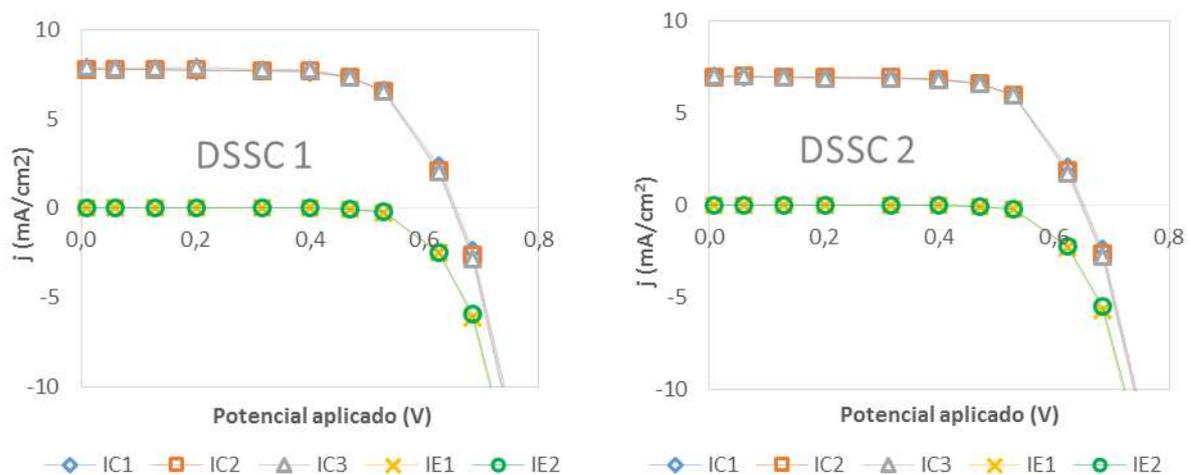


Figura 5. Caracterização elétrica das DSSCs 1 e 2 (Células padrão).

Tabela 2. Parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células 1 e 2. Dados interpolados: tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito (V_{oc} e J_{sc}). Calculados conforme literatura³³ fator de forma, eficiência de fotoconversão, fator de idealidade, corrente de escuro, resistência paralela, resistência série e corrente fotogerada (EF, FF, n, J_0 , R_p , R_s e J_{PH})

	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA.cm ⁻²)	FF (%)	EF (%)	n -	J_0 (nA.cm ⁻²)	R_p (kΩ)	R_s (Ω)	J_{PH} (mA.cm ⁻²)
DSSC 1	0,65	7,84	68	3,49	1,93	13,2	7,70	5,86	7,85
DSSC 2	0,65	7,00	69	3,12	1,88	8,23	4,93	6,44	7,01
Média	0,65	7,42	68	3,30	1,91	10,69	6,32	6,15	7,43

A *Figura 5* mostra as curvas de corrente versus potencial para as DSSCs tomadas como padrão 1 e 2 (células padrão) sendo que IC1, IC2 e IC3 representam três leituras com iluminação e IE1 e IE2 representam as duas leituras no escuro. Sob irradiação as DSSCs 1 e 2 apresentaram fotocorrente média de $7,42 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$. Na *Tabela 2* são mostrados os parâmetros obtidos das curvas I-V apresentadas na *Figura* conforme metodologia apresentada na literatura³³.

3.3 RESULTADOS DAS CÉLULAS TRATADAS A 600C

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra as curvas de corrente versus potencial obtidas das DSSCs 5 e 6 sendo que IC1, IC2 e IC3 representam três leituras com iluminação e IE1 e IE2 representam as duas leituras no escuro. Estas células foram montadas com a adição de uma camada de ca. de $5 \mu\text{m}$ de espessura de partículas de TiO_2 com cerca de 400 nm de diâmetro. Na *Tabela 3* são mostrados os parâmetros obtidos das curvas I-V apresentadas na 6 conforme metodologia apresentada na literatura³³.

A *Figura 6* mostra as curvas de corrente versus potencial obtidas para os dispositivos 5 e 6.

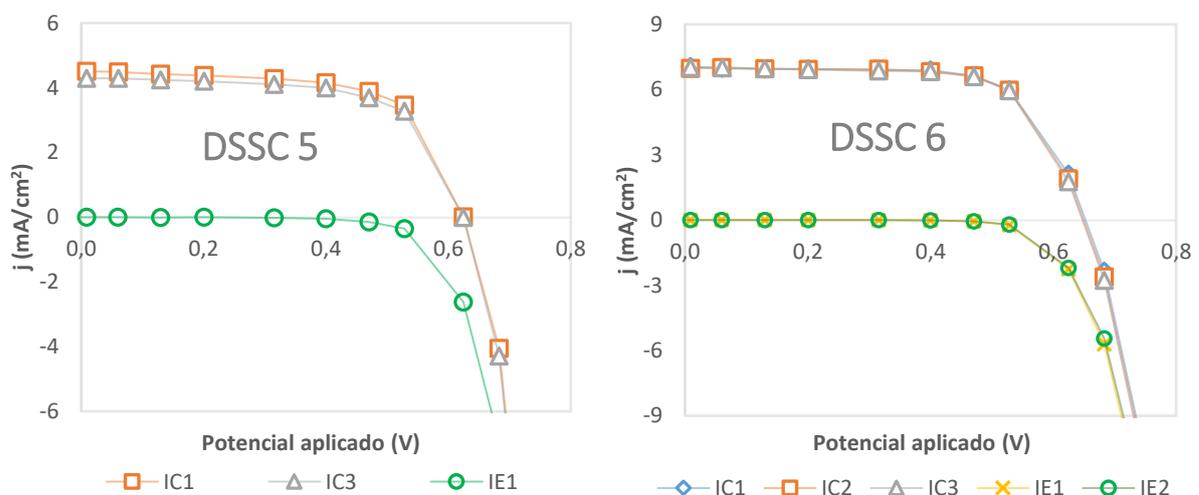


Figura 6. Caracterização elétrica das Células 5 e 6. Diferenciação das células padrão: filme mesoporoso de TiO_2 tratado termicamente a $600 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabela 3. Parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células 5 e 6. Dados interpolados: tensão de circuito aberto e corrente de curto circuito (V_{oc} e J_{sc}). Calculados: fator de forma, eficiência, fator de idealidade, corrente de escuro, resistência paralela, resistência série e corrente fotogerada (EF, FF, n , J_0 , R_p , R_s e J_{PH})

	V_{oc} (V)	J_{sc} ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	FF (%)	EF (%)	n -	J_0 ($\text{nA}\cdot\text{cm}^{-2}$)	R_p ($\text{k}\Omega$)	R_s (Ω)	J_{PH} ($\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$)
DSSC 5	0,625	4,41	67	1,84	1,96	14,7	1,86	5,93	4,42
DSSC 6	0,650	7,02	68	3,09	1,84	6,22	2,49	6,47	7,04
Média	0,637	5,71	67	2,47	1,90	10,47	2,17	6,20	5,73

Através dos parâmetros obtidos a partir da caracterização elétrica das células 5 e 6, comparadas com as células padrão 1 e 2, podemos observar uma concordância dos resultados com a literatura, tendo em vista que o aumento da temperatura de tratamento térmico do fotoanodo realmente gerou uma **substancial redução da corrente gerada** (23%), uma grande **redução da resistência paralela** (33%) e o **V_{oc} foi essencialmente o mesmo**.

Segundo a literatura³⁰ **os valores de V_{oc} em células montadas com filmes de mesma espessura de anatase e rutilo são essencialmente os mesmos**, ou seja, a pequena diferença (0,02 eV) do nível de Fermi entre as duas estruturas cristalinas não acarreta mudanças significativas de V_{oc}. Porém, a fotocorrente de curto-circuito da célula baseada em rutilo (puro) é cerca de 30% inferior do que a da célula com anatase (puro).³² A área de superfície por unidade de volume do filme rutilo, é cerca de 25% menor do que a do filme anatase. Assim, a fotocorrente inferior do filme de rutilo correlaciona-se com uma quantidade menor de corante adsorvido, devido a uma menor área de superfície por unidade de volume em comparação com a do filme anatase. Estudos descritos na literatura mostram que devido a diferenças na extensão da conectividade interpartículas associado com a densidade de empacotamento das partículas, o coeficiente efetivo de difusão de elétrons da fase anatase é cerca de dez vezes superior ao da fase rutila. Além disso estudos de espectroscopia de intensidade-modulada de fotocorrente e SEM (*Scanning Electron Microscopy*) sugerem que o transporte de elétrons é mais lento na fase rutilo do que na fase anatase.³² Assim, o efeito esperado nas células com eletrodos sinterizados a temperaturas superiores a 500°C, gerando o aparecimento da fase rutila, é uma **substancial redução da corrente gerada** e uma **diminuição da resistência paralela** devido a maior porosidade (menor empacotamento) da fase rutila.

4. CONCLUSÃO

Para que as células solares sensibilizadas por corante se consolidem como uma alternativa de geração de energia é necessário otimizar a eficiência de conversão nas DSSCs.

Através da metodologia apresentada neste trabalho foi possível verificar que o aumento da temperatura de tratamento térmico do filme SC no eletrodo de 500°C para 600 °C, degradou significativamente as propriedades elétricas da célula solar sensibilizada por corante: apesar de não afetar o VOC (tensão de circuito aberto) a mudança da temperatura de tratamento e a consequente mudança da fase anatase para a fase rutila do TiO₂ reduziu da corrente gerada em 23%, e reduziu a resistência paralela em 66% gerando uma degradação do fator de forma.

5. REFERÊNCIAS

- 1 Sonai, G.S., Melo, M.A., Nunes J.B., Megiatto, J.D., Nogueira A.F.; Células solares sensibilizadas por corantes naturais: um experimento introdutório sobre energia renovável para alunos de graduação. *Quim. Nova* **2015**, *38*(10), 1357-1365
- 2 Toivola, M., Peltola, T., Miettunen, K., Halme, J., Lund, P.; Thin film nano solar cells from device optimization to upscaling. *J Nanosci Nanotechnol* **2010**, *10*(2), 1078–1084
- 3 Murayama, M., Mori, T.; Evaluation of treatment effects for high performance dye-sensitized solar cells using equivalent circuit analysis. *Thin Solid Films* **2006**, *509*(1-2), 123-126
- 4 Murayama, M., Mori, T.; Novel Tandem cell structure of dye sensitized solar cell for improvement in photocurrent. *Thin Solid Films* **2008**, *516*(9), 2716-2722
- 5 Meng, N., Leung, M.K.H., Leung, D.Y.C., Sumathy, K.; Theoretical modeling of TiO₂/TCO interfacial effect on dye-sensitized solar cell performance. *Solar Energy Materials & Solar Cells* **2006**, *90*(13), 2000-2009
- 6 Grätzel, M; Photoelectrochemical cells. *Nature* **2001**, *414*(6861), 338-344
- 7 Han L., Koide N., Chiba Y., Mitate T.; Modeling of an equivalent circuit for dye-sensitized solar cells. *Applied Physics Letters* **2004**, *84*(13), 2433-2435
- 8 Kern, R., Sastrawan, R., Ferber, J., Stangl, R., Luther, J.; Modeling and interpretation of electrical impedance spectra of dye solar cells operated under open-circuit conditions. *Electrochimica Acta* **2002**, *47*(26), 4213–4225
- 9 Obotowo, I.N., Obot, I.B., Ekpe, U.J.; Organic sensitizers for dye-sensitized solar cell (DSSC): Properties from computation, progress and future perspectives. *Journal of Molecular Structure* **2016**, *1122*, 80-87.
- 10 Ni, M., Leung, M.K.H., Leung, D.Y.C., Sumathy, K.; An analytical study of the porosity effect on dye-sensitized solar cell performance; *Sol Energy Mater Sol Cells* **2006**, *90*(9), 1331–1344
- 11 Halme, J., Vaherma, P., Miettunen, K., Lund, P.; Device Physics of Dye Solar Cells; *Adv. Mater* **2010**, *22*(35), 210-234
- 12 Grätzel, M., Conversion of sunlight to electric power by nanocrystalline dye-sensitized solar cells; *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* **2004**, *164*(1–3), 3–14
- 13 Yella, A., Lee, H.W., Tsao, H.N., Yi, C., Chandiran, A.K., Nazeeruddin, M.K., Diau, E.W., Yeh, C.Y., Zakeeruddin, S.M., Grätzel, M.; Porphyrin-sensitized solar cells with cobalt (II/III)—based redox electrolyte exceed 12 percent efficiency. *Science* **2011**, *334*(6056), 629–634

- 14 O'Regan, B., Grätzel, M.; A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films **1991**, *Nature*, 353(6346), 737–740
- 15 Sengupta, D., Dasa, P., Mondala, B., Mukherjee, K.; Effects of doping, morphology and film-thickness of photo-anode materials for dye sensitized solar cell application – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* **2016**, 60, 356–376
- 16 Barbe, C.J.; Arendse, F., Comte, P., Jirousek, M., Lenzmann, F., Shklover, V., Gratzel, M.; Nanocrystalline titanium oxide electrodes for photovoltaic applications. *Journal of the American Ceramic Society* **1997**, 80(12), 3157-3171
- 17 Gratzel, M.; Heterogeneous Photochemical Electron Transfer. *CRC Press: Boca Raton* **1989**, FL
- 18 O'Regan, B., Moser, J., Anderson M., Gratzel, M.; Vectorial Electron Injection into Transparent Semiconductor Membranes and Electric Field Effects on the Dynamics of Light-Induced Charge Separation. *The Journal of Physical Chemistry* **1990**, 94(24), 8720-8726
- 19 Hagfeldt, A. ; Bjorksten, U. ; Lindquist, Se.; Photoelectrochemical Studies Of Colloidal TiO₂-Films - The Charge Separation Process Studied By Means Of Action Spectra In The UV Region. *Solar Energy Materials And Solar Cells* **1992**, 27(4), 293-304
- 20 Landmann, M., Rauls E., Schmidt W.G.; The electronic structure and optical response of rutile, anatase and brookite TiO₂. *Journal of Physics: Condensed Matter* **2012**, 24(19), 195503
- 21 Costal, A. C. F. M., Vilarl, M. A., Liral, H. L., Kiminamill, R.H.G.A., Gamal, L.; Síntese e caracterização de nanopartículas de TiO₂; *Cerâmica* **2006**, 52(324), 255-259
- 22 Castro, A. L. et al; Synthesis of anatase TiO₂ nanoparticles with high temperature stability and photocatalytic activity. *Solid State Sciences* **2008**, 10(5), 602-606
- 23 Grätzel, M.; Solar energy conversion by dye-sensitized photovoltaic cells; *Inorganic chemistry* **2005**, 44(20), 6841-51
- 24 Wang, Q., Ito, S., Grätzel, M., Fabregat-Santiago, F., Mora-Sero, I., Bisquert, J.; Characteristics of high efficiency dye-sensitized solar cells; *The Journal of Physical Chemistry B* **2006**, 110(50), 25210-25221
- 25 Jørgensen, M., Carlé, J.E., Søndergaard, R.R., Lauritzen, M., Dagnæs-Hansen, N.A., Byskov, S.L., Andersen, T.R., Larsen-Olsen, T.T., Böttiger, A.P.L., Andreasen, B., Fu, L., Zuo, L., Liu, Y., Bundgaard, E., Zhan, X., Chen, H., Krebs, F.C.; The state of organic solar cells—A meta analysis. *Solar Energy Materials and Solar Cells* **2013**, 119(2013), 84-93
- 26 Sodergren, S., Hagfeldt, A., Olsson, J.; Lindquist, S.-E.; Theoretical models for the action spectrum and the current-voltage characteristics of microporous semiconductor films in photoelectrochemical cells. *Journal of physical chemistry* **1994**, 98(21), 5552-5556

-
- 27 Ito, S., Murakami, T.N., Comte, P., Liska, P., Grätzel, C., Nazeeruddin, M.K., Grätzel, M.; Fabrication of thin film dye sensitized solar cells with solar to electric power conversion efficiency over 10%. *Thin Solid Films* **2008**, *516(14)*, 4613-4619
- 28 Andrade, R.L., Oliveira, M.C., Kohlrausch, E.C., Santos, Marcos J.L.; Simplified and quick electrical modeling for dye sensitized solar cells: An experimental and theoretical investigation. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* **2018**; *116 (2018)*, 273–280
- 29 Park, N.G., Lagemaat, J., Frank, A.J.; Comparison of dye-sensitized rutile and anatase-based TiO₂ solar cells. *J. Phys. Chem. B* 2000, *104(38)*, 8989-8994
- 33 Andrade, R.L., Oliveira, M.C., Kohlrausch, E.C., Santos, Marcos J.L.; Simplified and quick electrical modeling for dye sensitized solar cells: An experimental and theoretical investigation. *Journal of Physics and Chemistry of Solids* 2018; *116 (2018)*, 273–280

DESENVOLVIMENTO DE UM PROCESSO DE LAMINAÇÃO DE MATERIAL COMPÓSITO COM FIBRA DE CARBONO E MATRIZ DE RESINA EPÓXI DA ASA DE UMA AERONAVE

de Castro, A.M.¹
Grison, V.²
Gasparin, A. L.³

- ¹ Graduado, Alexandre Mendes de Castro, Programa de pós-graduação em tecnologia e engenharia de materiais PPGTEM – IFRS, alexandre.mcastro@hotmail.com
² Mestre, Vagner Grison, Universidade de Caxias do Sul, vagrison@gmail.com
³ Doutor, Alexandre Luís Gasparin, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, campus Caxias do Sul, alexandre.gasparin@caxias.ifrs.edu.br

Resumo

O trabalho visa desenvolver um método para laminação do bordo de ataque da asa de uma aeronave rádio controlada em material compósito estrutural (fibra de carbono e resina epóxi) em substituição ao empregado atualmente em madeira balsa. Primeiramente, os componentes do material composto foram caracterizados separadamente. Para a resina epóxi foi necessária a fabricação de amostras que foram submetidas a diversos ciclos de cura em diferentes faixas de temperatura. Com base na análise das amostras pelo método da calorimetria exploratória diferencial (DSC), foi possível determinar a sua temperatura de transição vítrea e associar com o grau de reticulação da cadeia polimérica. As resistências mecânicas foram determinadas por meio de ensaio mecânico de tração, tanto para o epóxi quanto para a fibra do tecido. Porém, a resistência mecânica da fibra do tecido foi determinada por meio de ensaio de tração de uma única fibra. A resina e o tecido são de materiais comerciais, porém o processo para laminar o bordo de ataque foi desenvolvido especificamente para dar a forma do perfil do bordo de ataque da asa. Para isso, uma secção do laminado foi desenvolvida em processo de laminação manual, utilizando uma cura em autoclave com pressão e umidade controladas. A avaliação entre o modelo novo fabricado em material compósito e o modelo CAD pôde ser realizada em equipamento de medição tridimensional obtendo uma variação máxima de 10%. O perfil compósito apresentou uma maior rigidez se comparado ao de madeira balsa além de uma ótima qualidade de laminação avaliado visualmente.

Palavras-chave: Material compósito em matriz polimérica; Fibra de carbono; Processo de laminação.

DEVELOPMENT OF A CARBON FIBER COMPOSITE MATERIAL LAMINATION PROCESS AND AN AIRCRAFT WING EPOXY RESIN MATRIX

Abstract

The study aims to develop a method for lamination of the wing leading edge of a radio controlled aircraft in structural composite material (carbon fiber and epoxy resin) to replace the one currently used in balsa wood. Firstly the components of the composite material were characterized separately. For the epoxy resin it was necessary to manufacture samples that were submitted to several curing cycles in

different temperature ranges. Based on the analysis of the samples by the differential exploratory calorimetry (DSC) method, it was possible to determine their glass transition temperature and to associate with the degree of crosslinking of the polymeric chain. Mechanical strengths were determined by mechanical tensile testing for both epoxy and fabric fiber. However, the mechanical strength of the fabric fiber was determined by a single fiber tensile test. Resin and fabric are commercial materials, but the leading edge lamination process has been specifically developed to shape the leading edge edge profile. For this, a section of the laminate was developed in a manual lamination process, using an autoclave cure with controlled pressure and humidity. The evaluation between the new composite material model and the CAD model could be performed in three dimensional measuring equipment obtaining a maximum variation of 10%. The composite profile had a higher stiffness compared to balsa wood and a great quality of visually evaluated lamination.

Key words: Polymeric matrix composite material; Carbon fiber; Lamination process..

1 INTRODUÇÃO

Uma classe recente de materiais vem ganhando mais espaço e aplicações na área de desenvolvimento de produtos, são os chamados “materiais compósitos”. Os materiais compósitos são obtidos da combinação de outros materiais existentes em separado⁽¹⁾. Existem materiais compósitos naturais, como a madeira e existem os materiais combinados, como o concreto. Acrescentam-se ainda os materiais compósitos de alto desempenho. Dentre os custos envolvidos para a manufatura desses compósitos, cerca de 50% a 60% estão relacionados aos seus processos de fabricação⁽²⁾, que são o foco de estudo deste trabalho.

Esses compósitos de alto desempenho utilizam normalmente uma matriz polimérica combinada com uma fibra de alta resistência mecânica. São assim chamadas devido as suas excelentes propriedades mecânicas comparadas a sua baixa massa específica, entre as principais utilizadas estruturalmente se enquadram as fibras de vidro, de carbono e a de poliamida aromática (Kevlar®)⁽³⁾.

A fibra de carbono apresenta um módulo de elasticidade superior à fibra de vidro e de Kevlar. Um outro aspecto positivo da fibra de carbono é a sua baixa densidade, inferior à fibra de vidro e ao aço, porém a fibra de carbono possui uma baixa ductilidade e uma baixa resistência à compressão se comparada aos outros três materiais⁽³⁾.

A fibra de carbono é utilizada normalmente em aplicações de alto desempenho, sendo produzida a partir de filamentos percussores orgânicos⁽⁴⁾.

Durante o seu processo de fabricação, a fibra de carbono é esticada durante um período de 24 horas a uma temperatura na faixa de 230°C, depois carbonizada a 1.500°C em uma atmosfera inerte, e ainda sofre um processo de grafitação a 3.000°C⁽⁵⁾.

Essas fibras podem se apresentar de diversas formas na matriz, contínuas ou descontínuas, alinhadas em um único sentido ou aleatórias. Tanto a matéria prima para a produção da fibra de carbono quanto a orientação na lâmina afetam significativamente as propriedades do produto final⁽¹⁾.

Uma estrutura laminada é obtida segundo a disposição das camadas e a orientação da camada com relação ao eixo de referência. Essas formas incluem laminados de fibras multidirecionais feitos pelo empilhamento e consolidação de

lâminas de fibras, com as fibras em cada lâmina sendo unidirecional ou tecida. Em todas essas formas, o compósito é altamente anisotrópico, com a força, o módulo, a condutividade elétrica e a condutividade térmica sendo muito mais altas na direção da fibra do compósito do que nas outras direções⁽⁶⁾.

Na fabricação de compósito de matriz polimérica de fibras contínuas de carbono, o processo de laminação mais comum envolve o empilhamento de lâminas de fibras de carbono em orientações prescritas de fibras para os diferentes esforços. A orientação da fibra é a mesma para as fibras na mesma lâmina, mas tende a diferir para as fibras em diferentes lâminas. A escolha das orientações da fibra permite a adaptação das propriedades mecânicas compostas, conforme exigido por aplicações específicas. A configuração das lâminas afeta muito as propriedades mecânicas (resistência à tração, módulo, tenacidade e outras.) do compósito⁽⁷⁾.

Para aplicações estruturais de alto desempenho, os laminados envolvem fibras não tecidas. Dessa forma, as fibras são unidirecionais em cada lâmina, e as direções da fibra em diferentes lâminas podem não ser iguais. Por ter um número de diferentes direções de fibra para diferentes lâminas, o compósito global exibe propriedades mecânicas adequadas em várias direções no plano do laminado. Por meio da seleção adequada dessas direções, as propriedades mecânicas podem aproximar-se da isotropia no plano do laminado. No entanto, as propriedades mecânicas são pobres na direção perpendicular a este plano, devido ao elo fraco interlaminar. A fração de volume de fibra em um laminado é preferencialmente alta, uma vez que as fibras são componentes de suporte de carga. Assim, a fração de volume de fibra é tipicamente de cerca de 60%⁽³⁾.

Embora a geometria unidirecional envolva idealmente que todas as fibras estejam alinhadas e paralelas umas às outras, essas estão sempre levemente onduladas. Devido à anisotropia de uma fibra, a ondulação (conhecida como *marcelling*) não é atraente para o desempenho mecânico do compósito. Entretanto, isso resulta em um grau de contato fibra-fibra tanto na direção do plano quanto na direção da espessura⁽³⁾.

Outro fator a ser considerado quando se trata de aplicações em alto desempenho é a questão da tecelagem da fibra tecido. As fibras de um tecido são necessariamente dobradas, uma vez que a tecelagem implica que as fibras se sobreponham umas sobre as outras. Devido ao fato das propriedades das fibras serem superiores ao longo do eixo longitudinal da fibra, em relação à direção transversal. Além disso, existem os locais de concentração de tensão, resultantes da flexão causada pela sobreposição das fibras, que afetam negativamente as propriedades do compósito. Portanto, os tecidos normalmente não são usados para compósitos estruturais de alto desempenho (por exemplo, estruturas de aeronaves), que usam folhas de fibras alinhadas. No entanto, os tecidos são usados para aplicações menos exigentes, como componentes de bicicletas⁽³⁾,

Como mencionado anteriormente, a união da fibra na matriz pode ser feita por diversos materiais como metais, polímeros ou cerâmicas⁽²⁾. Em geral, os metais e os polímeros são usados como materiais da matriz, pois é desejável alguma ductilidade⁽¹⁾.

Os compósitos com matriz polimérica de fibra de carbono são excelentes na resistência à fadiga quando comparados aos compósitos com matriz metálica⁽⁸⁾. Sendo que, a resistência à fadiga de uma estrutura composta depende da configuração da fibra. Isso ocorre, porque o comportamento viscoelástico da matriz polimérica afeta a vida à fadiga⁽⁹⁾.

Outro fator que soma a favor da matriz polimérica é a molhabilidade. A energia superficial do reforço deve ser maior que a da matriz para garantir uma boa adesão. Esse fator está presente em matrizes poliméricas do tipo epóxi e poliéster, a menos que a viscosidade da resina seja muito alta, que dificultaria a adesão nessa matriz⁽²⁾.

Em comparação ao poliéster, o epóxi é superior em diversos aspectos, como a adesão melhor às fibras, a menor absorção de umidade, a contração inferior. Enquanto o epóxi contrai cerca de 2% no volume e 0,7% nas dimensões lineares, o poliéster contrai 6% no volume. Sendo assim, a resina epóxi é superior ao poliéster, quanto à estabilidade dimensional, fator importante para aplicações no setor aeronáutico^{(4), (10)}.

Um outro importante aspecto da resina epóxi, é a verificação da sua temperatura máxima de serviço, baseando-se no conhecimento da temperatura de transição vítrea (T_g)^{(6), (11)}.

Durante o processo de cura de uma resina epóxi, a sua T_g aumenta como consequência do aumento da densidade de reticulação. Temperatura e/ou tempo de cura insuficientes resultarão em uma T_g menor em virtude de um menor grau de reticulação da cadeia polimérica⁽¹²⁾.

Outro fator importante que afeta consideravelmente a T_g é a umidade, um teor de umidade elevado pode baixar consideravelmente essa temperatura, devido ao efeito plastificante que a água provoca entre as cadeias poliméricas do epóxi. Por isso, é importante monitorar o processo de laminação, bem como controlar o ambiente de produção^{(3), (13), (14)}.

Para controlar a T_g algumas técnicas de análise podem ser aplicadas, a calorimetria exploratória diferencial (DSC) é uma delas⁽¹⁵⁾. A calorimetria exploratória diferencial é a técnica mais focada na compreensão da cinética de cura e outros parâmetros do processo, uma vez que uma das principais aplicações do DSC é a medição da temperatura de transição vítrea⁽¹⁶⁾.

Uma das técnicas mais antigas e simples de manufatura de componentes é a manual⁽²⁾. Nesse processo as camadas de fibras de reforço em forma unidirecional, tecido, manta, entre outras, são colocadas manualmente sobre a superfície de um molde em orientações predeterminadas. O descolamento da superfície do molde é feito pela aplicação de um produto desmoldante. A resina pré-formulada com agente endurecedor adequado é aplicada sobre cada camada com pincel, espátula ou spray. Camadas de reforço e resina são sucessivamente aplicadas, até formar a espessura total desejada. O laminado geralmente cura à temperatura ambiente, embora o calor possa ser aplicado para acelerar o processo^{(2), (4)}. Essa técnica permite apenas o trabalho em moldes abertos, isto é, somente uma das superfícies da peça terá contato com o molde. Essa superfície terá um acabamento tão bom quanto o acabamento da superfície do molde⁽⁴⁾. Neste processo uma fração de vazios (bolhas de ar) de cerca de 15% no volume são usualmente observadas⁽²⁾.

Um melhoramento do processo manual é a moldagem por vácuo, devido a sua maior eficiência na retirada do excesso de resina e das bolhas de ar, diminuindo em cerca de 10% a fração de vazios observados no processo manual⁽²⁾.

Em geral, as várias lâminas podem ter uma variedade de diferentes orientações de fibra, conforme necessário para adequar as propriedades do compósito. Uma configuração de disposição particularmente comum envolve quatro direções de fibra, $[0^\circ/90^\circ/+45^\circ/-45^\circ]$, e é conhecida como a configuração quase isotrópica, bidimensional. A fim de evitar o empenamento do laminado (resultante da diferença no coeficiente de expansão térmica, das lâminas com fibras orientadas em

direções diferentes), a configuração quase isotrópica com 8 lâminas pode ter quatro lâminas e as quatro lâminas inferiores são imagens espelhadas⁽³⁾.

Um efeito bastante considerado no processo de laminação do compósito é a pressão de cura, um compósito submetido a um processo de cura sob pressão possui uma compactação da fração de fibras por unidade de volume maior, aumentando as suas propriedades mecânicas⁽¹⁷⁾.

A aplicação da pressão de cura pode ser realizada tanto em prensas, quanto em autoclaves e hidroclaves. A moldagem através de prensas apresenta limitações, quanto ao tamanho e à geometria do componente⁽²⁾.

Para aplicações estruturais de grande porte, principalmente na indústria aeronáutica, a moldagem em autoclave atende satisfatoriamente às necessidades⁽²⁾.

No processo de autoclave, um filme polimérico, cuja função é isolar todo o conjunto do ambiente interno da autoclave, permite compactar as camadas por meio de vácuo. Essa manta polimérica também pode ser substituída por outro material não aderente como a borracha⁽²⁾.

Além da relação de pressão, temperatura e disposição das fibras no laminado, a porcentagem de fibra no compósito é de extrema importância. A matriz polimérica possui uma alta tenacidade em comparação com a fibra de carbono, porém a resistência ao impacto dos compostos contínuos de matriz polimérica de fibra de carbono diminui com o aumento da fração volumétrica de fibra. A temperatura também influencia na resistência ao impacto do compósito, que também diminui com a diminuição da temperatura, devido à redução da tenacidade da matriz do polímero. A fratura envolve principalmente a delaminação de camadas ou da interface fibra/matriz, embora também possam ocorrer rachaduras e fissuras na matriz⁽¹⁸⁾.

O objetivo principal do presente trabalho é determinar um processo de laminação do bordo de ataque de uma aeronave rádio controlada. Por ser de uma geometria complexa, não há um processo único. Um material muito utilizado atualmente tem sido a madeira balsa com revestimento de filme adesivo de vinil. A aplicação da matriz em epóxi com reforço em tecido de fibra de carbono tem a ambição de substituir a lâmina de madeira balsa, utilizada atualmente nesta parte das asas, devido a sua baixa rigidez e resistência mecânica, como apresentado na Figura 1 (deflexão da madeira balsa). O que se espera é uma melhor rigidez e confiabilidade dimensional em relação ao processo atual de colagem de madeira balsa nos perfis da asa. A relação entre rigidez e densidade também será levada em conta, a fidelidade ao perfil aerodinâmico feito em CAD será avaliada através da dispersão dimensional entre os processos atual e proposto.



Figura 1. Perfil de madeira balsa submetido a flexão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para este estudo foram caracterizados os materiais base do compósito, a fibra de carbono e a resina epóxi. Após essa caracterização dos materiais base foi determinada a técnica de laminação utilizada e os padrões de controle de cada etapa do processo, afim de obter um resultado satisfatório de desempenho estrutural, dimensional e aerodinâmico do bordo de ataque de resina epóxi e fibra de carbono. A Figura 2 apresenta um fluxograma de todo o processo de laminação e suas etapas ao longo do estudo.

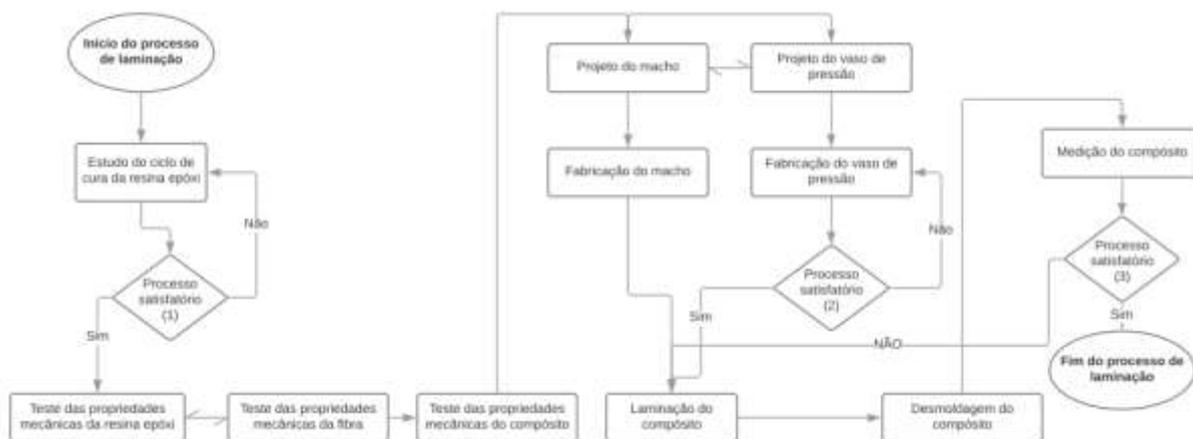


Figura 2. Fluxograma dos processos realizados ao longo do estudo.

Os critérios de aprovação deverão estar de acordo com os requisitos de voo da aeronave não tripulada⁽¹⁹⁾. Desse modo, foram criados três parâmetros de controle para o processo ser considerado satisfatório ou não. Com base no fluxograma da Figura 2, algumas etapas do processo necessitam de um parâmetro de controle, que foi realizado com base nos processos satisfatórios 1, 2 e 3 descritos abaixo:

✓ Processo satisfatório 1 – ciclo de cura estipulado: da resina epóxi, onde o objetivo foi alcançar uma transição vítrea acima de 80°C, sem bolhas de ar ou porosidade.

✓ Processo satisfatório 2 – qualidade o vaso de pressão: esse processo visa detectar possíveis falhas na solda, defeitos de usinagem e vedação do vaso de pressão. Sendo que, se detectadas, ajustes precisarão ser feitos no projeto, afim de alcançar a vedação necessária para a pressão de 10 bar.

✓ Processo satisfatório 3 – estabilidade dimensional do perfil: O perfil será medido em um equipamento de medição tridimensional e comparado com o modelo CAD, visando obter o mínimo de variação possível.

2.1. RESINA EPÓXI

A Resina epóxi escolhida foi da marca Huntsman®, uma das 3 maiores produtoras mundiais de epóxi⁽²⁾, distribuída pelo fornecedor Arasul Produtos Químicos Ltda®. A formulação da resina escolhida foi a Araldite LY 5052® junto com o endurecedor ARADUR 5052®, pois é desenvolvida para o seguimento aeronáutico⁽²⁰⁾.

A formulação seguiu as recomendações do fornecedor, como ilustra na Tabela 1. O fabricante, no entanto, estipula diversas faixas de temperaturas de cura. A faixa escolhida corresponde a uma determinada resistência mecânica e temperatura de transição vítrea. As variações das temperaturas de cura e pós cura foram testadas de modo a cumprir com o parâmetro de controle para a T_g .

Tabela 1. Proporção resina/endurecedor⁽²⁰⁾.

Componentes	Partes em peso (g)	Partes em volume (ml)
Araldite LY 5052	100	100
Aradur 5052 CH	38	47

Para a fabricação dos corpos de prova foi utilizada a norma ASTM D638⁽²¹⁾. A matriz foi feita em material descartável termoformada em politereftalato de etileno (PET). Foi aplicada uma cera automotiva marca Grand Prix[®] como desmoldante, a fim de facilitar o processo de retirada das amostras. Na pesagem dos materiais uma balança marca HAUS[®] modelo PA 214P, com capacidade de 210 gramas e precisão de 0,1 mg. Após a pesagem da resina e do endurecedor, ambos foram misturados e submetidos a um processo em vácuo por cerca de 15 minutos para a retirada das bolhas de ar adicionadas durante o processo de homogeneização.

Foram fabricados 5 corpos de prova para ensaio de tração uniaxial. A máquina de ensaios de tração utilizada foi a de modelo DL2000, com capacidade máxima de 20 kN, fabricante EMIC[®], alocada no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), *campus* Caxias do Sul. A avaliação do grau de reticulação assim como a temperatura de transição vítrea da resina foi feita por meio de análise de DSC, publicado em estudo anterior⁽²²⁾. O objetivo desta etapa foi obter uma T_g acima dos 80°C, com a menor quantidade de vazios (bolhas de ar), causadas pela temperatura elevada do ciclo de cura em estufa.

2.2. FIBRA DE CARBONO

A fibra de carbono foi adquirida da empresa Arasul produtos químicos Ltda[®]. Foi utilizado modelo tecido CCS 200⁽²³⁾. Esse tecido 2 x 2 classificado como tecido diagonal de mesma face possui o mesmo número de fios na direção do urdume, do que da trama⁽²⁾. Porém, para a fabricação do bordo de ataque, devido às forças aerodinâmicas, a disposição das fibras unidirecionais são as mais indicadas como abordado anteriormente no item 1.

A resistência do fio de fibra de carbono foi testada a partir do tecido, através da norma ASTM D2256/D2256M⁽²⁴⁾. Para este ensaio de tração foi utilizada a mesma máquina de ensaios para determinar a resistência mecânica da resina. Um dispositivo pneumático modelo GR024, fabricante EMIC[®], com capacidade de até 20 kN.

2.3. PROJETO DO VASO DE PRESSÃO

A construção de um vaso de pressão se fez necessário visando melhorar as propriedades do compósito⁽¹⁷⁾.

O vaso de pressão foi projetado em aço SAE 1020, a partir de um tubo sem costura para suportar uma pressão de 2 MPa (20 bar). A tampa superior e o flange inferior foram soldados no tubo pelo processo mig mag. O flange é unido na base

retificada por meio de parafusos, um anel de vedação fixado no flange mantém constante a pressão no interior do vaso ao longo do processo de cura. Um manômetro foi colocado no projeto para controlar a pressão ao longo de todo o ciclo de cura. A Figura 3 ilustra o vaso de pressão construído para realizar o processo de cura.



Figura 3. Vaso de pressão.

2.4. LAMINAÇÃO DO BORDO DE ATAQUE

O material compósito foi laminado com 2 camadas de fibra de carbono pelo processo manual, utilizando como base o perfil macho. Para a camada externa foi utilizado um tecido $0^\circ / 90^\circ$ e a camada interna foi utilizada uma fibra unidirecional orientada a 0° no sentido longitudinal. A Figura 4 ilustra o resultado esperado do bordo de ataque após o processo de laminação.

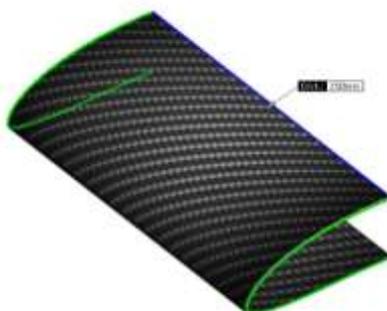


Figura 4. Modelo em CAD do bordo de ataque.

2.4.1 PRODUÇÃO DO MACHO

Para realizar a laminação foi necessário a produção de um macho com o formato idêntico ao perfil da asa escolhido pela equipe Aerosul. Para iniciar a fabricação foi utilizado um software de desenho CAD, o Solidworks®, versão 2014, para gerar a imagem tridimensional do perfil com as devidas medidas. A Figura 5 ilustra o modelo 3D gerado no Solidworks®.



Figura 5. Perfil do macho gerado em CAD.

Para a usinagem do macho foi utilizado um centro de usinagem modelo Skybull 600 da marca Diplomat® do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, *campus* Erechim. O programa foi gerado a partir do desenho em CAD utilizando um software de programação de usinagem o Edgcam®, versão 2018 R2. Como o perfil do macho era importante se optou em produzir a peça com um ciclo de interpolação no perfil e o seu topo posicionado ao longo do eixo Z da máquina. Devido às limitações das ferramentas, o perfil precisou ser produzido em 4 partes, o material escolhido para a produção do macho foi a poliamida 6, por ser um termoplástico de engenharia.

Finalizado o processo de fabricação das peças, elas passaram por um processo de rebarbação e colagem. Essa etapa foi necessária para se obter uma peça única e com comprimento suficiente para a laminação do bordo de ataque. Após a colagem, o perfil passou por uma sequência de lixas (tamanho 120 e 180) para eliminar os defeitos mais grosseiros do processo de usinagem. Finalizado o processo lixamento, uma camada de massa plástica do fabricante Maxi Rubber® foi aplicada na peça, afim de se obter uma superfície com menor rugosidade e serem eliminadas as emendas causadas pela colagem das peças. A proporção de massa e catalizador seguiu as recomendações do fabricante assim como o seu tempo de cura.

Com a cura da massa plástica finalizada, a peça passou novamente por um processo de lixamento (tamanho 120, 180, 220 e 600 grãos/cm²) em meio líquido, e, por fim, uma base de tinta (*primer*) foi aplicada na peça para se obter uma superfície polida, afim de facilitar o processo de desmoldagem.

A Figura 6 ilustra a sequência de fabricação, da esquerda para direita, peças usinadas, peças coladas (peça única), peça após o processo de aplicação da massa plástica e lixamento, peça com fundo de primer.

Após a aplicação do primer, uma camada de desmoldante foi aplicada sobre o macho para facilitar a extração do molde, para este fim foi utilizada a cera automotiva marca Grand Prix®, após 10 minutos de aplicação da cera no macho, com o auxílio de uma flanela, o macho foi polido para retirada do excesso de cera.



Figura 6. Sequência de produção do macho.

2.4.2 PROCESSO DE LAMINAÇÃO

A fibra unidirecional foi escolhida por apresentar uma maior resistência mecânica e não apresentar o efeito ondulatório característico da fibra tecido. Na segunda camada optou-se por utilizar o tecido 0°/90° devido ao fato que o tecido apresenta uma rigidez em ambas as direções, e a fibra unidirecional apresenta uma maior rigidez apenas em uma direção. A camada de fibra de carbono unidirecional

ficou disposta na direção longitudinal do bordo de ataque da asa, assim como a trama do tecido 0° / 90°.

Utilizando o perfil macho com o desmoldante aplicado, foi utilizado um pincel de 1" para aplicar a resina epóxi, devidamente misturada com o endurecedor nas proporções recomendadas pelo fabricante. O processo de retiradas das bolas de ar por meio de vácuo, conforme descrito no item 2.1, também foi aplicado neste processo.

Após a aplicação da primeira camada de resina epóxi a fibra unidirecional foi posicionada no macho no sentido longitudinal da peça. A fibra tecido foi posicionada logo em seguida, acima da fibra unidirecional e alinhada com a mesma, entre as duas camadas foi aplicada uma camada de resina epóxi, assim como na parte externa do perfil.

O excesso de resina aplicada foi retirado do perfil com o auxílio de um rolete recartilhado, e o perfil laminado foi colocado no vaso de pressão para a realização da cura. A Figura 7 ilustra o perfil laminado antes do processo de cura.

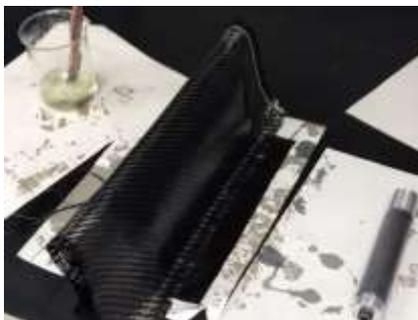


Figura 7. Perfil laminado antes da cura.

O ciclo de cura seguiu o método com relação ao tempo e à temperatura que apresentou os melhores resultados em relação a temperatura de transição vítrea da resina epóxi (23°C e 240 horas). Para o ciclo de cura foi utilizado o vaso de pressão construído, uma pressão de 10 bar da rede pneumática do IFRS *campus* Erechim, uma unidade de conservação na saída da rede pneumática, visando uma melhor qualidade do ar comprimido no que diz respeito a umidade.

Transcorrida as 240 horas, o vaso de pressão foi despressurizado, e o perfil laminado foi posto em uma estufa com o macho para realizar o processo de pós cura em temperatura de 80°C por 4 horas. Após este período a peça foi desmoldada e avaliada visualmente e dimensionalmente.

2.5. AVALIAÇÃO DIMENSIONAL

Para realizar a avaliação dimensional foi utilizada a máquina de medição tridimensional marca Zeiss® juntamente com um software Zeiss Calypso 4.4.06® ambos da Universidade de Caxias do Sul. Foi avaliado a medida do perfil laminado em comparação ao perfil macho. Também foi avaliado o perfil macho em comparação ao perfil em CAD, afim de verificar se a construção do macho foi satisfatória. A Figura 8 ilustra a medição do perfil laminado no equipamento tridimensional de medição.

A partir da medição, o equipamento gerou uma nuvem de pontos nas três coordenadas, com o auxílio da ferramenta curva através de pontos XYZ, disponível no software Solidworks®, versão 2014, foi possível gerar um modelo CAD dos pontos

obtidos tanto na medição do perfil laminado quanto no perfil macho e compara-los entre si, verificando seus desvios máximos e mínimos.



Figura 8. Medição do perfil laminado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CICLO DE CURA DA RESINA EPÓXI

A tabela 2 ilustra as amostras que foram testadas com os devidos ciclos de cura e pós cura⁽²²⁾.

Tabela 2. Ciclo de cura das amostras⁽²²⁾.

Amostras	Tempo de cura [h]	T _g antes do processo de pós cura [°C]	Temperatura de pós cura [°C]	Temperatura de relaxação pós cura [°C]	T _g após o processo de pós cura [°C]
F	24	83	55	92	150
G	96	80	55	99	164
H	168	158	55	101	157
I	240	155	55	104	151
J	240	XX	80	133	92

A amostra J apresentou um ciclo de cura mais adequado para o objetivo do estudo, pois alcançou uma T_g acima dos 80 graus sem apresentar excesso de bolhas de ar no seu interior, o que causaria uma diminuição da resistência mecânica do compósito⁽²²⁾.

3.2 ENSAIO DE TRAÇÃO

3.2.1 RESINA EPÓXI

O grupo escolhido para fabricar as amostras do ensaio de tração foi o grupo J, devido a sua transição vítrea ser superior a temperatura de 80°C, o parâmetro estipulado pela equipe Aerosul devido a aplicação do componente.

Foram fabricadas cinco amostras para o teste, porém uma precisou ser descartada devido a fratura ter ocorrido em uma região não útil estipulada pela norma.

Um teste estatístico Q foi realizado para verificar se havia algum erro grosseiro associado a estes valores. A maior variação se deu entre a amostra 1 e 2 (0,59), porém com 95% de confiabilidade os valores ficaram abaixo do valor crítico para rejeição do teste com 4 amostras (0,829), portanto todos os valores foram

aceitos pelo teste. A tensão média da resina obteve valores de 67 MPa, com um desvio padrão de 3,75 MPa, que são valores dentro da faixa de cura da resina em temperatura ambiente⁽²⁰⁾, um alongamento de cerca de 18% foi verificado.

3.2.2 FIBRA DE CARBONO

Para o ensaio de tração no fio foram feitas 5 repetições utilizando amostras do tecido retiradas aleatoriamente de diferentes locais.

Como no ensaio da resina, também foi realizado um teste estatístico Q para verificar se algum erro grosseiro estava associado as amostras e deveria ser descartado. Com uma confiabilidade de 95% nenhuma amostra foi descartada. Os valores críticos se deram entre a amostra 1 e 3 (0,36), porém abaixo do valor tabelado para 5 amostras (0,71), sendo assim todas foram aceitas como parte do ensaio. A resistência do urdume alcançou uma média de 113,73 N com um desvio padrão de 11,78 N, um pouco abaixo da carga mínima estipulada pelo fornecedor 174 N⁽²³⁾, porém o fornecedor deixa claro que é uma resistência teoria podendo assim ter sofrido alguma alteração durante o processo.

3.2.3 ENSAIO DE TRAÇÃO DO LAMINADO

Para avaliar a resistência mecânica do compósito foi realizado em ensaio de tração em 5 amostras com um tecido orientado a 0/90° com 5 camadas de laminado.

Nesse grupo de amostras, a maior diferença se deu entre a amostra 2 e 3 (0,34), porém utilizando o teste Q com 95% de confiança o valor fica abaixo do valor crítico para rejeição do teste (0,710), portanto todas as amostras foram aceitas como resultado do teste.

A tensão média do laminado foi de 452 MPa com um desvio padrão de 27,7 MPa.

3.3 DESMOLDAGEM

Após o processo de cura e pós cura o perfil laminado foi desmoldado, retirado as sobras laterais de fibra de carbono e avaliado visualmente, a Figura 9 ilustra o perfil após a desmoldagem.

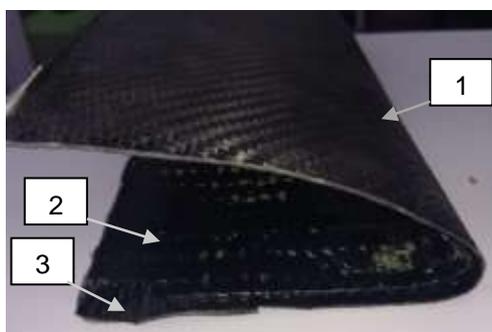


Figura 9. Perfil laminado após a desmoldagem.

Observa-se na Figura 9 as duas camadas de fibra visivelmente alinhadas no sentido longitudinal do bordo de ataque, a fibra unidirecional (detalhe 2) na parte interior da peça e a fibra tecido 0°/90° (detalhe 1) na parte exterior.

Alguns pequenos pontos de primer provenientes da adesão do macho no componente foram observados na parte interior da peça, mas nada que influenciasse a desmoldagem, portanto a aplicação da camada de cera automotiva como desmoldante se mostrou bastante satisfatória.

Não foi observado nenhuma separação entre as camadas de fibra unidirecional e tecido, portanto o método de cura com pressão se mostrou bastante eficiente na compactação das fibras no perfil macho.

Uma pequena falta de resina foi observada no perfil interno próximo ao topo da peça (detalhe 3), mas dentro dos valores aceitáveis para laminação manual⁽²⁾.

Foi observado uma flexibilidade do componente no sentido transversal, devido à falta de fibra unidirecional neste sentido do componente⁽⁵⁾. Devido ao fato do bordo de ataque ser fixado na estrutura da aeronave, a falta de rigidez no sentido transversal não apresenta maiores problemas, sendo que se necessário uma maior rigidez poderá ser construído um perfil com um maior número de camadas unidirecionais.

3.4 AVALIAÇÃO DIMENSIONAL

3.4.1 AVALIAÇÃO DO PERFIL MACHO X PERFIL CAD

Para realizar a comparação entre o perfil macho x perfil CAD foi utilizado o recurso de montagem do software Solidworks®, versão 2014 e posicionado o perfil macho com o perfil CAD 3D, conforme ilustra a Figura 10. Pode-se perceber uma pequena variação dimensional entre o perfil CAD e o macho construído. O maior valor foi verificado no intradorso das peças com 0,95 mm, já o menor valor verificado foi na parte frontal das peças e correspondeu a 0,2 mm. De maneira geral nota-se um aumento em todo o perfil macho, provavelmente devido a aplicação de massa plástica e as camadas de primer, visando melhorar o acabamento do macho. Esta variação dimensional poderá ser diminuída se um processo de fabricação de uma peça única em metal for utilizado.

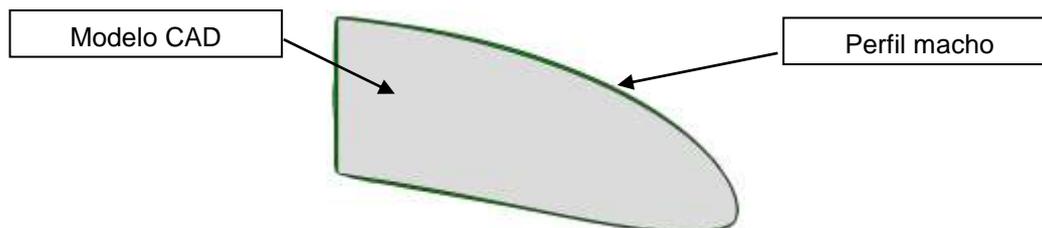


Figura 10. Modelo CAD x perfil macho.

3.4.2 AVALIAÇÃO DO PERFIL MACHO X PERFIL LAMINADO

A mesma técnica de avaliação empregada no item 3.4.1 foi utilizada para avaliar o perfil laminado em comparação com o macho utilizado para realizar a laminação, a Figura 11 ilustra os dois perfis posicionados.

Em comparação, o perfil laminado apresentou uma variação máxima de 1,6 mm no extradorso, a variação mínima foi verificada novamente na parte frontal da asa com um valor de 0,5 mm. Esta variação de 1,6 mm pode ser explicada devido a flexibilidade da asa no sentido transversal, também é necessário considerar que o perfil foi laminado sobre um perfil macho, somando a medida exterior a sua espessura.

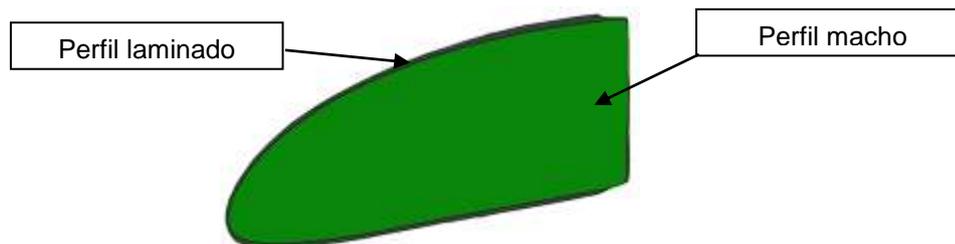


Figura 11. Modelo laminado x perfil macho.

4 CONCLUSÃO

A partir desse estudo, pode-se proporcionar uma nova opção de material para a fabricação do bordo de ataque da asa do aeromodelo para a equipe Aerosul. O material compósito em fibra de carbono e resina epóxi além de possuir uma baixa massa específica possui uma alta resistência mecânica, podendo assim substituir a madeira balsa, empregada atualmente na fabricação do bordo de ataque do aeromodelo.

O processo de cura da resina se mostrou bastante eficaz, pois o perfil não apresentou um excesso de porosidade, efeito observado e aceito pela literatura em até 15% no processo manual, quando o processo de cura se dá em temperaturas elevadas. Com isso a qualidade do perfil laminado se mostrou bastante satisfatória.

O processo de laminação utilizando macho, mesmo tendo certas divergências entre a literatura, com a utilização de pressão se mostrou com ótima qualidade, tanto dimensional quando visual. Utilizando um perfil macho, a desmoldagem do perfil laminado se mostrou mais eficiente, assim como a sua laminação. A utilização de um desmoldante no macho também contribuiu para a retirada do perfil laminado.

Por fim, o perfil laminado apresentou uma variação máxima de 6,5%, efeito atribuído a flexibilidade do perfil devido à baixa disposição de fibra no sentido transversal do bordo de ataque. Um projeto de um perfil macho de melhor qualidade pode contribuir para uma diminuição na variação dimensional do perfil laminado em comparação ao modelo CAD proposto pela equipe Aerosul.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, aos campi de Caxias do Sul, Farroupilha e Erechim que disponibilizaram os equipamentos e servidores para a realização deste estudo. Agradeço a Universidade de Caxias do Sul e seus funcionários que de forma direta ou indireta se envolveram neste estudo e contribuíram para a sua realização.

Agradeço ao meu orientador Alexandre Gasparin, e ao professor Vagner Grison por me auxiliarem ao longo de todo este trabalho.

Por fim, agradeço aos meus familiares e em especial a minha esposa Amanda Santos, que me apoiou durante toda a pesquisa.

REFERÊNCIAS

- [1] W. D. J. Callister. Ciência e Engenharia dos Materiais, 5°. 2008.
- [2] F. Levy Neto and L. C. Pardini. Compósitos Estruturais Ciência e tecnologia, 1°. São Paulo SP, 2006.
- [3] D. D. L. Chung. "Processing-structure-property relationships of continuous carbon fiber polymer-matrix composites," Materials Science and Engineering R: Reports, vol.

- 113, pp. 1–29, 2017.
- [4] P. de T. Mendonça. *Materiais Compostos e estruturas-sanduíche: Projeto e Análise.*, 1°. Barueri -SP, 2005.
- [5] D. R. Askeland. *Ciência e Engenharia dos Materiais.* São Paulo/SP, 2012.
- [6] M. Kuribara and H. Nagano. “Anisotropic Thermal Diffusivity Measurements in High-Thermal-Conductive Carbon-Fiber-Reinforced Plastic Composites,” *Journal of Electronics Cooling and Thermal Control*, vol. 5, no. March, pp. 15–25, 2015.
- [7] Y. Tomita; K. Morioka. “Effect of lay-up sequence on mechanical properties and fracture behaviour of advanced CFRP laminate composite,” *Materials Science and Engineering: A*, vol. 234–236, pp. 778–781, 1997.
- [8] R. Aleksy. “in Carbon-Fiber Epoxy Matrix Composite Laminates,” *Strength of Materials*, vol. 35, no. 5, pp. 500–507, 2003.
- [9] P. N. B. Reis; J. A. M. Ferreira; J. D. M. Costa; M. O. W. Richardson. “Fatigue life evaluation for carbon/epoxy laminate composites under constant and variable block loading,” *Composites Science and Technology*, vol. 69, no. 2, pp. 154–160, 2009.
- [10] J. M. F. De Paiva; S. Mayer; G. M. Cândido; M. C. Rezende. “Avaliação da temperatura de transição vítrea de compósitos poliméricos reparados de uso aeronáutico,” *Polímeros*, vol. 16, no. 1, pp. 79–87, 2006.
- [11] B. S. Hayes; E. N. Gilbert; J. C. Seferis. “Scaling complications of dual temperature cure resin prepreg systems in airplane part manufacture,” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 31, no. 7, pp. 717–725, 2000.
- [12] F. Fraga; C. Castro-Díaz; E. Rodríguez-Núñez; J. M. Martínez-Ageitos. “Physical aging for an epoxy network diglycidyl ether of bisphenol A/m-xylylenediamine,” *Polymer*, vol. 44, no. 19, pp. 5779–5784, 2003.
- [13] H. S. Choi, K. J. Ahn, J. Nam, and H. J. Chun, “Hygroscopic aspects of epoxy / carbon fiber composite laminates in aircraft environments,” *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, vol. 32, pp. 709–720, 2001.
- [14] Q. Tao; G. Pinter; T. Krivec. “Influence of cooling rate and annealing on the DSC Tg of an epoxy resin,” *Microelectronics Reliability*, vol. 78, pp. 396–400, 2017.
- [15] D. Kersting. “Caracterização de resinas epóxi para compósitos curadas através de irradiação de micro – ondas,” vol. 16, no. 3, pp. 148–156, 2015.
- [16] N. Sbirrazzuoli; S. Vyazovkin; A. Mititelu; C. Sladic; L. Vincent. “A Study of Epoxy-Amine Cure Kinetics by Combining Isoconversional Analysis with Temperature Modulated DSC and Dynamic Rheometry,” *Macromolecular Chemistry and Physics*, vol. 204, no. 15, pp. 1815–1821, 2003.
- [17] S. Han; D. D. L. Chung. “Mechanical energy dissipation using carbon fiber polymer-matrix structural composites with filler incorporation,” *Journal of Materials Science*, vol. 47, no. 5, pp. 2434–2453, 2012.
- [18] J. M. F. de Paiva; S. Mayer; M. C. Rezende. “Comparison of tensile strength of different carbon fabric reinforced epoxy composites,” *Materials Research*, vol. 9, no. 1, pp. 83–90, 2006.
- [19] A. R. Lucas; S. Schaeffer; F. B. Capitão; L. Meneghel. “Relatório Aerosul - 16° Competição SAE Brasil Aerodesing,” 2014.
- [20] Huntsman, “Araldite® LY 5052 / Aradur® 5052 *,” 2007.
- [21] ASTM International, “Standard test method for tensile properties of plastics,” *ASTM International*, vol. 08, pp. 46–58, 2003.
- [22] A. M. Castro; E. Francisquetti; A. L. Gasparin. “Influência da temperatura e tempo de cura na transição vítrea da resina epóxi Influence of temperature and cure time in the glass transition of epoxy resin,” *SCIENTIA CUM INDUSTRIA*, vol. 7, 2019.
- [23] ARALSUL PRODUTOS QUIMICOS LTDA., “Tabela Técnica de Tecidos,” 2008.
- [24] ASTM, “ASTM D2256-Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method,” 2015.

INFLUÊNCIA DA INCORPORAÇÃO DE FIBRA DA CASCA DE BANANA E LÚPULO NAS PROPRIEDADES DE EMBALAGENS EXPANDIDAS DE FÉCULA DE MANDIOCA

Silva, A.¹
Trojaner, M. R.²
Figueiró, C. S.³
Araújo, L.L.⁴
Santana, R. M. C.⁵

¹ *Graduanda em Engenharia de Materiais, Aline Silva, UFRGS, melos.aline@icloud.com.*

² *Graduanda em Engenharia Química, Maria Rachel Trojaner de Sá, UFRGS, racheltrojaner@gmail.com*

³ *Bacharel em Engenharia Mecânica, Camila da Silva Figueiró, UFRGS, camilafigueiro1991@gmail.com*

⁴ *Graduanda em Engenharia de Materiais, Ludmila Leite Araújo, UFRGS, ludmilalaraujo@outlook.com*

⁵ *Doutora, Ruth Marlene Campomanes Santana, UFRGS, ruth.santana@ufrgs.br.*

Resumo

O poliestireno expandido, EPS, popularmente conhecido como isopor® é um produto leve e barato (95% da sua composição é ar), por ser um derivado do petróleo, não é biodegradável, podendo permanecer muitos anos na natureza. Uma solução para reduzir o impacto causado pelo EPS foi desenvolver uma bandeja biodegradável à base de fécula de mandioca, casca de banana e lúpulo, também foi adicionado glicerol a mistura como agente plastificante e água como agente expensor. O objetivo deste estudo foi analisar a viabilidade da produção das bandejas e a influência da incorporação do resíduo de banana e do lúpulo nas propriedades finais. As bandejas foram desenvolvidas em câmara de mistura e após foram moldadas em prensa hidráulica a uma temperatura de 180°C. Resultados do ensaio de impacto mostraram que o aumento do teor de casca de banana melhorou na capacidade de absorver energia ao impacto do corpo de prova, cumprindo sua função como reforço. Em relação a adição de lúpulo foi analisada sua influência na hidrofobicidade da bandeja, devido à baixa solubilidade em água e características tensoativas do lúpulo.

Palavras-chave: Fibra de banana, fécula de mandioca, lúpulo, embalagem expandida.

INFLUENCE OF THE INCORPORATION OF BANANA PEEL AND HOP FIBER ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF EXPANDED PACKAGE

Abstract

Expanded polystyrene, EPS, popularly known as styrofoam®, is a light and inexpensive product (95% of its composition is air), as it is a petroleum derivative, it is not biodegradable and may remain in nature for many years. A solution to reduce the impact caused by EPS was to develop a biodegradable tray based on cassava starch, banana peel and hops, glycerol was also added to the mixture as plasticizer and water

as expandir. The objective of this study was to analyze the viability of the tray production and the influence of the incorporation of banana residue and hops in the final properties. The trays were developed in a mixing chamber and then molded in a hydraulic press at a temperature of 180°C. It was observed that in the impact test, the increase of banana peel content increased the energy absorbed in the specimen rupture, fulfilling its function as reinforcement. Regarding the addition of hops, its influence on tray hydrophobicity was analyzed due to the low water solubility and hops surfactant characteristics.

Key words: banana fiber, cassava starch, hop, expanded package

1 INTRODUÇÃO

As embalagens fazem parte da vida humana desde a antiguidade. No setor de alimentos, as embalagens desempenham papel fundamental, pois atuam como barreira contra fatores responsáveis pela deterioração química, física e microbiológica além de acondicionar, conservar e manter a qualidade e segurança dos alimentos ⁽¹⁾. A matéria prima na maior parte das embalagens são os polímeros sintéticos que provêm de fontes não renováveis e não são biodegradáveis ⁽²⁾. Um exemplo desses polímeros é o poliestireno expandido (EPS) um artigo plástico de estrutura celular e rígido, tecnologicamente avançado e econômico que apresenta uma grande variedade de formas e aplicações ⁽³⁾. Apesar das excelentes propriedades do EPS, o descarte descontrolado e o longo tempo de degradação de materiais poliméricos não biodegradáveis, provenientes de fontes fósseis, têm se tornado um problema ambiental para a humanidade ⁽⁴⁾. Uma alternativa investigada para o EPS é a utilização do amido para a produção de embalagens ⁽⁵⁾.

O amido é um dos polímeros naturais mais estudados. O amido é o constituinte mais abundante das raízes de mandioca, denominado como fécula ^(6,7). A mandioca é um dos vegetais mais cultivados no mundo, sendo o Brasil um dos principais países produtores ⁽⁸⁾. O amido é considerado um dos materiais alternativos para a produção de embalagens expandidas (espumas), e tem despertado interesse devido ao baixo custo e abundância desta matéria-prima no Brasil ⁽⁹⁾. O amido, na presença de água, possui a propriedade de expandir-se e formar espumas quando aquecido, num processo conhecido como expansão térmica. Porém, a produção de embalagens exclusivamente com amido apresenta algumas limitações, como a baixa resistência à umidade e pouca flexibilidade ⁽¹⁰⁾.

O Brasil é um país tão rico quando se trata da produção de alimentos, porém a quantidade de resíduo gerado é enorme que parece até contraditório falar da pobreza que cerca muitos habitantes. Os resíduos orgânicos são restos de alimentos, cascas, restos de frutos e vegetais, esterco de animais, restos de culturas agrícolas e outros materiais que degradam rapidamente na natureza. Os resíduos acumulados em céu aberto é a causa de grandes problemas causados ao meio ambiente e a saúde, pois estes costumam atrair e proliferar vetores, como moscas, baratas, ratos, etc., que podem trazer muitas doenças ⁽¹¹⁾. A banana caracteriza-se como um fruto de regiões tropicais úmidas, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial. Sendo contabilizada a produção da safra em 2012 foram obtidos os resultados em área colhida da cultura da banana 486.288 ha e a produção em torno de 7.006.527 milhões de toneladas ⁽¹²⁾. Com esta alta produção são produzidos muitos resíduos oriundos da industrialização

da polpa da banana. Nossa proposta é de incorporar a casca da banana como reforço na bandeja para melhorar sua resistência.

O lúpulo é uma planta pertencente à família *Cannabaceae*, do gênero *Humulus* e da espécie *Humulus lupulus* ⁽¹³⁾. O objeto de maior interesse do lúpulo é a sua flor, com folhas semelhantes a folhas de uva e um cone com tamanho entre 3 e 5 cm que lembra uma pinha em miniatura. Na base das pétalas destes cones se encontra uma espécie de glândula de coloração amarela contendo a lupulina, a qual armazena as resinas (alfa e beta-ácidos) e os óleos essenciais da planta. Na produção de cerveja, a concentração de alfa-ácidos oriundos do lúpulo influenciam na estabilidade da espuma, sendo estes insolúveis em água, atuando semelhantemente a um surfactante ^(14,15). Essa característica nos é de interesse com o objetivo de diminuir a tensão superficial da superfície da embalagem (bandeja), diminuindo a rapidez de sua absorção de água. A forma mais empregada na comercialização de lúpulo é em pellets, nesta forma o material possui como principais vantagens em relação a sua forma natural a redução do seu volume, facilitando o transporte e estocagem ^(15,16).

O objetivo deste estudo foi analisar a influência da incorporação da fibra da casca de banana e do lúpulo nas propriedades das bandejas de fécula de mandioca e com isso determinar a formulação mais eficiente.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAIS

Neste trabalho foram utilizados fécula de mandioca, na forma de polvilho azedo, fibras de banana (FB), extraídas das cascas, lúpulo, água como agente expensor e glicerol como agente plastificante.

2.2 FORMULAÇÃO E PROCESSO DE MISTURA

A tabela 1 apresentam as três formulações de misturas de componentes, cuja variável foi o teor de fibra de banana (FB).

Tabela 1. Formulações de misturas, com teor de fibra de banana como variável.

Ingredientes	5%FB	7% FB	10% FB
Fécula (g)	28,61	27,5	26,35
FB (g)	2,75	3,85	5,00
Lúpulo (g)	1,65	1,65	1,65
Glicerol (g)	2,75	2,75	2,75
Água (mL)	19,25	19,25	19,25

As misturas das diversas formulações foram realizadas em câmara de mistura (Haake polyLab OS), a qual foi previamente aquecida a 90°C. Inicialmente foi colocado o lúpulo no equipamento por 120 segundos, em paralelo foi realizada a mistura manual da fécula de mandioca, a FB, o glicerol e a água e, então esta pasta foi colocada na câmara de mistura junto com o lúpulo por mais 10 minutos. A rotação utilizada no processo foi de 60 rpm.

2.3 PROCESSO DE EXPANSÃO

A pasta obtida a partir da mistura em câmara foi colocada em um molde de alumínio em formato de bandeja, para o processo de expansão, em uma prensa térmica (modelo Solab SL11). O molde e a prensa foram pré-aquecidos a 180°C, o material permaneceu por 30 minutos no molde, para ocorrer o processo de expansão, onde a água evapora rapidamente, expandindo a mistura e formando o produto (bandeja). A bandeja foi desmoldada quente e deixada resfriar em temperatura ambiente. Em seguida foram analisadas suas propriedades físicas e mecânicas.

2.4 IMPACTO

O ensaio de impacto (izod) foi realizado conforme a Norma AST D 256-04. Foi utilizando o martelo de 0,5J, os corpos de prova foram cortados e foram medidas a espessura e largura para o cálculo de energia absorvida na fratura ⁽¹⁷⁾. Por conta do corte ser manual há uma variação nas dimensões dos corpos de prova, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2. Dados de espessura e largura dos corpos de prova para o ensaio de impacto.

5% FB		7% FB		10% FB	
Espessura (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Largura (mm)
2,47	13,83	2,47	14,89	2,24	13,02
2,52	14,13	2,64	14,36	2,31	15,66
2,49	12,6	2,4	14,86	2,25	15,23
2,34	14,14	2,33	14,27	2,88	13,82
2,4	12,58	2,48	13,53	2,24	16,57
2,46	13,91	2,31	14,56	2,38	13,45

2.5 ÂNGULO DE CONTATO

Para avaliar se houve aumento de hidrofobicidade, foi realizado a medida do ângulo de contato de uma gota de água, aplicada com o auxílio de uma seringa, com a superfície do corpo de prova. Foram avaliadas 10 gotas em cada amostra e capturadas as imagens das mesmas 3 segundos após a aplicação e outra após 3 minutos. As imagens foram capturadas utilizando um Microscópio U500X digital. O ângulo de contato de cada gota foi calculado com o auxílio do software SurfTens 4.5, e foi calculado a média das 10 gotas seguindo a Norma ASTM D 7334-08 ⁽¹⁸⁾.

Quando o ângulo se situar entre $0^\circ < \theta < 90^\circ$, diz-se que o líquido molha a superfície do sólido, sendo hidrofílico; entre $90^\circ < \theta < 180^\circ$, considera-se que o líquido não molha o sólido, sendo hidrofóbico. Neste estudo, buscou-se analisar a influência da presença de FB e lúpulo na diminuição da hidrofilicidade das bandejas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CÂMARA DE MISTURA

A mistura formou uma pasta com aspecto gelatinoso e elástico; com coloração escura, devido as fibras da casca de banana e do lúpulo. Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**1 mostra a câmara de mistura e o material após a mistura.



Figura1. Imagens da câmara de mistura aberta (esquerda) e da amostra após processo (direita).

Observa-se que a mistura apresentou uma coloração esverdeada, devido a coloração do lúpulo fundido. O material foi expandido dando origem a bandeja, representado na figura 1.

Na figura 2 são mostradas as bandejas após o processo de expansão apresentaram a coloração marrom, remetendo as fibras da casca de banana e com alto brilho.



Figura 2. Bandeja após processo de expansão.

3.3 DESEMPENHO MECÂNICO

Na figura 3 é mostrado os resultados da absorção de energia dos corpos de prova em função do teor de fibra de banana na espumas.

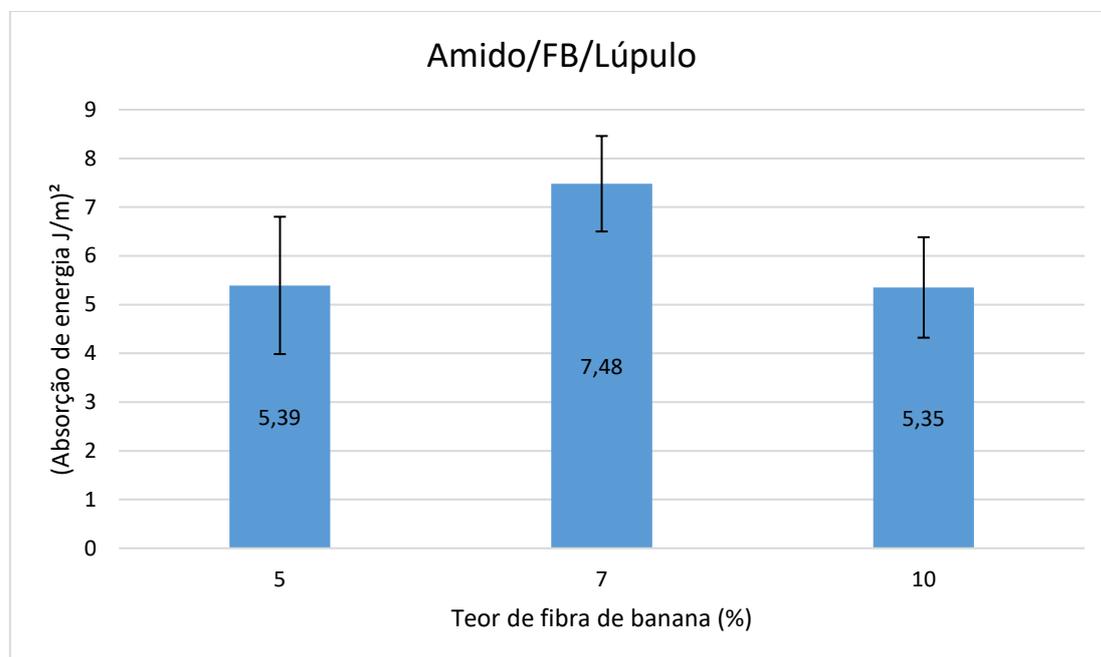


Figura 3. Absorção de energia por impacto das amostras expandidas em função do teor de FB.

Com base no ensaio de impacto, observa-se que a mostra de 7% de FB apresentou melhor desempenho no ensaio, uma vez que sua absorção de energia foi a maior entre as 3 composições. A amostra com 7% de FB absorveu 27,9% e 28,4% mais energia que as amostras de 5% e 10%, respectivamente.

3.4 MOLHABILIDADE DA SUPERFÍCIE DAS ESPUMAS

O ensaio de ângulo de contato é utilizado para avaliar a molhabilidade da superfície de um substrato, e pode ser relacionado com a energia superficial da amostra. Na figura 4 são apresentados os valores médios do ângulo de contato das amostras (bandejas) 3 segundos e 3 minutos após serem colocados na superfície, respectivamente.

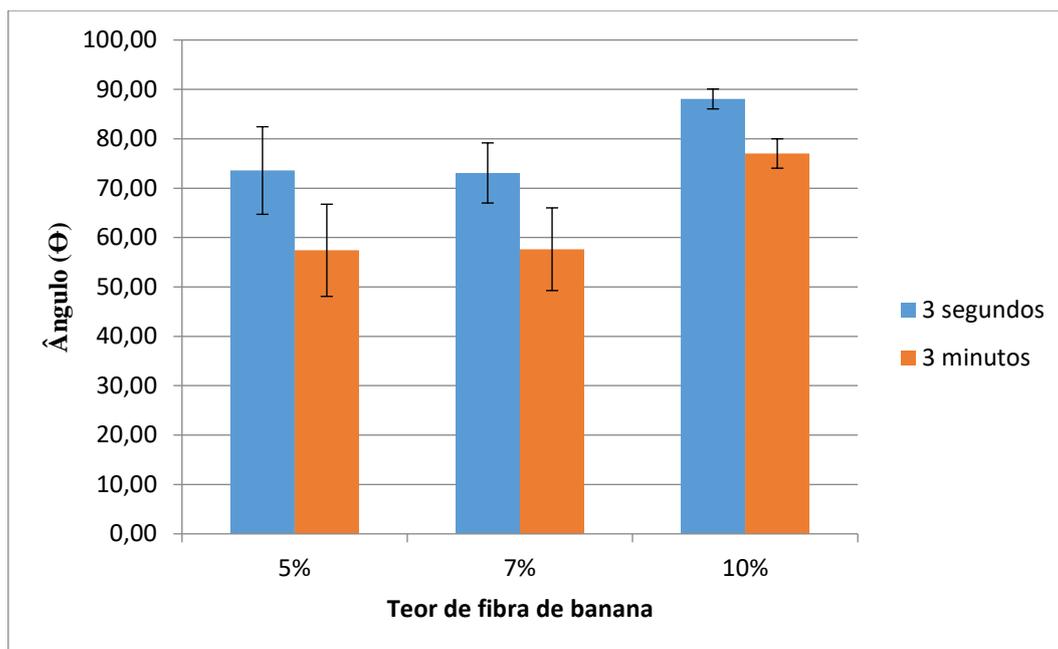


Figura 4. Ângulo de contato médio das bandejas com diferentes teores de fibra de banana.

Observa-se na figura 4 que a amostra de 10% de FB foi a mais hidrofóbica com relação as outras, chegando a um ângulo de 88° com relação a superfície. Como mostras nas figuras 6, 7 e 8.

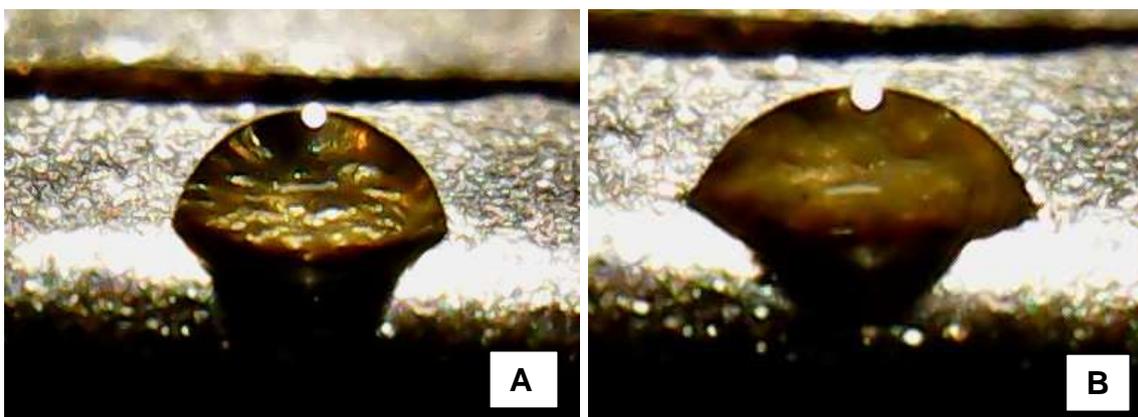


Figura 6. Ângulo de contato 5% de FB. (A) gota em 3 segundos. (B) gota em 3 minutos.

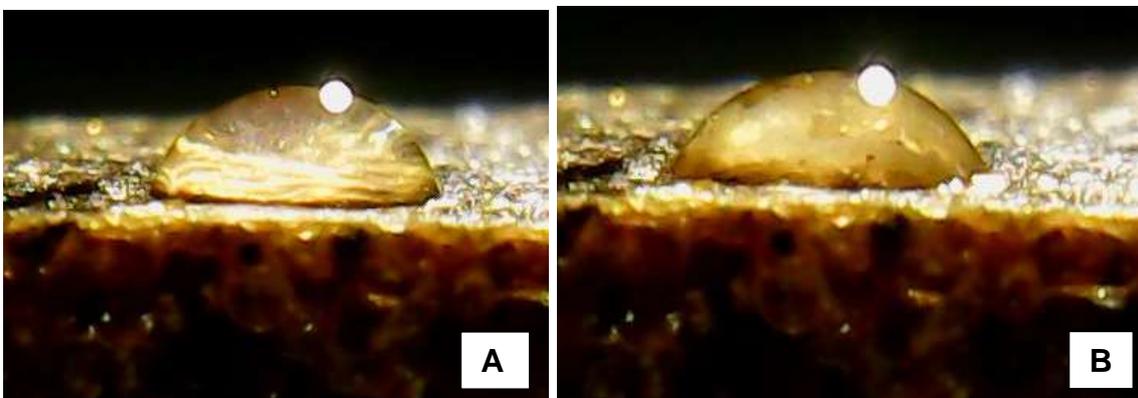


Figura 7. Ângulo de contato 7% de FB. (A) gota em 3 segundos. (B) gota em 3 minutos.

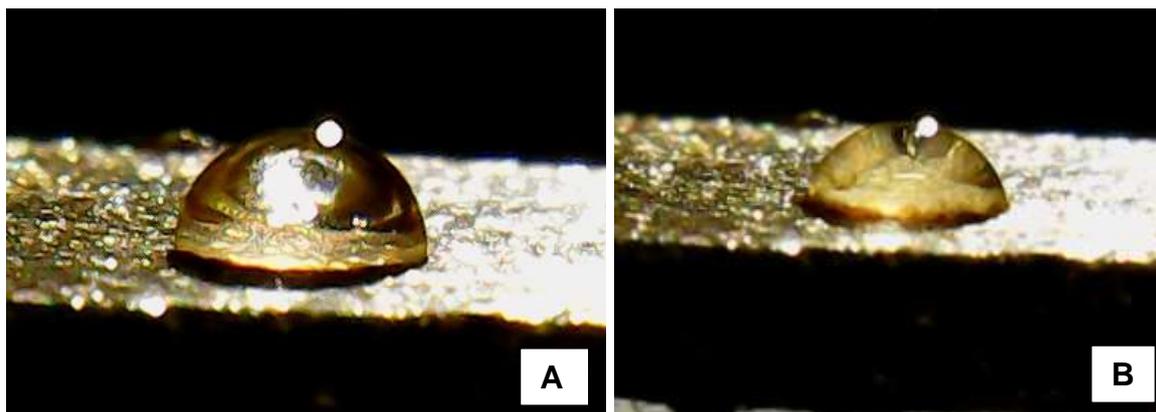


Figura 8. Ângulo de contato de 10% de FB. (A) gota em 3 segundos. (B) gota em 3 minutos.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi analisado a influência da incorporação da fibra da casca de banana e do lúpulo em bandejas de fécula de mandioca. Primeiro foi analisado o aspecto do material após a mistura na câmara, a pasta ficou com um aspecto gelatinoso e com coloração esverdeada, e a bandeja após a expansão ficou com coloração marrom e brilhosa. Resultados do ensaio de impacto indicaram que a amostra com 7% de casca de banana foi a que apresentou o melhor desempenho mecânico, absorvendo 27,5% e 28,4% mais energia na fratura que as amostras de 5% e 10%, respectivamente. O ângulo de contato da amostra com 10% de fibra de banana apresentou o melhor resultado de absorção da gota, formando o maior ângulo médio com a superfície, sendo de 88°.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao SEDETEC – Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico da UFRGS pelo apoio financeiro, ao Laboratório de Materiais Poliméricos (LAPOL) e ao DIMP – Laboratório de Desenvolvimento Integrado de Materiais e Produtos – IFSul/Campus Sapucaia do Sul, a CAPES e ao SIBRATEC.

REFERÊNCIAS

- 1 JORGE, N. Embalagens para alimentos. Cultura Acadêmica: UNESP, São Paulo, 2013.
- 2 CARR, Laura Gonçalves. Desenvolvimento de embalagem biodegradável a partir de fécula de mandioca /L.G. Carr. -ed.rev.- São Paulo, 2007. 93 p.
- 3 ACEPE. O Poliestireno Expandido. Disponível em: <<http://www.acepe.pt/index.php/eps>>. Data de acesso: 20 out. 2019.
- 4 BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, polímeros biodegradáveis e polímeros verdes. Revista eletrônica de materiais e Processos, v.6.2, 127- 139, 2011.

- 5 STOFFEL, F. Desenvolvimento de espumas a base de amido de mandioca. Programa de Pós-graduação em Engenharia de processos e tecnologia. Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2015.
- 6 AVÉROUS, L. & DIGABEL, F. Properties of biocomposites based on lignocellulosic fillers. Carbohydrate. Polymers. V.66, p. 480–493, 2006.
- 7 AVÉROUS, L. & HALLEY, P.J. Review: biocomposites based on plasticized starch. Biofuel Bioprod. Bior. V.3, p. 329–343, 2009.
- 8 BUTARELO, S. S., BELEIA, A., FONSECA, I. C. B. & ITO, K.C. Hidratação de tecidos de raízes de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) e gelatinização do amido durante a cocção. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.24, 2004.
- 9 MARENGO, V. A.; VERCELHEZE, A. E. S.; MALI, S. Compósitos biodegradáveis de amido de mandioca e resíduos da agroindústria. Química Nova. V XY, 2013.
- 10 SALGADO, P. R. SCHMIDT, V. C.; ORTIZ, S. E. M., MAURI, N. M., LAURINDO, J. B. Biodegradable foams based on cassava starch, sunflower proteins and cellulose fibers obtained by a baking process. Journal of Food Engineering, v. 85, 435 – 443, 2008.
- 11 SCHREIBER, E. Resíduos Orgânicos uma solução sustentável.
- 12 (IBGE, 2012).
- 13 SPIES, J. A. Estudo sobre a isomerização de alfa-ácidos de lúpulo na produção de cerveja artesanal em diferentes condições de processo.
- 14 Um pouco sobre a espuma da cerveja. Disponível em: <
<http://homebrewer.com.br/2017/09/01/um-pouco-sobre-espuma-da-cerveja/> >
Acesso em 20/10/2019.
- 15 KUNZE, Wolfgang; Tecnología Para Cerveceros y Malteros. Primeira edição, 2006.
- 16 HIERONYMUS, Stan. For the love of hops; The practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops. Brewers Association, Boulder, Colorado. Primeira edição, 2012.
- 17 ASTM D 256 – 04: Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics. EUA 2004.
- 18 ASTM D 7334 – 08: Standard Practice for Surface Wettability of Coatings, Substrates and Pigments by Advancing Contact Angle Measurement. EUA 2013.
- 19 OGEDA, T. L. Ângulo de Contato – USP – Instituto de química. São Paulo.

FERRAMENTA DE MONITORAMENTO PARA PLANOS MUNICIPAIS DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Piovezan, A. A.¹

Waskow, R. P.²

Campani, D. B.³

Tubino, R. M. C.⁴

¹ Engenheira Ambiental e Sanitarista, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGE3M, Andressa Aparecida Piovezan, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e andressapiovezan@hotmail.com.

² MSc. em Engenharia, Régis Pereira Waskow, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e e-mail regisengambiental@gmail.com.

³ Doutor em Engenharia, Darci Barnech Campani, Universidade Federal do Rio Grande do Sul e campani@ufrgs.br.

⁴ Prof. Dra. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais-PPGE3M/UFRGS e rejane.tubino@ufrgs.br.

Resumo

Indicadores na gestão de uma organização são úteis na conversão de dados em informações breves e claras sobre como está seu desempenho ambiental. Desta forma, propõe-se o monitoramento com indicadores criados durante a elaboração e implantação de um plano de gestão. O objetivo deste trabalho é definir uma Matriz de análise de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos utilizando como estudo de caso o município de Novo Hamburgo-RS. Para atendimento ao objetivo deste trabalho se faz necessário à execução metodológica de etapas como o diagnóstico do PMGIRS, a relação entre Macro Diretriz x Projetos, a definição dos indicadores dos projetos, o modo de obtenção dos dados de entrada dos indicadores e a elaboração de uma Matriz de correlação. Em resultados definiram-se as oito macro diretrizes do plano, bem como onde cada projeto foi encaixado. Foram citados os Programas definidos no PMGIRS e formuladas as equações matemáticas de indicadores dos projetos que obtiverem dados passíveis de cálculo. Nos resultados ainda se encontram os dados obtidos até o momento e quais secretarias foram as responsáveis pelo repasse das informações. Ainda se relata a definição de metodologia através da escala de Likert para os pesos adotados nos projetos constantes no plano, se relacionando ao grau de importância de cada projeto. Considera-se a metodologia elaborada uma importante ferramenta para obter e gerir os dados que alimentam os indicadores do PMGIRS, uma vez que não há uma pronta disponibilidade dos dados em cada secretaria, fato provavelmente observado em outras prefeituras municipais. A adoção da Matriz de análise do PMGIRS proposta reduz a dificuldade na gestão das informações e quando complementada com a definição e controle dos indicadores, permite identificar a situação atual de atendimento ao Plano e que a definição Pesos para Projetos é de fundamental importância para conduzir o tomador de decisão seletivos.

Palavras-chave: Indicadores, Planos Municipais de Gestão de Resíduos Sólidos, Macro Diretrizes, Matrizes.

MONITORING TOOL FOR MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT PLANS

Abstract

Indicators in the management of an organization are useful in converting data into brief and clear information about its environmental performance. Thus, it is proposed to monitor with indicators created during the preparation and implementation of a management plan. The objective of this work is to define an Analysis Matrix of a Municipal Plan of Integrated Solid Waste Management (PMGIRS) according to the National Policy of Solid Waste using as a case study the municipality of Novo Hamburgo-RS. In order to meet the objective of this work, it is necessary to perform methodological steps such as the PMGIRS diagnosis, the relationship between Macro Guideline x Projects, the definition of project indicators, the way of obtaining the indicator input data and the elaboration of a Correlation Matrix. The results defined the eight macro guidelines of the plan, as well as where each project was embedded. The programs defined in the PMGIRS were cited and the mathematical equations of project indicators were formulated to obtain calculable data. In the results are still the data obtained so far and which secretariats were responsible for the transfer of information. We also report the definition of methodology through the Likert scale for the weights adopted in the projects included in the plan, relating to the degree of importance of each project. The elaborated methodology is considered an important tool to obtain and manage the data that feed the PMGIRS indicators, since there is not a ready availability of data in each department, a fact probably observed in other city halls. The adoption of the proposed PMGIRS Analysis Matrix reduces the difficulty in information management and, when complemented with the definition and control of indicators, allows to identify the current situation of compliance with the Plan and that the definition Project Weights is of fundamental importance to conduct the select decision maker.

Key words: Indicators, Municipal Solid Waste Management Plans, Macro Guidelines, Matrices.

1 INTRODUÇÃO

A área de resíduos sólidos é definida e amparada principalmente pela Lei nº 12.305 do ano de 2010, denominada Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Essa lei, além de muitos outros instrumentos e objetivos, prevê a elaboração de Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS), bem como seu monitoramento de metas para diferentes cenários com seus programas, projetos e ações.

Entretanto, Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) devem observar ainda e a Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e seus Decretos Regulamentadores, uma vez que a gestão de resíduos é parte integrante do saneamento de um município.

Ainda nesse quesito, diretrizes e estratégias definem as ações e programas a serem delineados com vista ao atingimento de metas. Assim o monitoramento com indicadores criados durante a elaboração e implantação do plano se faz necessário

por diversas razões, sendo algumas: analisar o andamento de projetos e ações; verificar a situação atual do planejamento; fortalecer e melhorar a gestão municipal na gestão de resíduos; encontrar carências e falhas; permitir o controle de processos e melhoria contínua; agilizar a condução de processos; realizar avaliações periódicas; consolidar informações; realizar medição confiável dos dados obtidos; entre outros.

O termo “indicador” originou-se do latim “*indicare*”, possuindo significados como anunciar, tornar público e/ou estimar algo (VAN BELLEN, 2004). A NBR ISO 14001 (ABNT, 2015) define indicador como uma “representação mensurável da condição ou estado de operações, gestão ou condicionantes”. Assim, indicadores na gestão de uma organização são úteis na conversão de dados em informações breves e claras sobre como está seu desempenho ambiental (NBR ISO 14031(ABNT, 2004)).

Segundo Gespública (2010) a etapa de sistematização de coleta de dados é complexa, pois os dados obtidos devem ser confiáveis e de qualidade. Ainda cita as principais técnicas de coleta de dados, sendo: tradicionais, em grupo, prototipação, cognitivas e contextuais.

A ponderação dos indicadores é importante, devendo ter seus critérios bem definidos. A Escala Likert, por exemplo, é uma metodologia amplamente adotada em pesquisas de administração, gestão, acadêmicas, entre outras. Criada em 1932 por Rensis Likert, mede o grau de concordância de diferentes respondentes em um determinado assunto ou serviço.

Uma das justificativas para escolha desse tema para o trabalho surgiu pelo engajamento com a área de gestão de resíduos sólidos, cuja gestão é constituída por um conjunto de procedimentos que objetivam a redução e/ou minimização de resíduos, compreendendo todas as etapas desde a geração até a destinação/disposição final ambientalmente adequada. Também se justifica a escolha pelo querer que as etapas fossem cumpridas de forma correta, objetivando sempre a preservação do meio ambiente e a qualidade da saúde pública, ou seja, com o intuito de colaboração com melhorias na área.

Outra justificativa dada é pela necessidade, por parte do órgão público municipal, monitorar e realizar o acompanhamento do PMGIRS através dos indicadores, por necessitarem repassar esses dados a órgãos superiores competentes. Sendo assim, nada melhor que desenvolver e conciliar com a área acadêmica um trabalho que será aplicado na prática.

O objetivo deste trabalho é definir uma Matriz de análise de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de acordo com a PNRS utilizando como estudo de caso o município de Novo Hamburgo-RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atendimento ao objetivo deste trabalho se faz necessário a execução de etapas, conforme descrito a seguir:

2.1 Diagnóstico do PMGIRS, relação Macro Diretriz x Projetos

A definição de Macro Diretrizes é uma ferramenta que, em conjunto e/ou relacionadas aos seus respectivos indicadores, permitem a definição de metas e

possibilitam seu monitoramento. O agrupamento dos projetos conforme as macro diretrizes do PMGIRS foi realizada a partir de reuniões com a equipe envolvida.

2.2 Definição dos indicadores dos projetos

Em conjunto a equipe técnica responsável pela elaboração do PMGIRS, membros da Prefeitura municipal de Novo Hamburgo e tomando como base as Leis nº 12.305 (BRASIL, 2010) e 11.445 (BRASIL, 2007) foram definidos os indicadores de análise de cada projeto.

2.3 Obtenção dos dados de entrada dos indicadores

Na busca de aquisição de dados, foram agrupados todos os projetos constantes no plano e encaminhados aos seus respectivos responsáveis, que no caso, são as secretarias municipais do município em estudo. Elaborou-se assim um total de seis questionários, um para cada secretaria.

Após encaminhada a responsabilidade dos projetos para as secretarias, inicialmente foram agendadas e realizadas reuniões com integrantes da Secretaria Municipal do Meio Ambiente (SEMAM) sobre o assunto e através desta, uma reunião geral foi realizada com um responsável de cada secretaria vinculada ao monitoramento de indicadores do plano, além da SEMAM. Assim, nessa reunião geral foi enfatizada a importância e necessidade de repasse de dados para o acompanhamento do plano.

Para esse trabalho foi utilizada a técnica tradicional, que para a Tripp (2005) é definida como “aplicação de questionários, realização de entrevistas, observação direta, análise documental (físicos e virtuais)”. Os questionários foram encaminhados por correio eletrônico para a SEMAM que encaminhou para as demais secretarias.

Na segunda etapa foi feita uma análise sobre os programas, projetos e ações a serem implementados e apresentados no PMGIRS, cuja viabilização depende de avaliação de prioridades pela gestão municipal, disponibilidade de recursos (financeiros e humanos) e aprovação da população.

Em áreas públicas é difícil o monitoramento ou arquivamento de dados por órgão responsável. Inicialmente foram elaborados questionários contendo perguntas para cada projeto que dessem respostas numéricas, ou seja, dados reais em um único número, em porcentagem, entre outros.

Com o passar do tempo, verificou-se que dessa maneira não seria possível obter dados das secretarias com essa formulação de questionários. A parcela de respostas dadas pelas secretarias foi muito baixa, as perguntas não tinham os dados para serem respondidas, respostas foram informadas de forma negativa ou os respectivos projetos ainda não tinham começado, sendo a resposta numérica zero.

A partir deste contratempo foi buscada uma nova reformulação para extração e aquisição desses dados, para assim poder realizar a pesquisa e se ter uma noção de como os projetos estão evoluindo, pois de alguma forma esse monitoramento deve ser iniciado.

Os questionários passaram de perguntas descritivas e com ênfase em respostas de dados numéricos para perguntas objetivas variadas de níveis gradativos da situação atual, atendendo do nível 1 ao nível 5. Esses níveis foram adequados para cada projeto, mas sua estrutura foi constante para todos os projetos. Sendo:

Nível da situação atual (n_1) 1 – Se refere ao pior cenário. Esta nota é atribuída quando o projeto não teve início;

Nível da situação atual (n_2) 2 – Essa nota é atribuída quando o projeto teve início em modelo piloto;

Nível da situação atual (n_3) 3 – Essa nota é atribuída quando o projeto teve início e foi ampliado;

Nível da situação atual (n_4) 4 – Essa nota é atribuída quando o projeto teve início, foi ampliado e mais alguma ação ou ações de melhorias estão sendo desenvolvidas em prol do andamento do projeto;

Nível da situação atual (n_5) 5 – Se refere ao melhor cenário. Essa nota é atribuída quando o projeto teve início, foi ampliado e se é possível quantificar os dados em números.

Observa-se que essa modificação na estrutura dos questionários teve grandes avanços para ambas as partes. Dessa forma todos os projetos possuem resposta, dado ao seu nível de diagnóstico atual: 1, 2, 3 4 e 5. Se o projeto atingir o nível cinco (melhor cenário), o indicador do projeto poderá ser calculado através de formulação matemática.

Em um curto período de tempo a maioria dos questionários já foi respondida, não acarretando mais atrasos neste trabalho. As respostas desses questionários serão demonstradas nos resultados.

2.4 Elaboração da Matriz

A Matriz de análise do PMGIRS é composta das seguintes informações, conforme Quadro 1: nome da macro diretriz, nome do projeto, peso do projeto, ação (ões) associada(s) ao projeto; nome do indicador do projeto; nível da situação do projeto (dado pelo diagnóstico junto à prefeitura); meta do indicador; e prazo para atingir a meta.

Macro Diretriz x	Projeto	Peso	Ação	Nome do Indicador	Nível da situação atual (N_{ix})	Meta	Prazo

Quadro 1. Estrutura da matriz. Fonte: Os autores, 2019.

A escolha de definição de pesos para os projetos constantes no plano considerou a técnica da escala de Likert, que condiz a relação ao grau de importância de cada projeto no plano.

Com o preenchimento total das informações pertinentes nas Matrizes, torna-se possível calcular o nível atual da respectiva macro diretriz (MACROx), onde o “x” representa o número da mesma. O cálculo para cada uma das oito macro diretrizes é dado pela seguinte Equação1:

$$\text{MACROx} = \frac{\sum(\text{Projeto1} \times \text{Peso1}) + (\text{projeto2} \times \text{Peso2}) + \dots + (\text{Projeton} \times \text{Peson})}{(n^{\circ} \text{ total de projetos})}$$

Equação 1. Equação para cálculo das macro diretrizes. Fonte: Os autores, 2019.

Como resultado final é possível monitorar o nível de atendimento de cada Projeto, servindo de base para a tomada de decisão dos gestores públicos no trato dos resíduos gerados no município.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Realizando a análise das 29 diretrizes citadas no plano foram definidas oito macro diretrizes, conforme descrito a seguir:

1 – Tecnologias e Gestão Adequadas a Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos;

2 – Minimização da Geração de Resíduos Sólidos;

3 – Valorização de Resíduos;

4 – Universalização e integralidade;

5 – Controle Social;

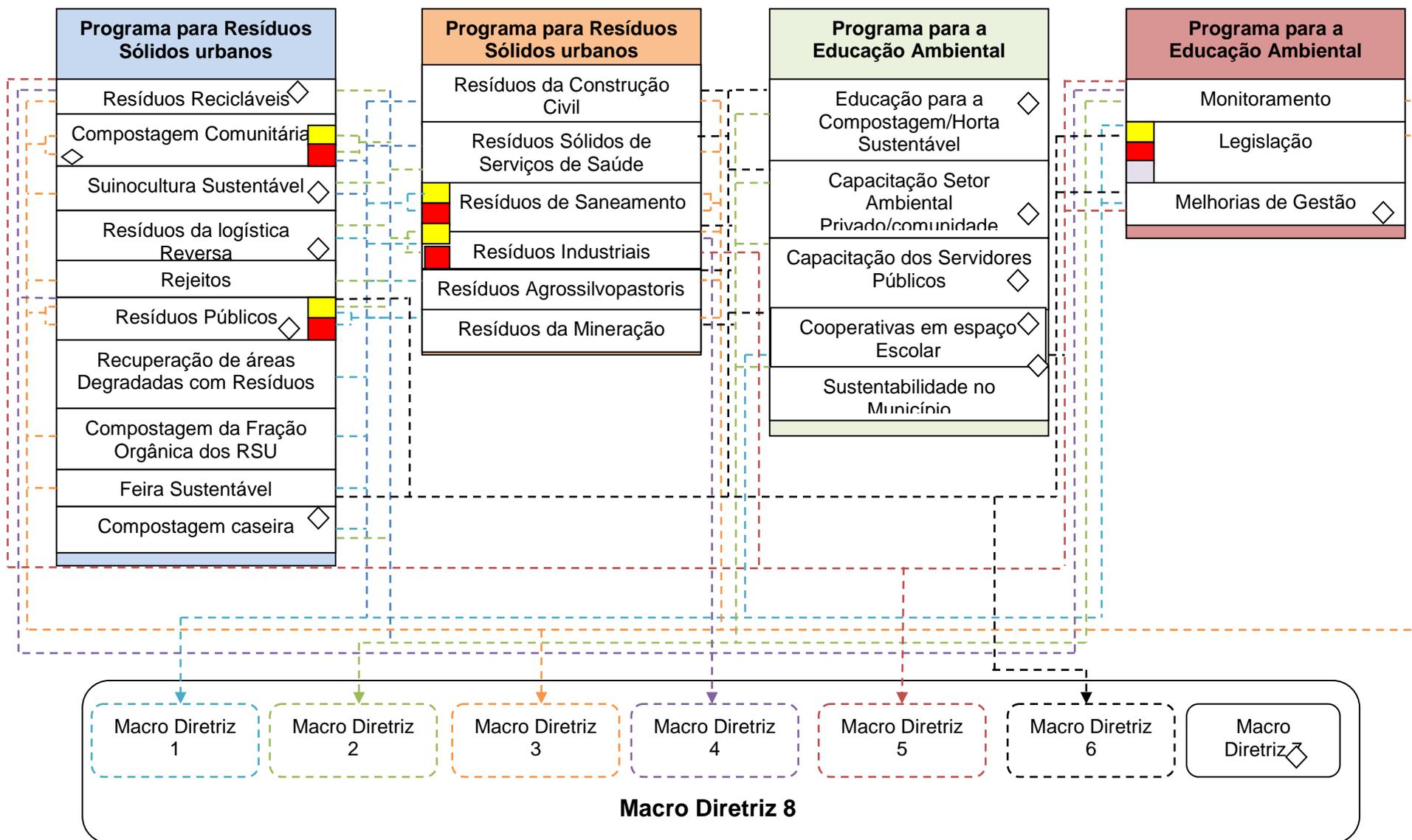
6 – Articulação com políticas públicas;

7 – Educação para sustentabilidade;

8 – Sustentabilidade (social, econômico e ambiental).

O plano também conta com quatro programas, onde constam no total vinte e dois projetos. Esses projetos foram divididos nas oito macro diretrizes citadas anteriormente. Essa divisão pode ser observada na Figura 1. Os projetos pertencentes aos programas interligam-se por linhas pontilhadas até sua macro diretriz (1 a 6), os projetos pertencentes a Macro diretriz 7 possuem um símbolo de referência, objetivando a melhor visibilidade do mesmo (devido ao grande número de ligações). Os projetos que possuem mais de uma ação são representados pela cor amarela (ação 1) e vermelha (ação 2).

Figura 1 – Programas x Projetos x Macro Diretrizes



Para construção das matrizes, a disponibilização das escalas será dada de forma a compreender os graus de importância, variando de 1 a 5, sendo 1 “menos importante” e 5 “mais importante”, esse número de escala facilita a resposta da questão por possuir um ponto intermediário, que seria um nível neutro entre concordância e discordância e por não se tornar cansativa a quem responder (BONICI; ARAÚJO JUNIOR, 2011; DALMORO; VIEIRA, 2014). A definição dos pesos foi elaborada conforme os critérios:

- 1 – Projeto sem importância;
- 2 – Projeto com pouca importância;
- 3 – Projeto razoavelmente importante;
- 4 – Projeto importante;
- 5 – Projeto muito importante.

Com os questionários respondidos, o método preferencial para análise dos dados será através da moda, ou seja, o peso adotado para tal projeto será o mais citado pelos especialistas consultados.

As respostas já obtidas através dos questionários são demonstradas no Quadro 2, onde é indicado o projeto, a secretaria responsável e o nível da situação atual de tal projeto.

Projeto	Responsável	Nível da situação atual (Ni)				
		1	2	3	4	5
Projeto de Sustentabilidade no município	Secretaria Municipal de Desenvolvimento Social					x
Projeto de Educação para Compostagem/horta Sustentável					x	
Projeto de cooperativas em espaço escolar	Secretaria Municipal de Educação					x
Projeto de Compostagem Comunitária – Ação: criar hortas sustentáveis	Secretaria Municipal do Meio Ambiente	x				
Projeto de Compostagem Comunitária – Ação: Implantar Composteiras Comunitárias			x			
Projeto de Compostagem da fração orgânica dos RSU			x			
Projeto de Compostagem Caseira					x	
Projeto de Rejeitos		x				
Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas com Resíduos		x				
Projeto de Resíduos Públicos – Ação: Utilização de RCC em operações de manutenção de vias públicas						X
Projeto de Resíduos Públicos – Ação: organizar e ampliar o número de ecopontos			x			
Projeto de Resíduos da Construção Civil		x				
Projeto de Resíduos de Mineração		x				
Projeto de Resíduos Industriais – Ação: simbiose industrial		x				

Projeto	Responsável	Nível da situação atual (Ni)				
		1	2	3	4	5
Projeto de Resíduos Industriais – Ação: ampliação da fiscalização	Secretaria Municipal do Meio Ambiente	x				
Projeto de Capacitação do Setor Ambiental Privado / Comunidade		x				
Projeto de Capacitação dos Servidores Públicos		x				
Projeto de Melhoria de Gestão		x				
Projeto de Monitoramento		x				
Projeto de Legislação – Ação: Formalização dos vários planos municipais de resíduos não urbanos		x				
Projeto de Legislação – Ação: Alterar a Lei 1505/2006 incluindo RCC		x				
Projeto de Legislação – Ação: Revisão do Plano Urbanístico Ambiental		x				
Projeto de Logística Reversa		x				
Projeto de Resíduos de Saneamento – Ação: Elaborar e implantar o projeto de gestão de resíduos de saneamento	Serviço de Água e Esgoto de Novo Hamburgo		x			
Projeto de Resíduos de Saneamento – Ação: Buscar novas alternativas de destinação				x		

Quadro 2. Nível da situação atual dos projetos. Fonte: Prefeitura municipal de Novo Hamburgo/RS.

Como é possível observar no Quadro 2, alguns projetos obtiveram dados passíveis de cálculo através de formulação matemática, pois obtiveram nível máximo (n_5) e poderão ser monitorados por possuírem dados numéricos.

No Quadro 3 é demonstrado o glossário referente aos indicadores de todos os projetos. Neste Quadro foi adotado um código de referência para cada indicador, seguido do nome do indicador (no caso o projeto que o engloba), sua definição (o que ele abrange) adotando abreviações para simplificação e diminuição de tamanho da equação, que é a coluna sucessora, e por último, o modo em que o resultado deste cálculo do indicador é expresso.

Referência	Nome do indicador	Definição do indicador	Equação	Expresso em
I01	Projeto de Resíduos Recicláveis	População atendida (pa) pela coleta seletiva em relação à população total (pt) do município	$I_{01}: \frac{pa}{pt} * 100$	
I02	Projeto de Compostagem Comunitária	Área de cobertura da ação de criação de hortas sustentáveis (hs) em relação à área total (at) do município	$I_{02}: \frac{hs}{at} * 100$	%
I03		Área de cobertura de implantação de composteiras comunitárias (cc) em relação à área total (at) do município	$I_{03}: \frac{cc}{at} * 100$	
I04	Projeto de Compostagem da Fração Orgânica dos RSU	Quantidade de resíduos destinados para a compostagem municipal (cm) em relação à quantidade de resíduos coletados (rc) no município	$I_{04}: \frac{cm}{rc} * 100$	
I05		Área de cobertura com compostagem municipal (ccm) em relação à área total (at) do município	$I_{05}: \frac{ccm}{at} * 100$	
I06	Projeto Feira Sustentável	Quantidade de resíduos destinados para a compostagem municipal (cm) em relação ao total de resíduos gerados pelas feiras (rf) no município	$I_{06}: \frac{cm}{rf} * 100$	
I07	Projeto Compostagem caseira	Número de imóveis participantes (ip) em relação ao número total de imóveis (it) do município	$I_{07}: \frac{ip}{it} * 100$	
I08	Projeto Suinocultura Sustentável	Número de restaurantes participantes (rp) em relação ao número	$I_{08}: \frac{rp}{rt} * 100$	

Referência	Nome do indicador	Definição do indicador	Equação	Expresso em
		total de restaurantes (rt) com alvará		
I ₀₉	Projeto de Logística Reversa	Quantidade de material de resíduos provindos da logística reversa (rlr) em relação à quantidade total de material comercializado (trlr) no município	$I_{09}: \frac{rlr}{trlr} * 100$	
I ₁₀	Projeto de Rejeitos	Quantidade de rejeitos destinados (rej) para aterro em relação ao total de RSU (trsu) coletado	$I_{10}: \frac{rej}{trsu} * 100$	
I ₁₁	Projeto de Resíduos Públicos	Quantidade de resíduos separados e encaminhados para a destinação adequada (rpa) em relação à quantidade coletada (qc) de Resíduos Públicos (RPU) no município	$I_{11}: \frac{rpa}{qc} * 100$	%
I ₁₂		Quantidade de RPU utilizados (qrpu) pela SEMOPSU* em relação ao total de material utilizado (tmu) para este fim	$I_{12}: \frac{qrpu}{tmu} * 100$	
I ₁₃	Projeto de Recuperação de Áreas Degredadas	Quantidade de áreas recuperadas (ar) em relação à quantidade de áreas degradadas (ad) no município	$I_{13}: \frac{ar}{ad} * 100$	
I ₁₄	Projeto de Resíduos da Construção Civil	Número de planos de gerenciamento no setor protocolados (pgsp) em relação ao número de obras licenciadas (ol) no município	$I_{14}: \frac{pgsp}{ol} * 100$	
I ₁₅	Projeto de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde	Número de planos de gerenciamento no setor protocolados (pgsp) em relação ao	$I_{15}: \frac{pgsp}{ne} * 100$	

Referência	Nome do indicador	Definição do indicador	Equação	Expresso em
		número de estabelecimentos (ne) no município		
I ₁₆	Projeto de Resíduos de Saneamento	Número de planos de gerenciamento no setor protocolados (pgsp) em relação ao número de obras licenciadas (ol) no município	$I_{16}: \frac{pgsp}{ol} * 100$	%
I ₁₇		Refere-se à busca de novas alternativas de destinação e utilização do lodo gerado nas estações de tratamento de água e esgoto	Nível de 1 a 5 (Ni)	Sem unidade
I ₁₈	Projeto de Resíduos industriais	Quantidade de resíduos reaproveitados pela simbiose industrial (si) em relação à quantidade total gerada (qt) no município	$I_{18}: \frac{si}{qt} * 100$	
I ₁₉		Quantidade de RSI identificados junto ao RSU através da ampliação da fiscalização (af) em relação ao total de RSU (trsu) coletado no município	$I_{19}: \frac{af}{trsu} * 100$	%
I ₂₀	Projeto de Resíduos Agrossilvopastoris	Número de planos de gerenciamento no setor protocolados (pgsp) em relação ao número de estabelecimentos (ne) no município	$I_{20}: \frac{pgsp}{ne} * 100$	

Referência	Nome do indicador	Definição do indicador	Equação	Expresso em
I ₂₁	Projeto de Resíduos de Mineração	Número de planos de gerenciamento no setor protocolados (pgsp) em relação ao número de estabelecimentos (ne) no município	$I_{21}: \frac{pgsp}{ne} * 100$	%
I ₂₂	Projeto de Educação para a Compostagem / Horta Sustentável	Número de pessoas (np) capacitadas por ano (ano)	$I_{22}: \frac{np}{ano}$	Pessoas por ano
I ₂₃	Projeto de Capacitação do Setor Ambiental Privado / Comunidade		$I_{23}: \frac{np}{ano}$	
I ₂₄	Projeto de Capacitação dos Servidores Públicos	Quantidade de horas de treinamento (ht) dadas aos servidores públicos municipais (spm) em relação ao ano (ano)	$I_{24}: \frac{ht+spm}{ano}$	Servidores por ano
I ₂₅	Projeto de Cooperativa em Espaço Escolar	Número de escolas participantes (ep) em relação ao número de escolas totais (et) no município	$I_{25}: \frac{ep}{et} * 100$	
I ₂₆	Projeto de Sustentabilidade no Município	Número de pessoas atingidas por ações de educação ambiental (pat) em relação à população total (pt) do município	$I_{26}: \frac{pat}{pt} * 100$	%
I ₂₇	Projeto de Monitoramento	Quantidade de metas atingidas (ma) em relação ao número total de metas (tm) do plano	$I_{27}: \frac{ma}{tm} * 100$	

Referência	Nome do indicador	Definição do indicador	Equação	Expresso em
I ₂₈	Projeto de Legislação	Número de planos formalizados (pf) em relação ao número de planos previstos (pp) no município	$I_{28} = \frac{pf}{pp} * 100$	%
I ₂₉		Alteração da Lei nº 1.505/2006 incluindo RCC	Nível de 1 a 5 (Ni)	Sem unidade
I ₃₀		Revisão do Plano Diretor Urbanístico Ambiental		
I ₃₁	Projeto de Melhoria da Gestão	Nível de satisfação dos munícipes em relação às melhorias de gestão do plano	Nível de 1 a 5 (Ni)	Sem unidade
I ₃₂	Projeto de Melhoria da Gestão	Nível de satisfação dos servidores da secretaria do meio ambiente em relação às melhorias de gestão do plano		

*SEMOPSU: Secretaria de Obras Públicas e Serviços Urbanos.

Quadro 3. Glossário referente aos indicadores. Fonte: Os autores, 2019.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo se encontra em constante evolução. A metodologia de análise de matriz elaborada é uma importante ferramenta para obtenção e gerenciamento de dados que alimentam os indicadores do PMGIRS, uma vez que não há uma pronta disponibilidade destes dados em cada secretaria, fato provavelmente observado em outras prefeituras municipais.

Considera-se que a adoção da Matriz de análise do PMGIRS proposta reduz a dificuldade na gestão das informações e quando complementada com a definição e controle dos indicadores permite identificar a situação atual de atendimento aos Planos de Gestão.

Salienta-se que a definição de Pesos para Projetos deve estar contemplada no escopo de serviço da equipe responsável pela elaboração dos PMGIRS no Brasil, em parceria com as respectivas Prefeituras. Estes indicadores são de fundamental importância para conduzir o tomador de decisão ao selecionar Projetos que contribuam mais para se atingir os objetivos dos Planos e que, caso não possua, é possível aplicar técnicas para adoção de pesos.

O diagnóstico da situação atual do atendimento ao PMGIRS do município de Novo Hamburgo-RS permite identificar uma predominância de resultados de não satisfatório, o que permite concluir sobre a necessidade de definição de um plano de ação com priorização, que será apontada através da análise do valor final de cada matriz.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, à CAPES, UFRGS, PPGE3M e Prefeitura Municipal de Novo Hamburgo pelo apoio recebido na elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em mai. 2019.
2. VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade - um levantamento dos principais sistemas de avaliação**. FGV- EBAPE, Santa Catarina, v. 2, n. 1, p.1-14, mar. 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cebape/v2n1/v2n1a02>>. Acesso em set. 2019.
3. ABNT NBR ISO 14001, de 06 de novembro de 2015. **Sistemas de Gestão Ambiental**: Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015. 41p. Acesso em Ago. 2019.
4. ABNT NBR ISO 14031, de 27 de fevereiro de 2004. **Gestão Ambiental**: Avaliação de Desempenho Ambiental - Diretrizes. Rio de Janeiro, 2004. 43p. Acesso em Ago. 2019.
5. GESPÚBLICA. **Melhoria da gestão pública por meio da definição de um guia referencial para medição do desempenho da gestão, e controle para o gerenciamento dos indicadores de eficiência, eficácia e de resultados do programa nacional de gestão pública e desburocratização**. Produto 4: guia referencial para medição de desempenho e manual para construção de indicadores. Brasília: Ministério do Planejamento, 2009.
6. BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Brasília. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>>. Acesso em mai. 2019.
7. TRIPP, David. Actionresearch: a methodological introduction. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, SP, v. 31, n. 3, p.443-466, dez. 2005. Murdoch University. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2019
8. BONICI, R.M.C.; ARAÚJO JUNIOR, C.F. Medindo a satisfação dos estudantes em relação à disciplina on-line de probabilidade e estatística. **Setor Educacional: Educação Universitária**, São Paulo, SP, p.01-10, abr. 2011.
9. DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?*. **RGO-Revista Gestão Organizacional**, Univates, v. 6, p.01-14, ago. 2014.
10. PMGIRS, 2017. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Novo Hamburgo.

ASPECTOS GERAIS DA INJEÇÃO DE PÓ METÁLICO (Fe) UTILIZANDO PEAD E BORRACHA TERMOPLÁSTICA

Silva, F.¹

Motta, C. A.O.²

Callegaro, R.M.³

¹ Engenheiro Mecânico, Felipe Silva, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, felipepa@live.com.

² Mestre em Engenharia, Clayton André Oliveira da Motta, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, clayton.motta@yahoo.com.br.

³ Doutor em Engenharia, Renato Mazzini Callegaro, Instituto Federal Sul-rio-grandense – IFSul, renattocallegaro@sapucaia.ifsul.edu.br.

Resumo

A Injeção de Pó Metálico ou MPI é um processo da metalurgia do pó, semelhante ao processo de injeção de plásticos. Este processo é ideal para obter peças de geometrias complexas, de difícil usinabilidade, de lotes de pequeno porte com acabamento e dimensões finais ou não. O processo de geração de peças por MPI apresenta diversas etapas que devem ser cuidadosamente seguidas para não promover erros que comprometam a qualidade dos produtos. O objetivo deste trabalho foi produzir peças com diferentes polímeros no binder e após fazer a comparação entre eles com intuito de verificar seus diferentes impactos em comparativo com as diferentes granulometrias do pó de Fe e algumas propriedades obtidas das peças produzidas.

Palavras-chave: Pó Metálico; Injeção de Pó; Polímeros; Granulometria.

GENERAL ASPECTS OF METAL POWDER (FA) INJECTION USING HDPE AND THERMOPLASTIC RUBBER

Abstract

Metal Powder Injection or MPI is a process of powder metallurgy, similar to the plastic injection process. This process is ideal for obtaining parts of complex geometry, difficult to machinability, small batches with finishing and final dimensions or not. The process of parts generation by MPI has several steps that must be followed to avoid errors that compromise product quality. The objective of this work was to produce parts with different polymers in the binder and after comparing them in order to verify their different particle size and their impact on the properties obtained in the generated parts.

Key words: Metallic powder; Powder injection; Polymers; Granulometry.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com *Marino*⁽¹⁾, muitas empresas, visando uma elevação nos seus lucros, estão buscando uma maior assertividade na qualidade de produtos e rapidez de entrega, investindo nas fabricas inteligentes. Nessas fábricas a tecnologia e a inovação fazem parte do cotidiano, ofertando a fabricação de variados tipos de produtos em menores tempos.

Essa ideia reforça os estudos de *Marris*⁽²⁾, onde o autor estudou a taxa de planejamento de utilização dos equipamentos, onde segundo o mesmo autor, a montagem de uma planta fabril depende do nível da demanda agregada.

A competitividade nas indústrias remete à necessidade de que se busquem as inovações de forma mais rápida e eficiente. Para *Motta*⁽³⁾, o termo inovação que é originado do latim “*innovazione*” apresenta como significado a renovação. Acredita-se, no entanto, que a inovação representa a aplicação da criatividade, isto é, primeiramente têm-se a criatividade e após a inovação *Marta*⁽⁴⁾.

Na área da fabricação em especial, é plausível que os engenheiros venham a desenvolver novos materiais e processos que venham a contribuir para o lucro das empresas em conformidade, cada vez mais, com o consumo sustentável de recursos.

O processo de moldagem de pós por injeção (MPI) é uma das subdivisões da metalurgia do pó e é um processo semelhante ao processo de injeção de polímeros. Históricos mostram que tal processo foi realizado na fabricação de velas de ignição na década de 1920, mas somente em 1979 houve a aplicação industrial, sendo utilizado para a fabricação de peças em larga escala pela indústria *Escobar*⁽⁵⁾.

O MPI é uma área muito usada na indústria e é muito competitiva para peças de pequeno porte e geometrias complexas. As pesquisas nessa área são necessárias e seus resultados interessam ao desenvolvimento tecnológico industrial. Assim sendo, a pesquisa apresentada tem como premissa analisar as propriedades geradas pelas peças modeladas e injetadas pelo processo MPI em diferentes condições de mistura onde a base de ferro apresentará misturas com PEAD (Polietileno de Alta Densidade) e borracha termoplástica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho teve como objetivo principal estudar as propriedades obtidas (dureza, microdureza e densidade) nas amostras produzidas a partir da injeção de Pó de Ferro misturado com compostos orgânicos. Os compostos aos quais fazem parte da mistura são, principalmente, o PEAD e a Borracha Termoplástica (BT) como aglutinante alternativo. Após a geração dos espécimes, os mesmos foram submetidos a análises do comportamento mecânico do material sinterizado para comparar as propriedades entre as peças geradas com PEAD e borracha termoplástica que é o objeto de interesse dessa pesquisa.

Todos os espécimes foram misturados com pó de ferro, tendo como matriz principal o *binder* com PEAD e como alternativo a Borracha Termoplástica (BT).

Os demais componentes poliméricos dos dois *binders* seguiram iguais para ambas as matrizes, a saber, Cera de Carnáuba, Parafina e Ácido Esteárico.

Com isso, buscou-se avaliar se a BT é uma alternativa viável tecnologicamente na área de MPI para o PEAD.

Para a realização das misturas, foram usados os misturadores helicoidais (haake) e o planetário. A densidade das amostras foram medidas no densímetro.

A extração química foi executada na estufa, com o uso adicional de hexano. A extração térmica foi feita em forno a vácuo e a sinterização em forno de atmosfera com gás Argônio

A análise das propriedades de dureza Brinell e Vickers foi verificada com o uso de durômetros específicos para cada aplicação.

2.1 Moldagem de Pós por Injeção

Segundo *Oliveira*⁽⁶⁾, o processo de moldagem de pós por injeção (MPI) é um processo derivado, oriundo do processo de injeção de plásticos somado à metalurgia do pó. Em MPI a carga injetável (feedstock) é uma mistura de aglutinante com pós-metálicos ou cerâmicos. O sistema aglutinante é composto de pós-inorgânicos e polímeros e tem a função de formar o veículo para o preenchimento do molde. No final do processo, o veículo deve ser removido através de processos químicos e térmicos antes da sinterização.

Algumas vantagens deste processo em relação a outros processos de fabricação:

- Fabricação de peças com geometrias altamente complexas;
- Baixa perda de material;
- Ampla gama de materiais disponíveis;
- Maior produtividade.

Na figura abaixo, está apresentado, em um fluxograma, o processo de MPI, desde a mistura dos componentes até a sinterização das peças.



Figura 1. Fluxograma do processo de MPI, *Catto*⁽⁷⁾.

2.2 Processo de Obtenção do Pó

Conforme *Silva*⁽⁸⁾, os principais processos de produção de pós-finos, entre os vários utilizados, são: Moagem, métodos químicos e atomização. Para um breve entendimento da influência da forma de obtenção do pó na sua morfologia e granulometria é mostrado na tabela 1, alguns desses processos e sua influência.

Tabela 1. Técnicas de produção de Pós Metálicos relacionado com o tamanho de partículas, morfologia e custos, *Zampieron*⁽⁹⁾.

Técnica	Tamanho Médio de Partículas (μm)	Morfologia	Custo
Atomização a gás	20 - 40	Esférico	Alto
Atomização a água	10 - 40	Arredondado	Moderado
Atomização centrífuga	25 - 40	Esférico	Alto
Carbonila	1 - 10	Esférico	Moderado
Redução de Óxido	1 - 10	Poligonal	Moderado
Precipitação	0,01 - 3	Poligonal	Baixo
Moagem	0,1 - 40	Irregular	Moderado

2.3 Sistema Ligante

O ligante é uma mistura de polímeros, os de cadeia curta (ceras e parafinas) caracterizando a plasticidade da massa de injeção e os de cadeia longa (Polipropileno e poliestireno) atribuindo resistência mecânica à mistura *Júnior*⁽¹⁰⁾.

Na etapa de remoção do ligante, a mistura é removida química e termicamente e devem existir interações (*necks*) mínimas entre as partículas do pó antes da sua remoção, evitando assim possíveis distorções ou deformações da peça. A Figura 2 (a) e (b), mostra como se formam as interações (*necks*) entre as partículas do material durante a homogeneização do *feedstock*.

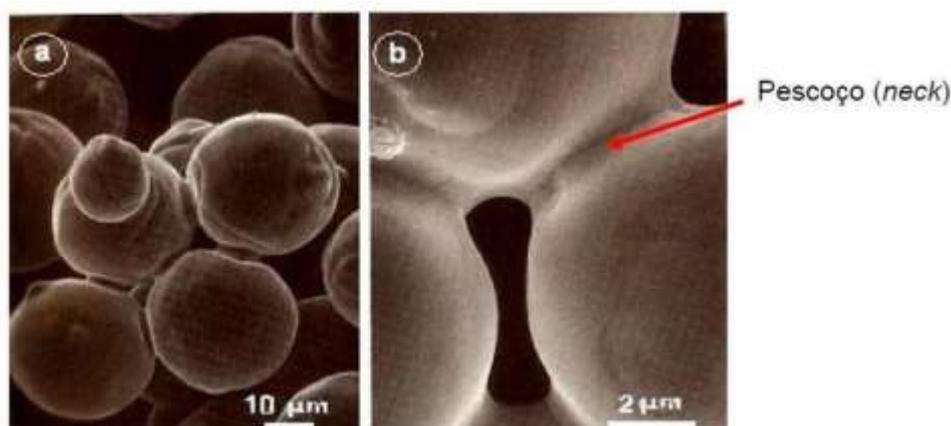


Figura 2. Interação entre as partículas (a) e (b), *Júnior*⁽¹⁰⁾.

É comum misturar também alguns surfactantes para facilitar a molhabilidade do polímero ao pó e para diminuir a viscosidade do *feedstock*. Alguns exemplos de surfactantes são o ácido esteárico e a amida graxa, no caso da pesquisa apresentada, foi usado o ácido.

2.4 Etapa da Mistura

Esta primeira etapa consiste na homogeneização dos componentes formando uma massa (*feedstock*) e neste trabalho foi usado o misturador *haake*. É interessante que a relação entre pó metálico e *binder* seja intensa, pois dessa relação resultará nas propriedades do *feedstock*, *Zampieron*⁽⁹⁾. O pó e o *binder* são misturados a quente acima do ponto de fusão dos constituintes, formando uma massa homogênea com taxa de cisalhamento constante e forças de interação razoáveis para proporcionar um revestimento uniforme na superfície do pó, *Gutiérrez*⁽¹¹⁾.

A proporção de cada material é importante porque define como o *feedstock* vai se comportar no final do processo. No caso de pouca quantidade de ligante, gerará um material altamente viscoso e conseqüentemente problemas na injeção. Todavia, havendo excesso de ligante, irá acarretar problemas no processo de extração, como tempo acima do normal e lacunas.

Normalmente a concentração pó ocupa, em volume, em torno de 60%. Existem formulações comercializadas que chegam a ter 80% de pó. É interessante utilizar uma concentração de 50% ou mais, pois abaixo disso, diminui significativamente a densidade da massa, podendo gerar problemas na injeção, *Gutiérrez*⁽¹¹⁾.

Problemas de segregação, injeção da carga no molde, de extração do ligante e viscosidade do material podem ter origem na mistura. *Binders* não homogêneos, ou com proporções inapropriadas de pós, polímeros, ou ainda de surfactantes, podem gerar um *feedstock* heterogêneo ou muito viscoso, o que pode gerar contrações diferenciadas na difusão, imperfeita molhabilidade dos pós com contatos excessivos das partículas ou então peças quebradiças ou com propriedades não uniforme, *Júnior*⁽¹⁰⁾.

2.5 Etapas da Injeção

Esta é a segunda etapa do processo de MPI e consiste na inserção do *feedstock* no molde. O material é aquecido para que tenha fluidez suficiente para ser transportado através de um parafuso com rosca, semelhante ao processo de injeção de plásticos.

Na cavidade do molde, a carga injetada já toma a forma final da peça e então é resfriada, *Sá*⁽¹²⁾. Para evitar alguns problemas característicos deste processo, alguns parâmetros da máquina devem ser cuidados e controlados: temperatura de injeção, velocidade de injeção, temperatura do molde, pressão de moldagem, tempo de moldagem, tempo de resfriamento do molde.

2.6 Etapa de Extração dos Ligantes

Nesta etapa será removido o veículo ou ligante que está atrelado à peça e a mesma sofre perda de resistência, exigindo um manuseio delicado para não comprometer a integridade da amostra, *Sá*⁽¹²⁾.

Uma das razões para se adicionar diferentes componentes em MPI é que ajuda na resistência e fluidez durante a injeção do metal e ajuda na extração do ligante. Existem três métodos bastante usados para a remoção do ligante: dissolução por um solvente, ação da temperatura e ação catalítica. O método mais rápido é o por dissolução com solvente orgânico ou água.

Geralmente a remoção dos ligantes é realizada por um dos métodos mais complexos no que se refere: ao tempo (podem durar semanas); escolha do ambiente em que a amostra será submetida e a programação da temperatura. No método por ação da temperatura o primeiro componente a ser removido “abre caminho” ou “deixa lacunas” na peça e estes servirão de caminho para os demais componentes ou resíduos durante a remoção do ligante, *Zorzi*⁽¹³⁾.

2.7 Etapas da Sinterização

Esta é a última etapa da MPI e deve ocorrer a união entre as partículas através da densificação onde serão atribuídas propriedades mecânicas nas peças pelas ligações químicas, *Wermuth*⁽¹⁴⁾.

A etapa de sinterização pode ser dividida em três estágios: No primeiro surgem os “neck’s”, interações entre as partículas, há pouca retração da peça. No segundo momento as partículas iniciam o crescimento de grão e ocorre a densificação da peça, nesta etapa o formato dos poros é mais arredondado e o surgimento de poros isolados caracteriza o início da etapa final, *Júnior*⁽¹⁰⁾.

Um tamanho de grão reduzido é importante para manter a alta taxa de sinterização da peça e quando a peça atinge uma estrutura de porosidade de aproximadamente 8% diz-se que o componente está geometricamente estável.

A Figura 3 ilustra como se comporta o material e como ocorre a interação (crescimento de grãos) durante a fase de sinterização.

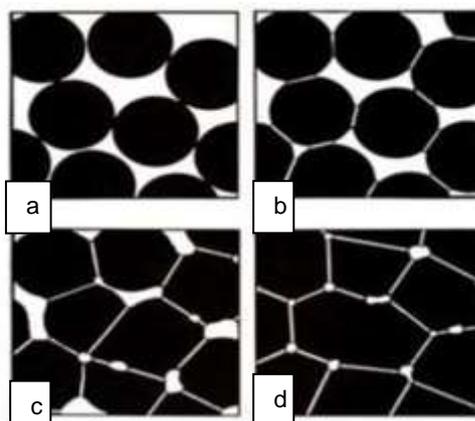


Figura 3. a) Partículas no início da sinterização. b) Primeiro momento da sinterização e crescimento de grãos. c) Mostra como se comporta as partículas durante o crescimento de grão. d) Final do processo de sinterização e crescimento de grão do material *Motta*⁽³⁾.

2.8 Comparativos dos Polímeros

O PEAD é um plástico rígido e possui alta resistência, temperatura de fusão em torno de 110°C e é uma boa alternativa para trabalhar com injeção ou sopro.

A Borracha Termoplástica possui uma boa faixa de trabalho em temperaturas entre -60°C e 135°C sem fissuração ou oleosidades, possui maior poder de absorção de impactos, gerando menos ruídos em algumas peças, *Gedel*⁽¹⁵⁾.

3. Método usado para realização da Pesquisa

Toda a matéria-prima foi selecionada e conferida para que houvesse quantidade suficiente para a pesagem e formação do *binder*. Na sequência, iniciou-se com a pesagem das amostras, em potes separados, num total de 10 potes de 150g cada com o objetivo de produzir 1,5 kg de amostra para cada material (PEAD e Borracha Termoplástica).

Após a pesagem da matéria-prima dos componentes, a mistura foi encaminhada para o misturador *Haake*, onde se formou uma massa homogênea e então encaminhada para o triturador e por fim foram injetadas as amostras.

Com as amostras prontas, verificaram-se suas densidades e deu-se início à extração química e posterior extração térmica para então fazer a sinterização das peças.

Finalizado o processo de sinterização, os espécimes estão prontos para a realização dos testes, que é o objetivo principal desta pesquisa.

3.1 Preparação do *Binder*

Foram selecionadas as matérias-primas para a pesagem e então foram pesados os componentes em proporção conforme a Tabela 2, a seguir:

Tabela 2. Proporção das MP que foram utilizadas.

MP	Proporção em Volume	Proporção em Peso
Pó de Ferro	63,18%	84.2%
Parafina	16,93%	7%
PEAD ou BT	9,52%	4.2%
Ácido Esteárico	5,79%	2.5%
Cera de Carnaúba	4,57%	2.1%

Após a pesagem da mistura de pó mais o aglomerante, as amostras foram misturadas e homogeneizadas no misturador *Haake*, visto na Figura 4.



Figura 4. Misturador *Haake*, (Autor).

3.2 Peletização da massa moída

Após colocar o *feedstock* no *Haake* para misturar e homogeneizar, o equipamento misturador entrega como produto uma massa densa e homogênea com tamanhos variados e alguns grandes, para isso, faz-se necessário passar a massa no peletizador de facas. A Figura 5. Mostra o moinho utilizado na pesquisa e suas principais partes.



Figura 5. Moinho de facas (Autor).

O Moinho forneceu como produto a carga pronta para ser injetada, peletizada em partículas pequenas entre 1 mm e 5 mm, não uniforme. Essa moagem pode ser vista na Figura 6.



Figura 6. Material moído (Autor).

3.3 Injeção da Carga

A injetora utilizada é um equipamento de grande porte da marca HIMACO com alta capacidade de injeção, e o molde utilizado foi o de corpo de prova do tipo cotonete, conforme Figura 7.



Figura 7. Molde tipo Cotonete (Autor).

As amostras foram para a injeção, após serem peletizadas no moinho. Na injeção optou-se por utilizar uma gradiente de temperatura no canhão de injeção (170°C-180°C-190°C). A injeção forneceu como produtos 4 amostras sendo 2 tipos mais finas, porém com a mesma proporção, devido ao molde.

3.3.1 Extração química

Algumas amostras foram levadas para o densímetro para obter a densidade após a injeção, antes da extração química. Então prosseguiu com a extração química utilizando como solvente o Hexano (C_6H_{14}) e um parâmetro de 60°C com as amostras submersas no solvente em estufa por 4h. Foram analisadas e comparadas as densidades das amostras.

Na extração química foram removidos apenas os componentes menos densos e solúveis ao reagente, ou seja, a parafina e a cera de carnaúba, principalmente.

3.3.2 Extração térmica

Após a extração química as amostras estão prontas para a extração térmica e remoção, principalmente, do PEAD e da Borracha Termoplástica. Nesta etapa também foi extraído alguma cera ou parafina residual.

Foi utilizada uma faixa de temperatura que oscilou entre 525°C a 550°C, partindo de 25°C (Temp. ambiente). A taxa de variação de elevação da temperatura foi de 0,1°C por minuto, totalizando ao final do processo de extração térmica um total de 87,5h ou 3,6 dias para que o processo de extração fosse concretizado. A Figura 8 mostra o forno utilizado para a extração térmica.



Figura 8. Forno para extração térmica (Autor).

No processo de extração térmica as amostras foram submetidas a uma atmosfera de vácuo, evitando possível oxidação das peças durante o processo e seu resfriamento ocorreu em temperatura ambiente.

3.4 Sinterização

Após a extração térmica as amostras foram submetidas à sinterização para eliminar os poros existentes nas peças.

Neste processo foi utilizada a temperatura final de 1200°C, permanecendo nesta temperatura por 1h com taxa de aquecimento de 10°C por minuto. O controle da atmosfera foi realizado com a utilização do gás Argônio.

O seu resfriamento ocorreu de maneira semelhante à extração térmica, ou seja, dentro do forno até temperatura ambiente.

3.5 Teste de Dureza

Foi realizado dois tipos de testes de dureza nas amostras: Dureza *Brinell* e Microdureza *Vickers*. O equipamento utilizado para a realização dos testes de Microdureza *Vickers* é mostrado na Figura 9.

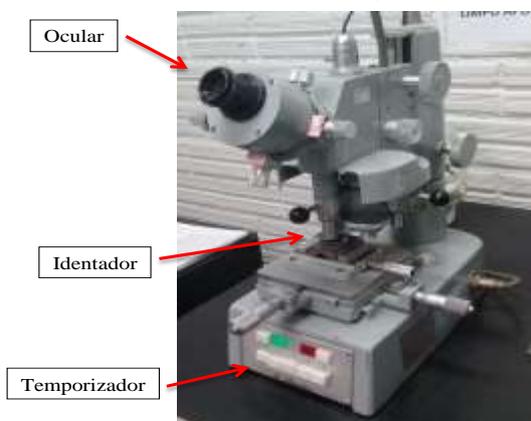


Figura 9. Microdurômetro *Vickers* (Autor).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quatro tipos de amostras foram injetadas com dois tipos de pós diferentes, duas com PEAD no *binder* e outras duas com borracha termoplástica. Após a injeção das cargas, foram pesadas e comparadas suas densidades, pesos e volumes, apenas das amostras com o pó *Höganas*.

O molde de injeção tem 4 cavidades, sendo 2 menores e 2 maiores.

A tabela 3 mostra o volume, peso e densidade das amostras logo após a injeção.

Tabela 3. Volume, peso e densidade após a injeção.

Amostras	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)	Peso (g)
Amostra PEAD Grande	6,83	2,73	18,68
Amostra PEAD Pequena	3,6	2,43	8,74
Amostra BT Grande	6,59	3,16	20,79
Amostra BT Pequena	3,55	3,17	11,25

Já a Tabela 4, mostra as mesmas variáveis, porém, agora, após a extração química.

Tabela 4. Volume, peso e densidade após a extração química.

Amostras	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)	Peso (g)
Amostra PEAD Grande	6,51	2,81	18,2
Amostra PEAD Pequena	3,48	2,47	8,58
Amostra BT Grande	6,06	3,28	19,9
Amostra BT Pequena	3,15	3,37	10,61

Com isso, chegou-se a tabela 5, a seguir, onde mostra a porcentagem de material removido, ou seja, a variação de volume, densidade e peso na extração química.

Tabela 5. Variação da extração química em percentual.

Amostras	Volume (cm ³)	Densidade (g/cm ³)	Peso (g)
Amostra PEAD Grande	4,916%	2,930%	2,637%
Amostra PEAD Pequena	3,448%	1,646%	1,865%
Amostra BT Grande	8,746%	3,797%	4%
Amostra BT Pequena	12,698%	6,309%	6,032%

As amostras foram submetidas ao teste de dureza e os dados coletados apresentaram as seguintes condições:

- As amostras com o pó TCK e com polímero de PEAD tiveram média de 88 *Rockwell B*. As demais amostras com o mesmo pó, não resistiram ao teste de dureza, sofrendo rompimento.

As amostras foram encaminhadas para teste de dureza e microdureza e analisadas no microscópio onde foram coletados os seguintes dados:

- Dureza Brinell: obteve uma média de 88 Rockwell Brinell nas amostras com o pó da empresa TCK, as amostras com o pó Höganäs não foi possível realizar o teste.
- Microdureza Vickers: Encontrou-se uma média de 62 e 181 Vickers, com as amostras com PEAD e BT, respectivamente. Estes testes foram com as amostras utilizando o pó da empresa TCK.

As demais amostras com o pó de Ferro diferente não puderam ser analisadas, devido ao fato de haver muitos poros e lacunas nas peças.

Após a marcação com o microdurômetro, fez-se necessário calcular os valores a partir do diâmetro da marcação da peça. Para isso, precisou utilizar um microscópio onde foram analisadas as amostras e então obtidos os diâmetros necessários para realizar os cálculos e obter o valor da microdureza Vickers utilizando a Equação 1.

$$HV_{0,1} = \frac{1,8544 \cdot P}{d^2} \quad (\text{eq.1}).$$

Onde HV 0.1 identifica dureza Vickers com carga aplicada de 100kgf, P representa a força peso aplicada (kg) pelo indentador sobre a peça e (d) equivalem à média entre as duas diagonais (mm) comprimidas da indentação.

Com isso, chegou-se nos seguintes resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Média das Microdurezas Vickers obtidas para as amostras com o pó TCK.

	mín	máx	media
PEAD	55	63	62
BT	76,5	291	181

5 CONCLUSÃO

Com os dados coletados, pode ser observado que a injeção de pó de ferro com os dois tipos de polímero (PEAD e BT) foram satisfatórias, apesar de haver defeitos em alguns espécimes. As amostras com PEAD não apresentaram defeitos na injeção, tal resultado já era esperado devido ao fato do material ser usual na indústria e seus efeitos já conhecidos. Os espécimes com Borracha Termoplástica (BT), mostraram ter boa resistência mecânica nos testes de dureza após sinterização. Elas se comportaram bem durante a extração térmica. Pode-se ter como conclusão para a pesquisa proposta que a Borracha Termoplástica pode substituir o PEAD no processo de injeção de pós metálicos (MIP), pois as injeções dos espécimes tiveram resultados satisfatórios. Assim sendo, a borracha termoplástica pode vir a substituir o PEAD no processo comercial usual, gerando, talvez, com estudos próprios para tal fim, uma expectativa de um menor custo de produção.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio que nos fora emprestado, em especial ao Professor Doutor Renato Callegaro e a Instituição IFSul de Sapucaia do Sul. Também agradecemos ao Professor Doutor Lirio Schaeffer da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e também ao Professor Doutor José de Souza da Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha, pelo apoio nas pesquisas e de recursos que corroboraram com a pesquisa proposta.

REFERÊNCIAS

- 1 MARINO, L. E. F. Gestão da Qualidade e gestão do conhecimento: fatores chave para a produtividade e competitividade empresarial. XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de Novembro, 2006.
- 2 MARRIS, R. The Economics of Capital Utilisation. Cambridge University Press, 1964.
- 3 MOTTA, C.A.O. Verificação da adição de Cinza Leve no composto Ferro-Cobre-Grafite para fabricação de anéis de selos mecânicos pelo processo de metalurgia do pó convencional. Dissertação de Mestrado. UFRGS – 2014.
- 4 MARTA, L. P., Criatividade e Inovação na Atuação Profissional, Revista CRB-8 Digital, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 3-9, jul. 2008.
- 5 ESCOBAR, C.F.; LIGANTE ECOFRIENDLY À BASE DE BORRACHA NATURAL PARA O PROCESSO DE MOLDAGEM POR INJEÇÃO DE PÓ DE FERRO. 2017. 151f. Tese de Doutorado – UFRGS.
- 6 OLIVEIRA, A.M.; Moldes para Injeção de Pós Metálicos – Problemas e Soluções de Projetos. 2015. 5f.
- 7 CATTO, A.L.; Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI-RS. Processamento de polímeros termoplásticos reforçados com metais, na forma de pó metálico. 2014. 4f – Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas.

- 8 SILVA, M.B.D.; Aspectos Gerais da Injeção de Pó de Ferro 2017. 45f – Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro Mecânico) – Instituto Federal Sul-Riograndense.
- 9 ZAMPIERON, J.V.; Caracterização Física de Partículas e Reológica de um Sistema Heterogêneo Utilizado em Moldagem de Pós por Injeção a Baixa Pressão. 2001. 137f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear-Materiais) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, São Paulo.
- 10 JUNIOR, N.V.; Uso da Técnica de Liga de Pós de Master Alloy na Obtenção de Componentes em Aço 4140HC Via Processo de Moldagem de Pós por Injeção. 2007. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenheiro de Materiais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.
- 11 GUTIÉRREZ, J. G.; STRINGARI, G. B.; EMRI, I. (2012). Powder Injection Molding of Metal and Ceramic Parts, Some Critical Issues for Injection Molding, Dr. Jian Wang (Ed.), ISBN: 978-953-51-0297-7, 2012.
- 12 Sá, D.R.M.; Moldação por Injeção de Componentes de Metal Duro. 2011. 87f. Tese (Doutorado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- 13 ZORZI, J.E.; PEROTTONI, C.A.; JORNADA, J.A.H.; Moldagem por Injeção em Baixa Pressão de Peças Complexas de Cerâmicas Avançadas Produzidas com Pós Submicrométricos. 2004. 7f. UCS, Inmetro e UFRGS.
- 14 WERMUTH, D.P; MARTINS, V.; TAVARES, A.C.; BORBA, M.G.; SCHAEFFER, L.
Propriedades Físicas e Mecânicas de Amostras de Ferro Puro, Obtidas por Metalurgia do Pó Convencional e por Injeção. 2018. 11f – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais.
- 15 Gedel Plásticos. Piracicaba, SP. 2010. [Online]. Disponível em: <<https://gedelplasticos.com.br>>. Acesso em: Junho 2019.

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE TiB_2 NA MICROESTRUTURA, REFINAMENTO DE GRÃO E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO NA LIGA ZAMAC 5

Boaroli, D.¹

Knewitz, F. L.²

de Souza, A. D. C.³

Kempski, L. A.⁴

Barbosa, L. G. M. S.⁵

de Barcellos, V. K.⁶

¹ *Tecnólogo em Eletromecânica, Mestrando UFRGS-PPGE3M, Demian Boaroli, IFRS – Campus Erechim, demian.boaroli@erechim.ifrs.edu.br*

² *Dr. em Engenharia Metalúrgica, Fábio Luis Knewitz, IFRS – Campus Erechim, fabio.knewitz@erechim.ifrs.edu.br*

³ *Dr. em Engenharia Mecânica, Alisson Dalsasso Corrêa de Souza, IFRS – Campus Erechim, alisson.souza@erechim.ifrs.edu.br*

⁴ *Me. em Engenharia Agrícola, Luciano Aparecido Kempinski, IFRS – Campus Erechim, luciano.kempinski@erechim.ifrs.edu.br*

⁵ *Dr. em Ciências dos Materiais, Luiz Gustavo de Moura da Silva Barbosa, IFRS – Campus Erechim, luiz.barbosa@erechim.ifrs.edu.br*

⁶ *Dr. em Engenharia Metalúrgica, Vinicius Karlinski de Barcellos, UFRGS-CT-LAFUN, vinicius.karlinski@ufrgs.br*

Resumo

Este artigo objetiva analisar o efeito da adição do inoculante TiB_2 sobre a microestrutura e tamanho de grão da liga Zamac 5, vazada em uma coquilha de ferro fundido, por gravidade. Comparar a microestrutura, o refinamento de grão e a resistência à tração da liga, com e sem o inoculante. A liga foi fundida em um forno resistivo com superaquecimento de 150 °C, aproximadamente. Em seguida, foi realizada a inoculação com TiB_2 na concentração de 0,0 – 0,2 – 0,5 – 0,8 e 1,1% em massa, via fluxo, a qual foi vazada, por gravidade, em uma coquilha de ferro fundido, à temperatura de 200 °C. A coquilha possui quatro cavidades na forma de cilindros com diâmetro de 13 mm e comprimento de 100 mm. A liga sem inoculante foi vazada nas mesmas condições para comparação. Para cada condição, a microestrutura e o refinamento de grão foram analisados via microscopia óptica e os valores de resistência à tração por meio de máquina de ensaio universal. Resultados preliminares mostraram mudanças na morfologia das fases e aumento da resistência à tração com a adição de TiB_2 , com o valor máximo alcançado com a adição de 0,8% em massa.

Palavras-chave: Zamac 5, Inoculante, Microestrutura, Resistência à tração.

INFLUENCE OF TiB₂ ADDITION ON MICROSTRUCTURE, GRAIN REFINEMENT AND TENSILE STRENGTH IN ZAMAK 5 ALLOY

Abstract

This paper aims to analyze the effect of the addition of TiB₂ on the microstructure and grain refinement of Zamak 5 alloy, cast in a cast iron mold, by gravity, and to compare the microstructure, grain refinement and tensile strength of alloy with and without inoculant. The alloy was melted in a resistive furnace with approximately 150 °C superheating. Then, TiB₂ inoculant was incorporated into the alloy in a ratio of 0.0, 0.2, 0.5, 0.8 and 1.1 wt% and then gravity cast into a cast iron mold heated to 200 °C. In mold there are four cavities in the form of cylinders with a diameter of 13 mm and a length of 100 mm. The alloy without inoculant was casted under the same conditions for comparison. For each condition, the microstructure and grain refinement were analyzed by optical microscopy and the tensile strength values by universal testing machine. Preliminary results showed changes in phase morphology and increased tensile strength with the addition of TiB₂, with the maximum value achieved with the addition of 0.8% wt%.

Key words: Zamak 5, Inoculant, Microstructure, Tensile Strength.

1 INTRODUÇÃO

As ligas de zinco, principalmente as hipoeutéticas contendo alumínio, cobre e magnésio (Zamac), tem recebido especial atenção nos últimos anos, este fato se deve às características deste grupo de ligas como o baixo ponto de fusão, baixo consumo de energia, boa fundibilidade e fluidez, alta resistência ao desgaste e boa usinabilidade, entre outras. Essas características tornam estas ligas atrativas para substituir outros materiais como as ligas de alumínio, ferros fundidos ou ligas de cobre em várias aplicações de engenharia^{(1), (2), (3)}.

No entanto, as ligas de zinco também apresentam baixa resistência à tração e fratura frágil. A microestrutura final das ligas hipoeutéticas de zinco-alumínio explica essas propriedades inferiores. Ela se apresenta na forma de dendritas primárias grosseiras da fase η-Zn (rica em zinco) formadas no início da solidificação do líquido, envolvidas pela matriz eutética (α+η), formada na solidificação do líquido remanescente, constituída de lamelas da fase α-Al (rica em alumínio) e da fase η-Zn eutética. As ligas de zinco ainda possuem a desvantagem de limitada ductilidade atribuída à sua estrutura cristalina hexagonal compacta (HCP), como resultado, suas extensas aplicações em engenharia são limitadas⁽²⁾.

Para atender à crescente demanda por peças fundidas de alta qualidade e desempenho, uma série de ligas para fundição sob pressão de engenharia à base de Zn foi desenvolvida, incluindo a liga AG-40A, AC-41A e AC-43A⁽⁴⁾. Dentre estas ligas, a AC-41A, também conhecida como Zamac 5, possui resistência à tração,

resistência à fluência e dureza somente menores que a liga Zamac 2, o que a torna uma opção interessante para projetistas em peças de maior responsabilidade⁽⁵⁾.

Visando melhorar as propriedades mecânicas destas ligas algumas medidas podem ser tomadas nesse sentido, como os tratamentos térmicos, o aumento das taxas de resfriamento, o uso de inoculantes, etc. Sobre as taxas de resfriamento, Garcia⁽⁶⁾, escreve o seguinte: “[...] a influência das taxas de resfriamento sobre a microestrutura resultante, indica a possibilidade de obtenção de estruturas refinadas com o aumento dessas taxas [...]”. Outra importante medida para a melhoria das propriedades mecânicas das ligas metálicas é a utilização de inoculantes. O refinamento de grãos não apenas tem influências positivas no refinamento microestrutural (isto é, mudança de microestrutura colunar para equiaxial) e/ou fundibilidade, mas também melhora as propriedades mecânicas (ou seja, ductilidade e resistência) de materiais metálicos fundidos/forjados⁽⁷⁾.

Apesar das características promissoras das ligas de zinco e da possibilidade de melhorar suas propriedades mecânicas através dos mecanismos supracitados, poucas pesquisas sobre o refino de grão nas ligas de zinco foram realizadas, quando comparamos às inúmeras pesquisas e estudos sobre ligas à base de alumínio, magnésio ou cobre⁽⁷⁾. É neste sentido que o presente trabalho busca contribuir para o avanço das pesquisas sobre melhorias das propriedades mecânicas e microestruturais das ligas hipoeutéticas de zinco-alumínio e tem como principal objetivo analisar a influência e o efeito da adição do inoculante TiB₂ na liga Zamac 5 e comparar o efeito do refinador sobre a microestrutura da liga e a resistência a tração. Além disso, o inoculante TiB₂ vem sendo utilizado nos últimos anos como um eficiente refinador de grãos para ligas de alumínio⁽¹⁾, nesse sentido, também é objetivo deste trabalho verificar se o inoculante TiB₂ pode ser utilizado como um refinador de grão eficiente para as ligas hipoeutéticas de zinco-alumínio.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A liga comercial Zamac 5, Tabela 1, foi fundida em um forno resistivo até atingir a temperatura de aproximada de 530 °C (cerca de 150 °C de superaquecimento). Após estabilização da temperatura da liga, o inoculante TiB₂ foi adicionado à liga na forma de pastilha, na concentração de 0,2 – 0,5 – 0,8 e 1,1% em massa, com auxílio de um inoculador (sino de imersão) de aço inoxidável e dissolvido na liga através de agitação mecânica durante 10 minutos. Em seguida, a liga permaneceu no forno durante 5 minutos para homogenização e estabilização da temperatura. Segundo Zamkotowicz⁽⁸⁾, o tempo efetivo de atuação de refinadores a base de TiB₂ é geralmente de 40 minutos, desta forma, para garantir o efeito refinador do inoculante, foi determinado que o tempo máximo deste procedimento até o vazamento da liga seria de 20 minutos.

Tabela 1. Composição química da liga Zamac 5: percentual em massa

Al	Mg	Cu	Fe, máx.	Pb, máx.	Cd, máx.	Sn, máx.	Ni	Zn
3,7-4,3	0,02- 0,06	0,7-1,2	0,05	0,0050	0,0040	0,002	---	Restante

Fonte: ASTM B86-18, (2018).

Na sequência, a liga foi vazada em uma coquilha de ferro fundido cinzento contendo 4 cavidades na forma de cilindros com 13 e 100 mm de diâmetro e comprimento, respectivamente. A coquilha foi pré-aquecida e mantida a temperatura de 200 °C, através de sistema composto de resistências elétricas, controlador programável, relé e termopar. O objetivo de manter a coquilha nesta temperatura é não haver influência da variação da taxa de resfriamento. A Figura 1, mostra um desenho esquemático deste sistema.

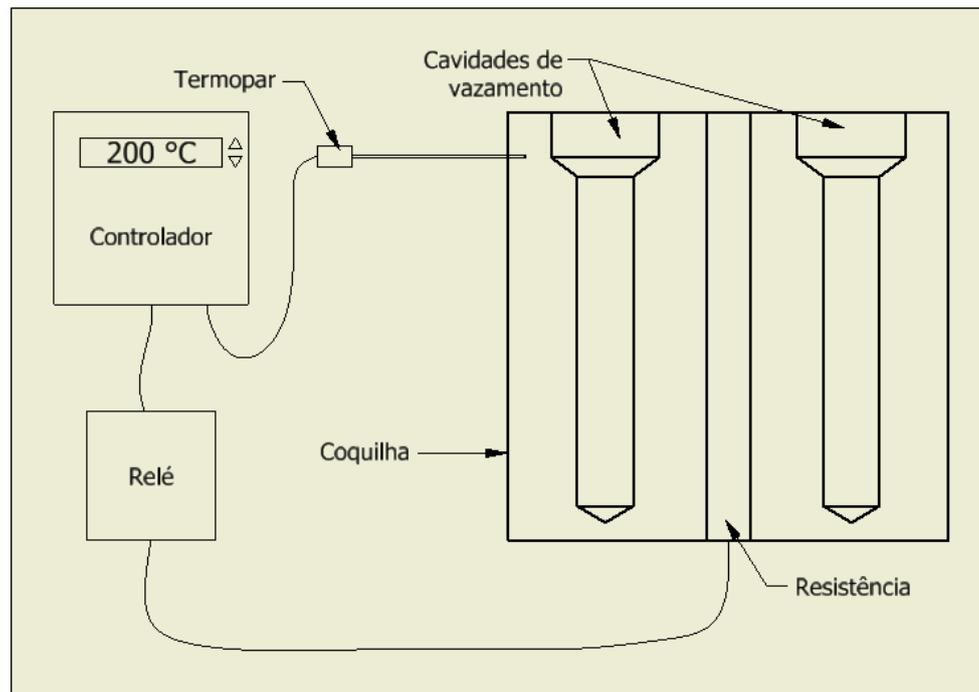


Figura 1. Sistema de aquecimento da coquilha.

Para cada condição de concentração do inoculante foram produzidos 8 cilindros, que foram usinados na forma de corpos de prova conforme a norma ASTM E8-13a⁽⁹⁾, Figura 2. Os ensaios de tração foram realizados em máquina de ensaios universal. As amostras metalográficas foram retiradas dos corpos de prova após os ensaios. As amostras foram embutidas em baquelite, lixadas e polidas até a obtenção de superfície espelhada e sem riscos. As amostras foram atacadas com solução Nital 1%, por aproximadamente 10 s, para revelação da microestrutura.



Figura 2. Corpos de prova.

A microscopia óptica foi utilizada para caracterizar a morfologia das fases e determinar o refinamento de grão. Todos os valores numéricos informados foram obtidos através de média aritmética com os respectivos desvios padrão.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Efeito do TiB_2 na microestrutura da liga Zamac 5

Na Figura 4 (a), é possível ver a microestrutura da liga Zamac 5 sem a adição de TiB_2 . Pode-se observar que ela é constituída de dendritas primárias da fase η -Zn, rica em zinco, que começam a se formar quando a temperatura do metal líquido atinge o valor correspondente a temperatura *liquidus*, indicada na região (L + η) do diagrama de equilíbrio de fases Al-Zn, Figura 3. Também pode ser vista a matriz eutética (α + η), constituída de lamelas da fase eutética η -Zn intercaladas com lamelas da fase α -Al, rica alumínio, ela se forma da transformação da fase eutética (β + η) à 275 °C. A fase eutética se forma da solidificação do líquido remanescente, quando este atinge a temperatura da linha *solidus*.

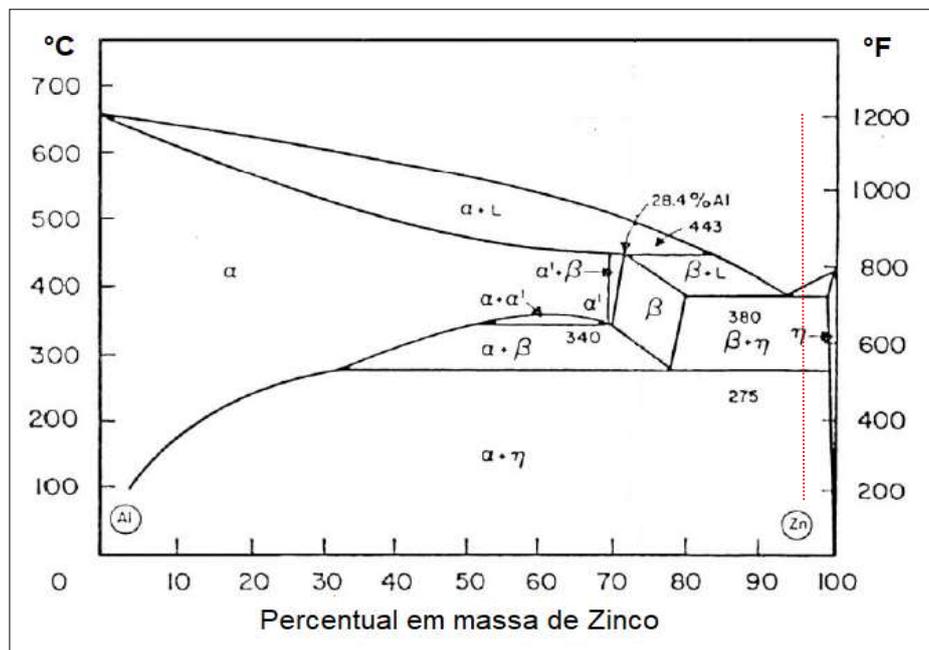


Figura 3: Diagrama de equilíbrio de fases Al-Zn⁽¹⁰⁾.

Na Figura 4 (b), observa-se a liga Zamac 5 com a adição de 0,20% de TiB_2 , nota-se uma mudança significativa na microestrutura, a fase primária η -Zn apresenta morfologia do tipo roseta. Além disso, a matriz eutética apresenta regiões com lamelas mais finas e outras que ainda apresentam lamelas mais espessas, como na liga sem TiB_2 , morfologia originada devido a solidificação dos eutéticos secundários nos contornos de células eutéticas.

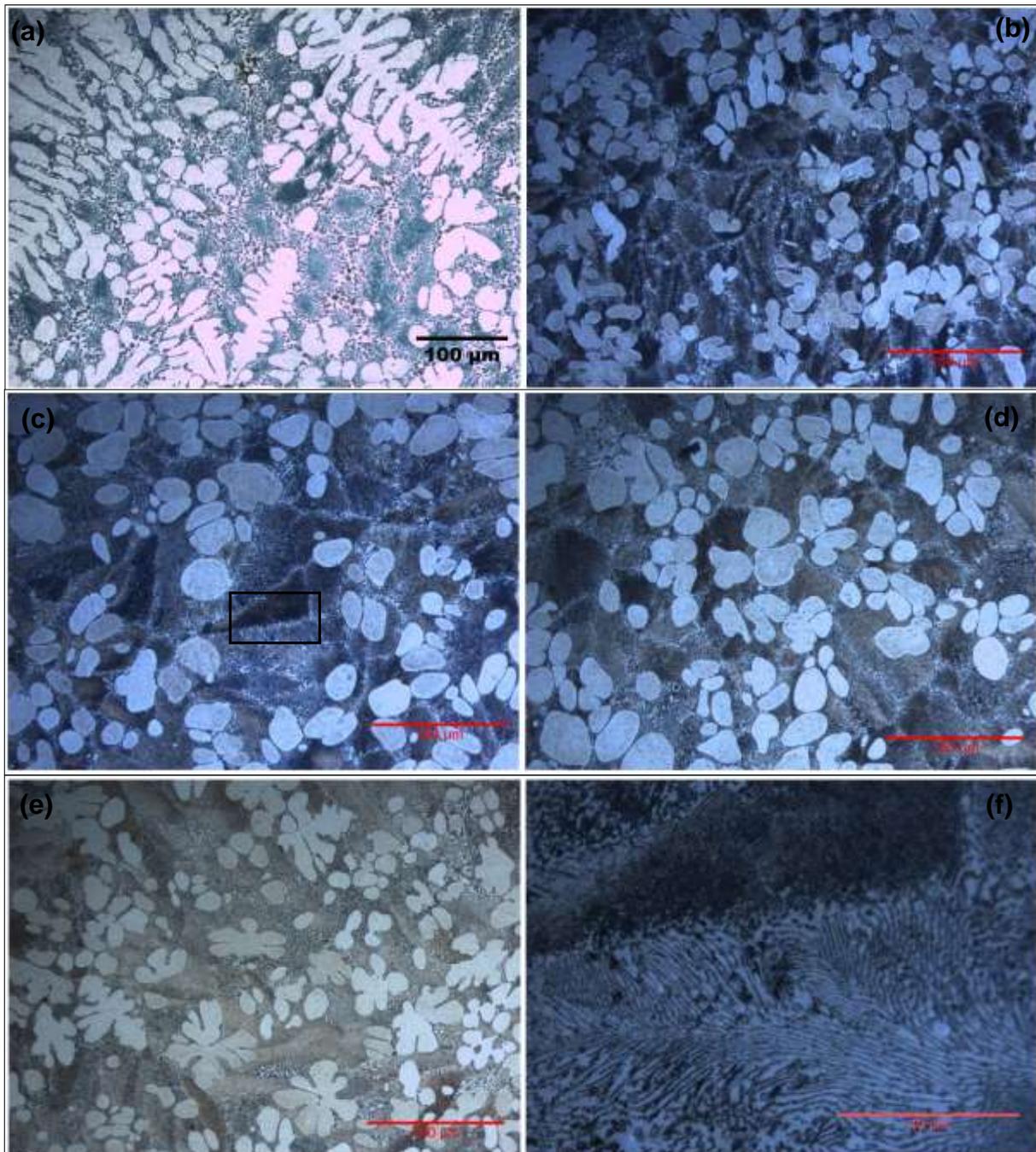


Figura 4: (a) Zamac 5 (b) Zamac 5 + 0,2% TiB₂ (c) Zamac 5 + 0,5% TiB₂ (d) Zamac 5 + 0,8% TiB₂ (e) Zamac 5 + 1,1% TiB₂, ampliação de 200x. (f) Ampliação de 1000x da região indicada em (c).

Quando a quantidade de TiB₂ é aumentada para 0,50 e 0,80% na liga Zamac 5, Figura 4 (c e d) respectivamente, observa-se que a fase primária η -Zn não apresenta mais a forma dendrítica e a fase eutética ($\alpha + \eta$) é na sua quase totalidade formada pela fase eutética refinada, principalmente quando a adição em massa de TiB₂ é de 0,80%. A Figura 4 (f) mostra uma ampliação da área destaca na Figura 4 (c), onde é possível observar as lamelas refinadas da fase eutética. Nesta ampliação de 1000x, é nítida a visualização das lamelas mais espessas na parte inferior da imagem, enquanto na parte superior é possível distinguir a existência de lamelas

muito finas, o que corresponde aos resultados obtidos por Liu⁽²⁾ e Li⁽³⁾ em seus experimentos.

Na Figura 4 (e), é mostrada a microestrutura da liga Zamac 5 com a adição em massa de 1,10% de TiB₂, é possível observar que a fase primária η-Zn começa a apresentar novamente a forma de rosetas. Além disso, a fase eutética (α + η) apresenta várias regiões com lamelas grossas, o que também foi observado nas pesquisas de Liu⁽²⁾ e Li⁽³⁾.

3.2 Efeito do TiB₂ na resistência a tração e alongamento da liga Zamac 5

A Figura 5, apresenta o gráfico com as tensões máximas e o alongamento da liga Zamac 5 para várias concentrações de TiB₂. A liga Zamac 5 apresenta comportamento frágil, desta forma não são apresentados valores para tensão de escoamento deste material. Pode-se observar que os valores de tensão máxima crescem com o aumento do conteúdo de TiB₂, com o valor máximo de 257,17 MPa quando a quantidade em massa de TiB₂ é de 0,80%. Com a adição de 1,10% em massa de TiB₂, ocorre uma redução no valor da tensão máxima para 242,73 MPa. Os valores de alongamento aumentaram nas ligas com adições de TiB₂ em relação a liga sem adição. A dispersão dos resultados de alongamento nas ligas com TiB₂ não permitiu uma análise de forma conclusiva a respeito do efeito da variação do TiB₂.

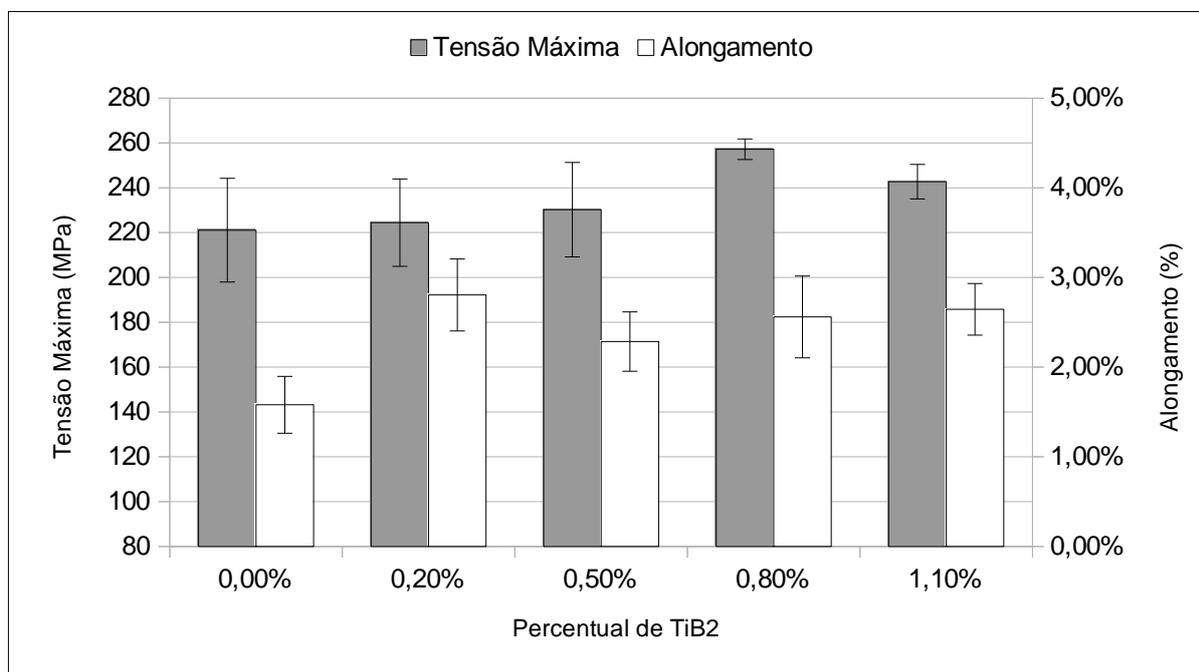


Figura 5: Gráfico de tensão máxima e alongamento da liga Zamac 5, para várias concentrações de TiB₂.

Nos trabalhos desenvolvidos por Liu e Li, a resistência a tração também apresentou comportamento semelhante, houve aumento da resistência a tração até uma determinada concentração do inoculante e, após mais um acréscimo na concentração do inoculante, houve uma redução no valor da resistência a tração,

como apresentado na Figura 5. Uma das explicações apresentadas é a redução da espessura das lamelas da fase eutética ($\alpha + \eta$)^{(2), (3)}, este fenômeno também pode ser observado com a adição de TiB₂, conforme Figura 4 (b, c, d). Além disso, Liu e Li, relataram uma redução da quantidade da fase primária dendrítica η -Zn e aumento da quantidade da fase eutética ($\alpha + \eta$)^{(2), (3)}, como a fase α -Al, rica em alumínio, apresenta maior resistência a tração que a fase η -Zn^{(2), (3)}, isso justificaria o aumento da resistência a tração nos trabalhos realizados. Entretanto, no caso do presente trabalho, não foi observado alteração nas quantidades das fases primária e eutética. Um segundo fator, que pode explicar o aumento da resistência a tração, é a mudança na forma da fase primária η -Zn de dendrítica, para uma forma mais globular/oval, Figura 4 (b, c, d). Isso também explica a redução do valor de tensão máxima quando a concentração de TiB₂ é de 1,10% em massa, Figura 4 (e), visto que, a microestrutura novamente apresenta a fase primária η -Zn com a forma quase dendrítica.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho o efeito da adição de TiB₂ na microestrutura e resistência a tração da liga Zamac 5 foram investigados. A liga Zamac 5 é composta de uma fase primária dendrítica η -Zn e uma fase eutética lamelar ($\alpha + \eta$). Com o aumento da concentração de TiB₂ na liga, a forma dendrítica da fase primária η -Zn foi alterada para uma forma globular/oval, enquanto que na fase eutética ($\alpha + \eta$) ocorreu redução significativa na espessura das lamelas, conforme observado nas micrografias. A resistência a tração e o alongamento tiveram uma pequena tendência de aumento com o aumento da concentração de TiB₂, com o valor máximo de 257,17 MPa quando a concentração em massa atingiu 0,80%.

Outros estudos podem ser conduzidos, como a utilização de microscópio eletrônico de varredura (MEV) equipado com sensor EDS para analisar a composição das fases e também determinar a espessura das lamelas da fase eutética. Outros ensaios como dureza, microdureza e resistência ao impacto também podem ser realizados para avaliar o efeito do TiB₂ sobre as demais propriedades mecânicas da liga Zamac 5.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho contou com o fomento das instituições IFRS, UFRGS e CAPES e das empresas Eberle-Mundial S.A. e Nexa Recursos Minerais S.A.

REFERÊNCIAS

- 1 CHEN, F. et al. **Real Time Investigation of the Grain Refinement Dynamics In Zinc Alloy By Synchrotron Microradiography**. Journal of Alloys and Compounds, Dorchester, UK, v. 630, p. 60-67, mai. 2015.

- 2 LIU, Y. et al. **Effect of Sr addition on microstructure evolution and mechanical properties of Zn-4%Al hypoeutectic alloy.** Journal of Alloys and Compounds, Dorchester, UK, v. 695, p. 443-451, fev. 2016.
- 3 LI, H. et al. **Effect of Zirconium on the Microstructure and Mechanical Properties of Zn-4%Al Hypoeutectic Alloy.** Journal of Alloys and Compounds, Dorchester, UK, v. 592, p. 127-134, abr. 2014.
- 4 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM B86-18:** Standard Specification for Zinc and Zinc-Aluminum (ZA) Alloy Foundry and Die Castings. West Conshohocken. ASTM International, West Conshohocken, USA, 2018.
- 5 METALS HANDBOOK. **Properties and Selection:** Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. Editora ASM. Vol.2, 1992.
- 6 GARCIA, A. **Solidificação:** Fundamentos e Aplicações. 2 ed. Campinas, SP: UNICAMP, 2007. 399 p.
- 7 LIU, Z. **Review of Grain Refinement of Cast Metals Through Inoculation: Theories and Developments.** METALLURGICAL AND MATERIALS TRANSACTIONS A, Springer US, v. 48, p. 4755-4776, out. 2017.
- 8 ZAMKOTOWICZ, Z. et al. **Investigation of Grain Refinement Fading in Hypoeutectic Aluminium-Silicon Alloys.** Light Metals 2004. Edited by Alton T. Tabereaux TMS (The Minerals, Metals & Materials Society), 2004.
- 9 AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E8-13a:** Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials. ASTM International, West Conshohocken, USA, 2013.
- 10 ESPARZA, C. D. G. **Estudio del efecto de contenido de manganeso y tratamientos térmicos sobre la resistencia al desgaste de la aleación zinc-aluminio.** Tese (Tese em Ciência dos Materiais) - Centro de Investigación en Materiales Avanzados - CIMAV. Chihuahua, p. 18. 2009.

REPROJETO DA GEOMETRIA DE UMA BOBINADOR DE FILMES PLANOS

De Barba Jr., D. J.¹

Martins, V.²

Cardozo, F. G.³

¹ Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Doutor, Vinícius Martins, IFSul, vmartins@sapucaia.ifsul.edu.br.

³ Engenheiro, Fabrício Goulardt Cardozo, IFSul. fabricao.gcardozo@gmail.com

Resumo

O objetivo deste artigo é modificar o perfil cônico dos bobinadores de aparas de uma máquina de corte de filme plano. Devido a esta geometria, é necessário iniciar os ciclos de produção com velocidades reduzidas, acarretando em perda de produtividade. Esta restrição de velocidades ocasiona tempos de produção com velocidade inferior ao padrão, e conseqüentemente redução na produção diária de filmes. Com a substituição do perfil cônico por outra geometria, em especial cilíndrica, é possível obter um ganho considerável de tempo e quantidade de material. Além disto, um perfil menos complexo pode possibilitar a redução na largura das aparas de filme, reduzindo desta forma a quantidade de material não aproveitada no processo. Uma vez determinada a carga que o bobinador suporta durante a produção, é possível analisar se a alteração no seu perfil iria manter a integridade do equipamento, bem como sua funcionalidade. Como redução de custos é de extrema importância, analisa-se opções de materiais dos quais este novo bobinador possa ser produzido, que apresentem um custo inferior ao alumínio, que é o material que compõe o bobinador atual.

Palavras-chave: Projeto; Reprojeto; Seleção de materiais; Bobinador.

REDESIGNING THE GEOMETRY OF A FLAT FILM WINDER

Abstract

The purpose of this paper is to modify the conical profile of the shavings winders of a flat film cutting machine. Due to this geometry, it is necessary to start production cycles at low speeds, resulting in lost productivity. This restriction causes the production speeds with lower speed times the standard, and consequently a reduction in the daily production of films. By replacing the tapered profile with another, especially cylindrical geometry, considerable time and material gain can be achieved. In addition, a less complex profile may reduce the width of film chips, thereby reducing the amount of unused material in the process. Once you determine the load that the winding supports during production, it is possible to examine whether the change in the profile would maintain the integrity of the equipment as well as its functionality. As cost reduction is extremely important, it analyzes material options which this new winder can be produced, which have a lower cost than aluminum, which is the material that makes up the current winder.

Key words: Project; Redesign; Material selection; Winder,

1 INTRODUÇÃO

O bobinador de aparas presente nas máquinas de corte é constituído de duas peças de alumínio, apresentando um perfil cônico. Sempre que se retiram as aparas e se inicia um novo ciclo, o equipamento necessita operar com velocidade reduzida devido a este perfil cônico.

Somente após determinado tempo de produção é possível realizar o aumento gradual da velocidade da máquina até a velocidade padrão de corte. Isto ocasiona perda de produtividade. Além dessa perda de produtividade, o perfil atual do bobinador requer que sejam retiradas aparas largas do filme para manter o processo estável. É importante a redução na largura da aparas, pois esta não é comercializada, consistindo em perda.

Tendo em vista o contexto apresentado, qual a melhor maneira de desenvolver outro perfil de bobinador de aparas, que não apresente estas restrições? Este projeto visa obter um processo mais produtivo e sustentável modificando apenas o perfil do bobinador, sem perder em segurança dos colaboradores e qualidade do produto final. Para isto, é necessário a análise do equipamento, e identificar qual perfil apresenta uma melhor condição de processamento.

Um aspecto relevante na pesquisa é o critério de seleção do material, do qual será fabricado o novo bobinador de aparas, pois na indústria é fundamental que o desenvolvimento de projetos seja realizado com valor mínimo possível de orçamento. Desta forma, a avaliação do custo/benefício de diferentes materiais é de extrema importância.

O objetivo geral deste projeto é desenvolver uma alternativa de substituição do bobinador de aparas de perfil cônico em uma máquina de corte por um bobinador de aparas cilíndrico.

De modo geral, extrudar significa empurrar ou forçar⁽¹⁾. Para Piazzi e Faria⁽²⁾, a extrusão é um processo contínuo, que permite a obtenção de produtos acabados ou semiacabados. O processo é consideravelmente simples, onde utiliza-se uma máquina para fundir e homogeneizar determinado material, no caso polímero, e o forçam a passar por uma matriz de formato definido, podendo vir a produzir filmes, chapas, tubos, perfis, filamentos, entre outros⁽²⁾.

Uma máquina extrusora possui seis componentes básicos, além de uma série possíveis acessórios. Os seis elementos constituintes de uma extrusora são: funil de alimentação, cilindro, rosca, sistema de aquecimento/refrigeração, conjunto de telas e cabeçote/matriz⁽²⁾. Para Manrich⁽³⁾, a rosca é talvez o mais importante dentre estes componentes, pois é a responsável pelo transporte, fusão, homogeneização e plastificação do polímero, antes de forçar sua passagem pela matriz.

O processo de extrusão é bastante direto. O polímero entra no funil de alimentação em estado sólido, e flui por gravidade para o cilindro, que é aquecido por uma série de resistências elétricas. O cilindro é estacionário e a rosca giratória. De acordo com que o polímero é deslocado, o atrito do material com o cilindro aquecido, provocado pela movimentação da rosca, causa a plastificação do polímero. Ao término do cilindro encontra-se situada a matriz, por onde o material irá passar forçadamente, adquirindo a forma que esta matriz foi projetada⁽¹⁾.

O processo Tenter é uma forma de extrusão obtida a partir de extrusoras Bruckner, que consiste na fabricação de filmes planos biaxialmente orientados. Desta

forma, o filme é estirado em duas direções principais: na direção da máquina e na direção transversal, adquirindo neste processo uma série de propriedades mecânicas desejáveis para o produto final⁽⁴⁾.

O processo de estiramento do filme ocorre em dois estágios distintos do processo, sendo o filme estirado inicialmente no sentido longitudinal, e posteriormente no sentido transversal⁽⁴⁾.

O funcionamento das máquinas de corte consiste em realizar um transporte do filme a ser cortado por entre os rolos que guiam as folhas do filme até as facas. Desta forma, o filme é desbobinado, cortado e bobinado novamente. Para a obtenção de bobinas com elevado grau de qualidade e desempenho, deve-se ajustar a máquina de corte com alguns parâmetros previamente estabelecidos⁽⁵⁾. As bobinas ao término deste processo podem ser enviadas diretamente ao cliente, ou passar por um outro processo de transformação, o de metalização, onde uma fina camada de alumínio recobre o filme, aumentando desta forma sua barreira contra gases e vapores.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O projeto seguiu seis etapas apresentados a seguir:

Etapa I: Análise da condição atual de trabalho para filmes de diferentes espessuras (para filmes transparentes) ou gramaturas (para filmes opacos). Para isto, foram acompanhadas duas situações de produção para cada tipo de filme, e cronometrado o tempo de obtenção da velocidade padrão após o início da produção. Para auxiliar neste acompanhamento utilizou-se uma tabela indicando a espessura ou gramatura do filme em produção, a velocidade inicial e padrão de processo e o tempo necessário para atingir a velocidade padrão (Tabela 1);

Tabela 1: Avaliação de perda produtiva (exemplo).

Tipo de filme	Espessura ou Gramatura	Velocidade inicial	Velocidade padrão	Tempo para atingir velocidade padrão
TSY	Microns ou g/m ²	m/min	m/min	min' e seg''

Etapa II: Analisar criticamente os dados obtidos na etapa anterior para quantificar a real perda produtiva existente na condição de trabalho atual. Esta análise é realizada através de duas variáveis principais: o tempo no qual a máquina opera com velocidade inferior a padrão e o quanto este tempo resulta em quantidade de material que deixa de ser produzido. O filme é uma chapa plana, muito fina e comprida. A quantidade de material que deixa de ser produzida devido à restrição de velocidade é calculada pela Equação 1:

$$\text{Volume} = \text{comprimento} \times \text{largura} \times \text{espessura}$$

Onde:

- ⑩ Comprimento = (veloc. padrão – veloc. inicial) x tempo para atingir velocidade padrão;
- ⑩ Largura é a largura total do filme, sendo sempre 8,20m;
- ⑩ Espessura é a nominal do filme, em metros.

Após obter o volume de material, basta multiplicar este valor pelo peso específico (densidade) do material (905kg/m³), e desta forma obtém-se a quantidade de material, em peso (kg), que deixa de ser produzida diariamente devido à restrição de velocidade imposta pelo bobinador.

ETAPA III: Calcular as cargas que atuam sobre o bobinador de aparas conforme a Equação 2, equação da torção⁽⁶⁾:

$$\tau_{m\acute{a}x.} = \frac{Tc}{J}$$

Onde:

- ⑩ $\tau_{m\acute{a}x.}$ corresponde a tensão de cisalhamento máxima no eixo;
- ⑩ T é o torque que atua sobre este;
- ⑩ c é seu raio externo; e
- ⑩ J é o momento polar de inércia da seção transversal .

O torque, por sua vez, se obtém por meio da Equação 3⁽⁶⁾:

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Onde:

- ⑩ P é a potência transmitida sobre o eixo; e
- ⑩ ω é a velocidade angular do eixo.

Para eixos tubulares, obtém-se o momento polar de inércia conforme a Equação 4⁽⁶⁾:

$$J = \frac{\pi}{2} (c_o^4 - c_i^4)$$

Onde:

- ⑩ c_o e c_i são os raios externo e interno do eixo, respectivamente.

Etapa IV: Desenhar um novo perfil de bobinador de aparas no SolidWorks, em formato cilíndrico.

Etapa V: Realizar simulação de esforços para a peça projetada, utilizando o SolidWorks Simulation.

Etapa VI: Análise de materiais do qual o novo bobinador poderá ser produzido, levando em consideração o custo/benefício. A seleção de materiais será realizada de acordo com a metodologia de Ashby⁽⁷⁾, seguindo os estágios de conceito, corporificação e detalhamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Acompanhamento do processo produtivo

Na produção de filmes, uma das etapas de acabamento é a etapa do corte primário, que consiste em recortar o filme em bobinas com larguras pré-determinadas, conforme solicitado pelo cliente.

O processo consiste em 4 etapas básicas: o filme é posicionado na posição de corte (1), sendo guiado por uma série de rolos com diferentes funções (2) até as facas de corte (3), onde é recortado e bobinado novamente em tubetes de papelão na largura da bobina conforme programado (4).

O bobinador de aparas pode ser considerado um componente secundário neste processo, porém é de extrema importância. Nesta parte do equipamento, são enroladas as aparas do processo, que são as laterais dos filmes, regiões com qualidade de filme inferior e posteriormente descartadas. Na configuração original das

máquinas de corte, os canais do bobinador são confeccionados em alumínio e apresentam um perfil cônico, com diâmetro máximo de 500mm e diâmetro mínimo de 300mm.

Devido à esta conicidade presente no perfil do canal do bobinador, sempre que se inicia um ciclo produtivo após realizar a retirada de uma bobina de aparas da máquina, é necessário programar velocidades menores, uma vez que o filete de filme no bobinador de aparas pode se romper ou não oscilar por igual em toda a largura do mesmo. Esta restrição ocasiona uma perda de produtividade durante um determinado período de tempo, que varia de acordo com a espessura.

Outro fator que pode influenciar no tempo inicial de bobinamento é largura da apara, porém larguras padronizadas entre 9 e 11mm, como as utilizadas durante a maioria dos processos de corte, ocasionam uma variação pequena, e influenciam muito pouco neste tempo.

Após o filme preencher o canal cônico do bobinador, o operador pode aumentar progressivamente a velocidade da máquina até atingir a velocidade padrão. É possível produzir uma quantidade variável de setup antes de descartar a bobina de aparas que está em processo.

Por restrição do tamanho da chapa lateral do bobinador, é possível bobinar filme com um diâmetro externo máximo de 850mm. Ao atingir esta medida, é necessário retirar a bobina de apara e iniciar um novo ciclo. Produções com filme acima dos suportes laterais do bobinador são impraticáveis.

A Tabela 2 apresenta a quantidade de vezes que, em média, se troca a bobina de aparas por dia. Este número é influenciado pela largura da apara, e principalmente pela espessura ou gramatura do filme.

Tabela 2: Troca de bobinas de apara/dia.

Espessura - microns (Filme transparente)	Quantidade média de troca de bobinas de aparas por dia							
	5	6	7	8	9	10	11	12
15	X							
17	X							
20		X						
25			X					
30				X				
35					X			
40						X		
45						X		
50							X	

Junto com este acompanhamento durante o processo, se quantificou quanto tempo é necessário bobinar cada tipo de filme com velocidade reduzida até que exista uma camada de filme suficiente no bobinador que permita aumentar a velocidade, conforme as velocidades padrão de corte.

O acompanhamento foi realizado durante três meses de produção, e cada situação por espessura por tipo de filme foi cronometrada duas vezes, com a finalidade de se obter uma média. Não foi possível realizar um número maior de medições devido à frequência com que alguns tipos de filme são produzidos. Alguns filmes foram produzidos apenas duas vezes nos três meses de análise. Além disto, por tratar-se de uma velocidade inicial padrão e o filme apresentar uma variação muito pequena na sua espessura, os tempos obtidos nas duas situações para cada tipo de filme foram próximos, permitindo trabalhar com a média entre estes.

3.2 Análise de dados

Os resultados encontrados foram agrupados por espessura do filme. Apesar disto, é importante destacar que dois tipos de filme diferentes, porém de mesma espessura, podem apresentar uma diferença significativa no tempo necessário para preencher o canal do bobinador. Isto ocorre devido à velocidade inicial de processamento para cada tipo de filme.

Apesar de filmes com a mesma espessura apresentarem diferenças nas velocidades iniciais e finais de processo, foi necessário agrupá-los, pois a espessura do filme é um fator determinante no preenchimento do canal do bobinador de aparas. Desta forma foi possível quantificar as perdas de tempo (em minutos) e de peso (em quilogramas) ocasionadas pela restrição imposta pelo perfil cônico do bobinador de aparas. Na Tabela 3 encontram-se os tempos médios para aceleração, por espessura. Somente após transcorrido este tempo é possível programar na máquina a velocidade padrão de produção.

Como se esperava, os filmes de menor espessura apresentam um tempo maior para ocupar o canal do bobinador de aparas, e desta forma, para estes filmes é necessário um tempo maior para poder programar a velocidade padrão de corte.

Tabela 3: Tempo médio necessário para aumento de velocidade.

Espessura (microns)	Tempo médio para aumento gradual de velocidade (min)
	Filmes transparentes
15	18,5
17	15,3
20	14,4
25	13,0
30	10,4
35	6,7
40	5,2
45	5,7
50	4,9

A Figura 1 apresenta quantos minutos, em média, a máquina opera com velocidade reduzida por dia de trabalho. Para obter este tempo, multiplica-se o tempo médio determinado na Tabela 3 (para cada espessura) pelo número de vezes em que se trocam as bobinas de aparas por dia (Tabela 2).

Alguns valores chamam bastante atenção no gráfico da Figura 1. Os filmes de 15 e 25 microns de espessura apresentam um tempo superior a 90 minutos de produção diária com velocidade reduzida. Isto representa 6% de perda de produtividade, considerando apenas o tempo, em um dia de trabalho. Os filmes que apresentaram o menor tempo com restrição foram os filmes de 40 microns de espessura, mas mesmo estes são produzidos em velocidade menor que o padrão por 52 minutos em média, representando uma perda superior a 3%. O gráfico não apresenta uma distribuição linear homogênea devido as variações de velocidade inicial que ocorrem em diferentes tipos de filme de mesma espessura. A velocidade, bem como a pressão de contato são parâmetros determinantes na etapa de corte, e variam de acordo com a característica de cada filme.

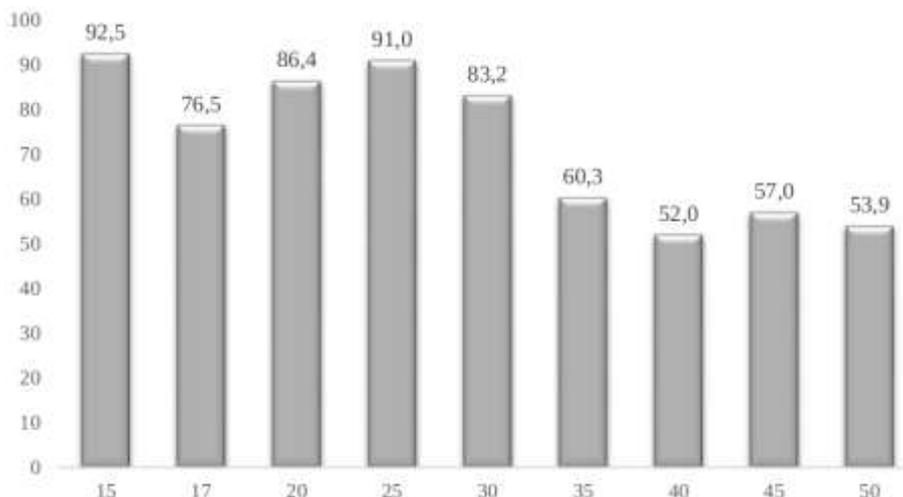


Figura 1: Gráfico da velocidade (em minutos por dia) versus espessura (em microns).

Outro parâmetro importante avaliado foi a quantidade (peso) de material que se deixa de produzir durante o tempo que os filmes são produzidos com velocidade inferior ao padrão. Esta quantidade afeta diretamente um indicador importante de processo, que é o volume total produzido. Novamente foi necessário agrupar os diferentes tipos de filme por sua espessura. O comprimento obtido para cada material foi calculado pela média das diferenças de velocidade e dos tempos necessários para atingir a velocidade padrão. A Tabela 4 apresenta quantos metros de material deixam de ser produzidos diariamente devido à restrição de velocidade.

Tabela 4: Comprimentos dos filmes.

Espessura (microns)	Comprimento (metros)
	Filmes transparentes
15	6.457,5
17	5.366,7
20	5.875,2
25	5.687,5
30	4.153,3
35	2.182,9
40	1.300,0
45	1.715,0
50	1.215,5

A Figura 2 apresenta a quantidade de material que deixa de ser produzida por dia, devido à restrição de velocidades imposta pelo perfil do bobinador de aparas. Este valor é obtido pela multiplicação de parâmetros importantes de processamento, como comprimento do filme, largura e espessura, além da densidade do material no qual o filme é produzido.

Pode-se identificar na Figura 2 o quanto a restrição de velocidade ocasionada pelo perfil cônico do canal do bobinador de aparas impacta diretamente no volume de material produzido. Filmes de 25 microns, por exemplo, apresentam uma redução na sua produção diária pouco superior a uma tonelada de filme. Neste cálculo de peso, como os parâmetros de largura e densidade são os mesmos para todos os filmes transparentes, a espessura do material e, principalmente, o comprimento impactam no volume final. Os filmes de 40 microns são os que apresentam menor quantidade

de material que deixa de ser produzida devido à restrição de velocidade, mas mesmo estes apresentam perda de 385,9kg diários.

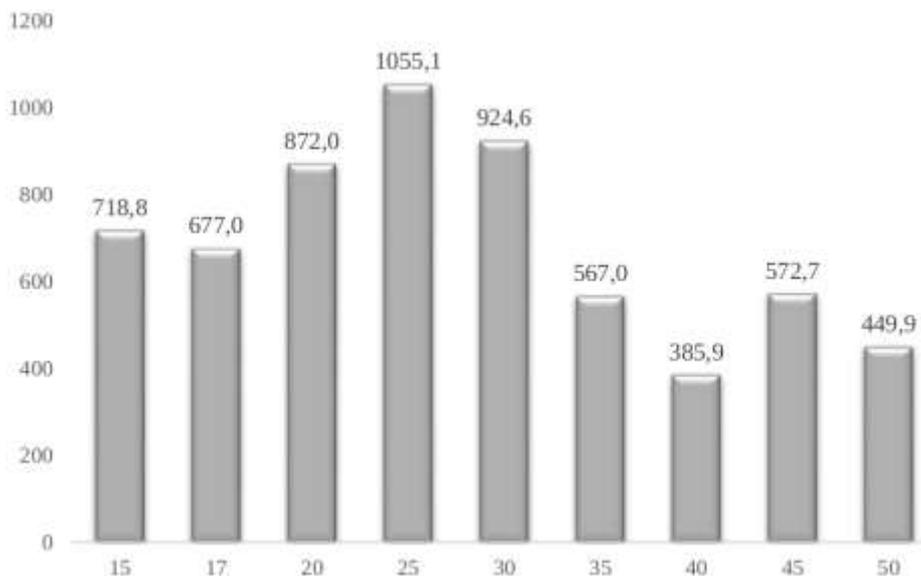


Figura 2: Quantidade de material (em kg) que deixa de ser produzida por dia para cada espessura de filme (em microns).

Este acompanhamento foi necessário para embasar a decisão de modificar um componente original da máquina de corte. Os resultados de tempo produzindo com velocidade reduzida e volume de material que deixa de ser recortado por dia em função da restrição ocasionada pelo perfil do canal do bobinador são bastante significativos, indicando que a alteração neste componente é um item importante para aumento de produtividade. Além disto, a alteração no formato do canal do bobinador pode possibilitar uma redução na largura das aparas de processo, minimizando desta forma a quantidade de material desperdiçado durante o corte de bobinas.

3.3 Cálculo de cargas que atuam no canal do bobinador de aparas

Para obter a tensão máxima que atua sobre o canal do bobinador de aparas, é necessário calcular o torque do motor que faz o canal do bobinador girar, bem como o momento polar de inércia ocasionado pela geometria do canal do bobinador. Durante o processo produtivo, atua basicamente sobre este canal o torque do motor responsável por movimentar o braço do bobinador. Este motor possui como frequência máxima de 1.750rpm, ou 183,26rad/s. A potência deste motor é de 10kW, ou 10.000J/s. O cálculo do torque é realizado conforme a Equação 3, obtendo torque máximo de 54,6N·m.

Para calcular o momento polar de inércia do bobinador, é necessário conhecer as medidas de raio externo e raio interno do canal do bobinador. Estes valores foram obtidos por medição do componente em máquina, sendo de 125mm (diâmetro externo) e 122,5mm (diâmetro interno). Assim o momento polar de inércia obtido conforme a Equação 4 é de 12.065.909,26mm⁴. Com os valores do torque e momento polar de inércia, é possível calcular a tensão máxima exercida sobre o bobinador de aparas, conforme a Equação 2, com valor de 0,566MPa.

O filme bobinado apresenta uma característica dúctil, além de poder sofrer grandes deformações. Desta forma, o filme não exerce força sobre o bobinador, pois na pior das hipóteses o filme irá se romper, sem ocasionar nenhum dano ao bobinador ou outra parte da máquina.

Conhecendo as cargas que atuam sobre o canal do bobinador de aparas de

perfil cônico, é possível realizar a simulação computacional sobre o mesmo, e verificar como este se comporta na atual condição de trabalho. A Figura 3 mostra o comportamento do canal do bobinador perante os esforços que é solicitado:

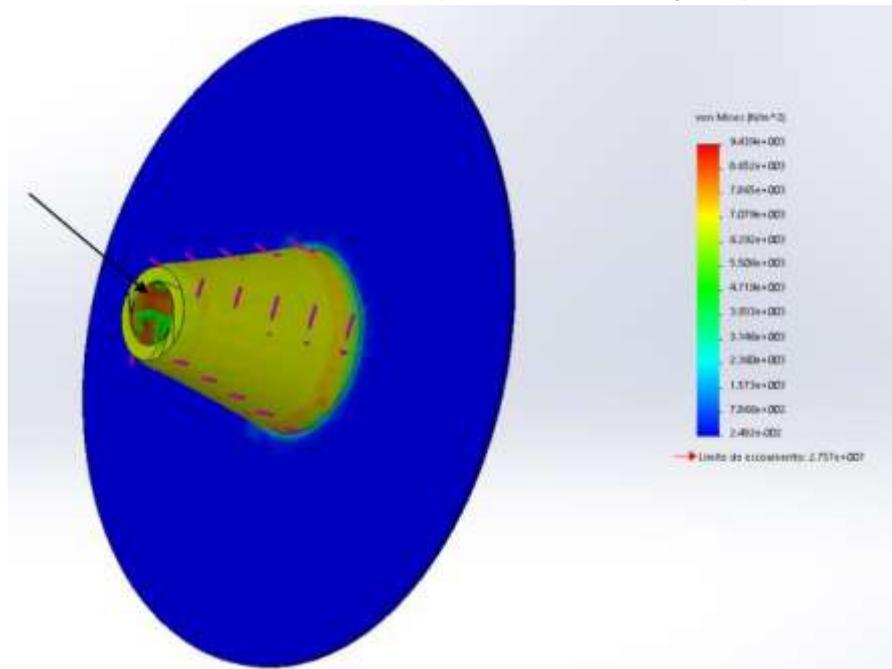


Figura 3: Simulação computacional das cargas atuantes sobre canal o bobinador atual.

A partir da Figura 3 é possível verificar que a pior situação se encontra na região interna do cone, conforme indicado com a seta, com valor máximo aproximado de 8.652N/m^2 , enquanto que a tensão de cisalhamento máxima do alumínio é de $27.570.000\text{N/m}^2$. Desta forma, o canal do bobinador de aparas suporta toda a carga que atua sobre ele, sendo principalmente ocasionada pelo torque do motor, com uma margem considerável de segurança durante o processamento.

Esta diferença entre a carga máxima que atua sobre o bobinador, e a carga máxima que o mesmo é capaz de suportar é esperada. Em uma das linhas de produção, por exemplo, a máquina de corte primário apresenta o mesmo bobinador de aparas a 7 anos, sem que este tenha passado por falhas. Ocorrem falhas em determinados componentes do conjunto, problemas eletrônicos nos sensores, mas o corpo do canal do bobinador não sofreu nenhum impacto que o tenha danificado e solicitasse a troca. A manutenção preventiva é realizada em toda a parada de acordo com o plano de manutenção da empresa, e desta forma a manutenção corretiva é pouco solicitada para atuar no bobinador.

3.4 Desenho do novo perfil do bobinador

Para desenhar um novo perfil do canal do bobinador de aparas, foi necessário primeiramente definir qual perfil ideal para substituir o cônico atual. Conforme comentado anteriormente, o filme bobinado apresenta considerável deformação elástica, porém os filmes produzido pelo processo Tenter possuem uma característica própria, que é a reduzida resistência ao rasgo. Quando ocorre um mínimo rasgo no filme, este irá se romper totalmente, passando a ter uma fratura frágil. Desta forma, não se pode considerar a produção de um novo perfil de bobinador que apresente cantos vivos em sua geometria, que poderiam fragilizar o filme, provocando paradas e perdas produtivas.

Assim, o perfil que apresenta geometria semelhante a cônica atual, sem possuir cantos vivos, e sem apresentar a restrição de velocidades pelo tronco do cone é o perfil cilíndrico. A Figura 4 demonstra como ficaria o novo perfil do bobinador de aparas, em formato cilíndrico.

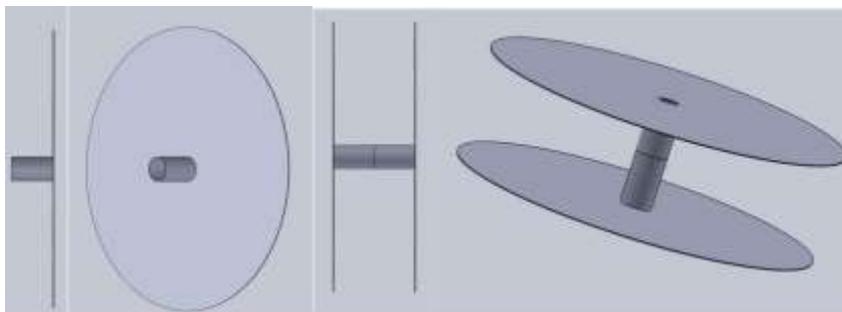


Figura 4: Braço novo bobinador: vista lateral, vista isométrica e conjunto do bobinador.

A geometria proposta é simples, porém considerada a mais indicada para realizar a substituição desejada. Além de propiciar o rompimento do filme durante a produção, uma geometria mais complexa poderia também dificultar a retirada da bobina de aparas ao término do ciclo produtivo. O canal bobinador de aparas é um conjunto formado pela união de dois braços, onde é realizado o bobinamento.

Em uma primeira análise, optando por não alterar o material de fabricação do canal do bobinador (alumínio), é possível realizar a simulação computacional das cargas que irão atuar neste novo perfil, conforme valores calculados na seção anterior, pois a variação entre o diâmetro externo e interno do cilindro não foi alterada em relação ao cone, mantendo uma parede com 6mm de espessura. Além disto, não foi alterada nenhuma característica de projeto do motor, mantendo uma potência máxima de 10kW e frequência máxima de 1.750rpm. Desta forma, irá atuar sobre o canal do bobinador um torque de, no máximo, 54,6N·m, e uma tensão de cisalhamento máxima inferior à 0,6MPa. A Figura 5 apresenta a simulação computacional realizada para o braço do bobinador, conforme as características citadas.

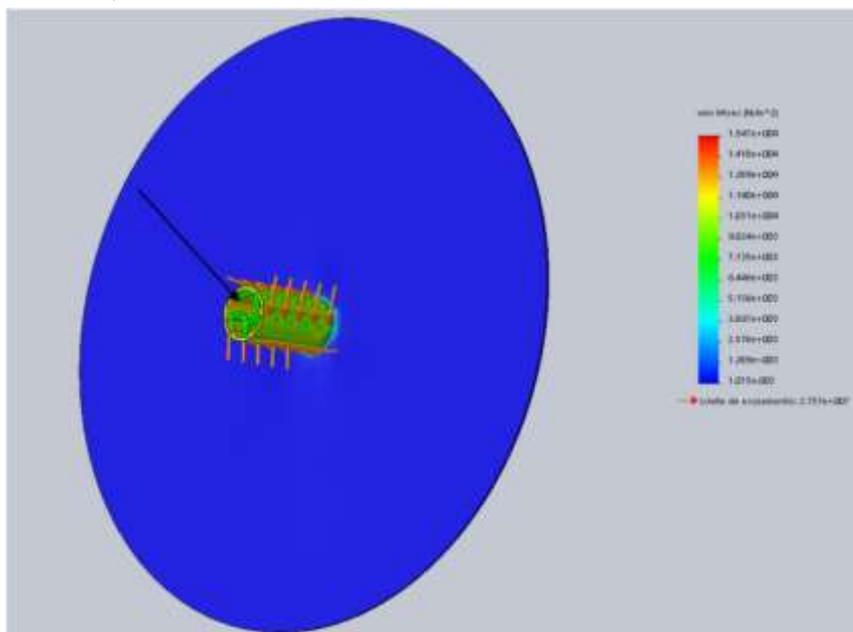


Figura 5: Simulação computacional das cargas atuantes sobre o canal cilíndrico do bobinador em alumínio.

Assim como ocorre com a simulação do braço do bobinador de perfil cônico, o perfil cilíndrico apresenta o ponto de maior fragilidade na face interna, próximo a região de divisa com o outro braço. A região de maior tensão, de acordo com a simulação, apresenta uma tensão de cisalhamento em torno de 12.890N/m^2 , sendo um valor de tensão de cisalhamento 33% superior ao valor obtido na simulação para o braço do bobinador cônico. Entretanto, este valor encontra-se abaixo da tensão de cisalhamento máxima do alumínio, que é de $27.570.000\text{N/m}^2$.

Considerando apenas a resistência do alumínio e as cargas que atuam sobre o canal do bobinador de aparas, o perfil cilíndrico projetado atende à necessidade, além de apresentar ainda uma margem de segurança elevada. Desta forma, considerando estes aspectos, é possível realizar a troca do canal do bobinador de aparas cônico por um cilíndrico, desde que não seja alterado o material de fabricação do mesmo, que é o alumínio. Não alterar o material propicia outra característica desejável para o canal do bobinador, que é a baixa rugosidade na parte que entra em contato com o filme. O alumínio polido facilita a retirada da bobina de aparas ao término do processo, não acarretando e perdas de produtividade ao término de cada setup.

3.5 Seleção de materiais

Baseado na metodologia de Ashby⁽⁷⁾ para a correta seleção de materiais, o projeto se subdivide em três etapas principais, que são as etapas de conceito, corporificação e detalhamento.

As etapas de conceito e corporificação foram realizadas nas seções anteriores, onde se determinou a necessidade do produto a ser projetado, bem como sua funcionalidade (fase de conceito), além da estruturação do seu layout (fase de corporificação). Estas etapas foram de simples execução pois o projeto em análise se trata de melhorias em um componente de processo já existente, portanto não é necessário iniciar do zero a idealização abstrata deste, ou sua funcionalidade.

Passadas as etapas de conceito e corporificação, inicia-se a etapa de detalhamento. Nesta etapa, é necessário a escolha final do material no qual o corpo do bobinador de aparas poderá ser construído. Esta escolha pode ser baseada em uma série de premissas pré-determinadas de projeto, visando a restrição do número de materiais a serem analisados para a confecção do equipamento projetado.

De acordo com Ashby⁽⁷⁾, a seleção de materiais se inicia com a determinação de requisitos restritivos e objetivos para uma restrição inicial na quantidade de materiais que podem atender as características do projeto. Um requisito restritivo é aquele do qual o material em análise deve atender obrigatoriamente, ou será descartado na seleção. Um requisito objetivo, por sua vez, é utilizado para atender a necessidades desejáveis no projeto.

Neste caso em estudo, o objetivo restritivo é a tensão máxima de cisalhamento que o corpo do bobinador de aparas deve suportar durante o corte de bobinas, conforme calculado anteriormente, sendo $0,566\text{MPa}$ o valor máximo de tensão cisalhamento atuante no canal do bobinador. Conforme descrito, a carga que atua sobre o canal do bobinador é somente o torque proporcionado pelo motor que ocasiona o giro do bobinador, portanto o valor calculado de tensão de cisalhamento é relativamente baixo quando comparada com outros processos comum.

Desta forma, o requisito restritivo, para a construção do canal do bobinador de aparas, limita uma quantidade pequena de materiais a serem considerados na seleção, tornando o requisito objetivo muito importante na escolha.

O requisito objetivo determinado para a seleção do material para a confecção

do canal do bobinador de aparas é o preço final entre dois ou mais materiais que apresentam características semelhantes.

Desta forma, é importante analisar materiais de acordo com seu valor de mercado, e a partir desta análise, simular como estes materiais se comportam mecanicamente com a carga total da qual o canal do bobinador de aparas é solicitado. Este estudo permite viabilizar a substituição do alumínio por materiais que apresentem menor custo, sem alterar ou prejudicar a produtividade do processo de corte.

Na etapa de triagem, se buscou selecionar materiais que apresentem baixo custo e sejam comumente utilizados no bobinamento de filmes e chapas. Entre os materiais que apresentam custo acessível, pode-se destacar os aços, ligas de alumínio, Policloreto de Vinila (PVC), madeiras e papelão como materiais que permitem o bobinamento.

Para a confecção do canal do bobinador, não se considerou a utilização de aços, pois estes poderiam ocasionar uma modificação maior no projeto da máquina de corte. De modo geral, aços são bastante robustos e apresentam elevada densidade, o que poderia tornar o canal do bobinador de aparas pesado quando comparado ao canal atual de alumínio. Com o aumento do peso no conjunto do bobinador de aparas, é possível que o motor utilizado atualmente para proporcionar o giro do conjunto não possua a força necessária para dar o torque solicitado.

Tubetes de papelão são largamente utilizados na indústria para realizar o bobinamento de filmes, o que torna este material como um dos mais indicados para a confecção do canal do bobinador de aparas. Infelizmente, não foi possível realizar a simulação computacional dos esforços sobre este material pois não há a presença do papelão entre os materiais no software utilizado na realização das simulações.

Ligas de alumínio apresentam um valor baixo quando comparado com outras ligas metálicas (como titânio, níquel e estanho, por exemplo). Conforme verificado anteriormente, o alumínio resiste aos esforços sobre o qual o canal do bobinador é solicitado durante a produção, portanto, a opção de manter o alumínio como material de construção para o canal do bobinador de perfil esférico é válido.

Materiais produzidos em madeira apresentam uma considerável variabilidade de propriedades, que se alteram conforme a origem biológica da madeira. De modo geral, apresentam resistência satisfatória ao cisalhamento paralelo à ordenação das suas fibras. Uma restrição imposta pela aplicação de madeiras para a composição do canal do bobinador de aparas é sua elevada rugosidade. Um material com esta característica pode ocasionar em rompimentos do filme durante o processo, sendo necessário a utilização de uma madeira que possibilite seu polimento, e consequente redução de rugosidade no canal do bobinador. Uma espécie de madeira que apresenta esta característica é a Itaúba (*Mezilaurus itauba*), que apesar de ser dificilmente trabalhada, apresenta um excelente acabamento superficial.

A simulação computacional das cargas atuantes sobre o canal cilíndrico do bobinador em madeira apresenta que a região de maior fragilidade, com relação à carga da qual o canal do bobinador é solicitado, encontra-se na parte interna, próxima à borda externa do canal do bobinador, da mesma forma como ocorreu para a simulação em alumínio.

De acordo com a escala von Mises, esta região apresenta tensão máximo de aproximadamente 15.440N/m^2 . De acordo com pesquisas, a tensão máxima suportada pela Itaúba é de $12.100.000\text{N/m}^2$. Apesar de apresentar uma tensão máximo suportada inferior a 50% da apresentada pelo alumínio, a confecção do canal do bobinador de aparas em Itaúba é viável do ponto de vista de resistência mecânica deste material.

O outro material considerado commodity por possuir um baixo valor de venda no mercado quando comparado com outros materiais é o Policloreto de Vinila (PVC). O PVC é um termoplástico muito consumido devido a sua versatilidade, podendo ser processado através dos mais diversos processos, como injeção, extrusão e termoformagem. O PVC pode apresentar flexibilidade ou maior rigidez, conforme a utilização ou não de plastificantes durante o processo de obtenção do PVC.

Para a confecção dos canais do bobinador de aparas, é necessário a utilização do PVC rígido, muito utilizado na confecção de tubulações. Com a utilização dos aditivos necessários, o PVC pode apresentar certa flexibilidade aliada a boa resistência ao impacto.

Conforme observou-se nas simulações realizadas, a região de maior concentração de tensões encontra-se na face interna do cilindro, com valor máximo de tensão de aproximadamente 14.160N/m^2 . Dados de fornecedor indicam que o PVC rígido suporta tensão de cisalhamento entre 1,0 e 1,8 GPa, ou $1.800.000.000\text{ N/m}^2$. De acordo com este dado, o PVC apresenta a maior tensão de cisalhamento entre os materiais utilizados nas simulações computacionais, o que permite a sua utilização na confecção do novo canal do bobinador de aparas com um elevado coeficiente de segurança em termos de resistência de materiais.

A ausência do papelão entre os materiais, do banco de dados do Solidworks para realização de simulação, não permitiu verificar o comportamento deste material quando solicitado aos esforços atuantes sobre o canal do bobinador de aparas, restringindo a possível utilização deste material na confecção do canal do bobinador. Por sua vez, este material é talvez o mais utilizado pela indústria para realizar o bobinamento de filmes, e desta forma não pode ser descartado a realização de testes em máquina com tubetes de papelão.

Utilizando o critério de resistência de materiais para realizar a seleção dos materiais que podem ser utilizados na confecção do canal do bobinador de aparas, é possível identificar por meio das simulações computacionais que alumínio, madeira Itaúba e Policloreto de Vinila (PVC) possuem uma tensão de cisalhamento superior a exigida, com considerável margem de segurança.

Aspectos específicos da produção e bobinamento de filmes voltados a produção de embalagens flexíveis necessitam melhor abordagem em testes realizados sobre os materiais pré selecionados de acordo com a metodologia utilizada⁽⁷⁾.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho possuiu como objetivo principal desenvolver uma alternativa para confecção do canal de um bobinador de aparas para máquinas de corte que não apresente restrições de velocidade de produção devido à geometria do canal de bobinamento.

Para embasar este projeto, foi necessário realizar um acompanhamento do processo produtivo, podendo desta forma quantificar corretamente as perdas ocasionas ao processo. As perdas podem ser de tempo, onde o filme é cortado com velocidade reduzida, ou de peso (kg) de material que deixa de ser cortado diariamente devido à restrição imposta pelo perfil cônico do canal do bobinador de aparas atual.

Conhecendo características de projeto do canal do bobinador de aparas, como o torque máximo e a potência do motor onde este está acoplado, foi possível calcular a carga máxima por meio da qual o canal do bobinador de aparas é solicitado, uma

vez que o filme bobinado não apresenta carga significativa devido à sua característica de deformação.

A escolha por um perfil cilíndrico para o canal do bobinador ocorreu pelo fato da geometria ser semelhante a atual, além de não apresentar cantos vivos que possam causar o rompimento do filme durante o processo.

De acordo com a simulação computacional realizada, a geometria proposta é capaz de suportar com boa margem de segurança à carga máxima sob a qual o canal do bobinador é solicitado. Sendo assim, foi possível aplicar a sistemática de simulações para materiais com menor valor de mercado, como a madeira Itaúba e o Policloreto de Vinila (PVC), possibilitando desta forma uma redução de custos para a realização do projeto.

Para os dois materiais propostos, a simulação computacional demonstrou que ambos são capazes de suportar a tensão máxima que atua no canal do bobinador, sendo possível desta forma confeccionar um novo canal do bobinador de aparas, em formato cilíndrico, tanto de alumínio, como de madeira Itaúba ou PVC, do ponto de vista de resistência dos materiais.

Outros aspectos relevantes para a escolha do material mais apropriado para a confecção do novo perfil do bobinador de aparas, como a facilidade para a retirada da bobina de aparas, bem como possíveis impactos em requisitos de qualidade do filme deverão ser melhor analisados no momento da substituição real dos bobinadores de aparas nas máquinas de corte primário da empresa em que o estudo foi realizado.

REFERÊNCIAS

- 1 RAUWENDAAL, C. Polymer extrusion. 4 a ed. Munique: Hanser, 2001.
- 2 PIAZI, J. C.; FARIA JR, S. L. P. Extrusão – noções básicas e aplicações. 2 a ed. São Paulo: Polialden, 1992.
- 3 MANRICH, S. Processamento de Termoplásticos. 2 a ed. São Paulo: Artliber, 2013.
- 4 BRUCKNER MACHINE SYSTEM (BMS). Introduction to the production of BOPP film. Alemanha, 2007.
- 5 ATLAS TITAN (AT). Operating network. Itália, 2007.
- 6 HIBBELER, R. C. Resistência dos materiais. 7 a ed. São Paulo: Editora Pearson, 2010.
- 7 ASHBY, M. Seleção de materiais no projeto mecânico. 4a ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA O MOSTO DE CERVEJA ARTESANAL: PARTE 2 - EXECUÇÃO

De Barba Jr., D. J.¹

Oliveira, J. A .P. ²

Araujo, R. D.³

¹ Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Doutor, João Antônio Pinto de Oliveira, IFSul, japo@sapucaia.ifsul.edu.br.

³ Engenheiro, Richard Diogo de Araujo, IFSul, richard.araujo1@gmail.com

Resumo

No processo de fabricação de cerveja, o resfriamento rápido do mosto limita a formação de compostos que conferem sabor e aroma indesejados à cerveja. Este trabalho teve o objetivo de construir um trocador de calor, de casco e tubo em espiral, com uma passagem no casco e duas passagens no tubo espiral, para rápido resfriamento de mosto, em um processo de fabricação de cerveja artesanal. Esse trocador de calor possui baixo custo de produção e apresenta fácil montagem e desmontagem para proporcionar um processo de limpeza eficiente. Os resultados dos testes mostraram que o trocador possibilita o resfriamento de 30 litros de mosto, em 12 minutos, para produção de cerveja do tipo Ale e em 30 minutos para produção de cerveja Lager.

Palavras-chave: Cerveja artesanal; Trocador de Calor; Serpentina; Refrigeração.

WORT COOLING SYSTEM FOR CRAFT BEER: PART 2 - EXECUTION

Abstract

In the brewing process, the rapid cooling of the must limits the formation of compounds that give the beer unwanted flavor and aroma. The aim of this work was to construct a spiral tube in a shell heat exchanger with one shell passage and two spiral pipe passages for quick must cooling in a craft brewing process. The heat exchanger has low production cost and is easy to assemble and disassemble to provide an efficient cleaning process. The results of the tests showed that the heat exchanger allows the cooling of 30 liters of must in 12 minutes for brewing Ale and 30 minutes for brewing Lager.

Key words: craft beer; heat exchanger; coil; refrigeration.

1 INTRODUÇÃO

O resfriamento rápido do mosto após a fervura no processo de produção de cerveja artesanal é um fator fundamental para a qualidade do produto final, já que o mosto pode apresentar sabores e aromas indesejados produzidos por bactérias que se reproduzem durante o longo tempo de resfriamento. O presente estudo se dedicou a compreender o processo de fabricação e a importância do resfriamento rápido. A partir daí foi construído um protótipo de trocador de calor para o mosto da cerveja artesanal, de forma que o resfriamento pudesse ser realizado de forma rápida, garantindo a qualidade do produto final.

Desta forma o objetivo deste trabalho é executar o projeto de um sistema de resfriamento do mosto de cerveja artesanal.

A cerveja é basicamente constituída por quatro ingredientes: água, malte, lúpulo e levedura. A quantidade e relação entre esses ingredientes, bem como algumas características no processo irão determinar a quantidade de cerveja produzida bem como o tipo de produto que será obtido⁽¹⁾.

A água constitui aproximadamente 90% da cerveja. A qualidade e a procedência da água são fatores muito importantes, principalmente no caso das cervejarias artesanais e caseiras, que geralmente não possuem uma estação de tratamento de água. São aspectos importantes o PH da água, sua densidade e sua dureza, ou seja, a concentração de íons de cálcio e magnésio dissolvidos. No caso das pilseners, é necessário que a água seja “mole”, com poucos minerais. Estes indicadores podem afetar a cor, turbidez, aroma e sabor da cerveja⁽¹⁾⁽²⁾.

O malte, ou cevada maltada, é a fonte de açúcares que serão fermentados no processo de fabricação da cerveja, sendo que a coloração e tipo de malte definirão o tipo de cerveja que será produzida, ou seja, seu estilo e coloração. A cevada maltada é o grão de cevada que passa por um processo de germinação parcial, com controle de calor e umidade, chamado de malteamento ou malteação. Após a colheita, a cevada é levada a uma maltaria, onde será submetida a um processo que a transformará em malte de cevada, rico em amido e enzimas. Este processo consiste no umedecimento da cevada com água, e posterior germinação sob condições controladas, resultando em mudanças físicas e químicas desejadas. Durante a germinação parcial, o endosperma do grão aumenta o seu acúmulo de amidos grandes e pequenos. Após a germinação, o grão passa por um processo de secagem com tempo e temperatura variável. Este processo de malteamento raramente é realizado por um produtor caseiro (homebrewer), pois é bastante complexo. O grão de cevada é adquirido pronto para a fabricação da cerveja, e pode se adquirir o tipo desejado para a cerveja que se pretende produzir⁽²⁾.

O lúpulo é uma planta da família das trepadeiras, sendo originária das zonas temperadas do norte da Europa, Ásia e Américas. De suas flores são extraídos substratos de sabor amargo que têm a função de equilibrar o sabor adocicado proveniente do malte da cerveja, além de contribuir para a conservação da mesma e a formação de espuma. O lúpulo pode ser adquirido em lojas especializadas e em várias apresentações, quantidades e embalagens. Também possui variações de espécies com elementos mais amargos ou mais aromáticos, influenciando no produto final⁽³⁾.

As leveduras, ou o fermento, são micro-organismos considerados como um tipo de fungo e são responsáveis pela conversão do açúcar em álcool e CO₂. Para a produção de cerveja são utilizados dois tipos de leveduras, as *Saccharomyces cerevisiae*, que são utilizadas em cervejas de alta fermentação conhecidas como Ales e as *Saccharomyces Uvarum*, que são utilizadas para a produção das cervejas de baixa fermentação, as Lagers. Devido à falta de conhecimento sobre as leveduras, os primeiros produtores de cerveja atribuíam a fermentação a fatores divinos, e a produção de cerveja ocorria naturalmente em alguns locais do planeta devido à presença dos fungos necessários para a fermentação. Em outros casos, a falta de esterilização das ferramentas utilizadas para a produção fazia com que os fungos continuassem se proliferando nos equipamentos onde se produzia cerveja. Desta

maneira era mantida a capacidade de fermentar a cerveja em cada processo produtivo⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

Segundo Palmer⁽⁵⁾, um resumo básico do processo de fabricação da cerveja seria:

1. A cevada maltada é misturada com água quente formando açúcares.
2. Esta solução de açúcar de malte é fervida com lúpulo, que confere amargor e aromas característicos.
3. A solução é resfriada e levedura é adicionada para começar a fermentação.
4. Os açúcares são fermentados pela levedura liberando CO₂, álcool etílico e outros aromas.
5. Quando se completa a fermentação, a cerveja é engarrafada sendo, então, adicionado um pouco de açúcar para ajustar a carbonatação.

Após a fase de fervura, é realizado o resfriamento rápido do mosto cervejeiro. Esta etapa poderá ser realizada por um chiller, trocador de placas, ou outro método de resfriamento. O objetivo desta etapa é reduzir a temperatura do mosto de 100°C para menos de 25°C o mais rapidamente possível, pois quanto mais tempo o mosto ficar exposto ao processo de resfriamento, maior é a probabilidade de se desenvolver sabores indesejáveis no produto, prejudicando o resultado final⁽⁵⁾.

A temperatura após o processo de resfriamento é importante, pois para que as leveduras possam converter os açúcares em álcool e CO₂, a temperatura deve estar abaixo de 30°C, já que acima desta temperatura as leveduras são inutilizadas. Esta temperatura é tida como uma referencia máxima, já que a temperatura ideal irá depender também do tipo de cerveja que será produzida⁽⁶⁾.

Quando o produtor de cerveja artesanal inicia o processo de fermentação, com a inoculação das leveduras, obrigatoriamente o mosto deve estar com temperatura inferior a 35°C, pois as leveduras não resistem em temperaturas altas e tendem a produzir sabores prejudiciais à qualidade da cerveja em temperaturas próximas ao seu limite máximo de operação, que fica em torno de 24°C (entre 17 e 24°C para cervejas Ales e 6 a 12°C para Lagers). Para reduzir a presença de *off-flavors* na bebida, o valor ideal de fermentação deve ser em torno de 20°C, próximo à média de temperatura de operação das leveduras de alta fermentação. Quando se trata da produção de uma cerveja Lager, as temperaturas devem ser ainda menores⁽⁷⁾.

Apesar de o termo *flavor* ser traduzido por sabor, na verdade seu significado é mais amplo, pois se refere a uma sensação fisiológica da interação do paladar e olfato. Todos os “sabores” detectados em uma cerveja são chamados de *flavors*⁽⁸⁾.

Portanto, *flavors* são sabores e aromas no produto final, resultados de reações desejadas e indesejadas no processo. Podem tanto valorizar a cerveja quanto torná-la descartável. Vários fatores podem gerar sabores indesejados na cerveja. Isto pode ocorrer devido a tempo insuficiente na etapa de fervura, ou por fervura com a tampa fechada, impedindo a saída de elementos indesejados, como o dimetil sulfeto⁽⁶⁾.

Outros fatores que podem causar a ocorrência de sabores indesejados são a demora no resfriamento do mosto após a fervura, o que acaba fazendo com que o dimetil sulfeto continue sendo produzido, a contaminação do mosto por bactérias e a demora em iniciar a fermentação, o que acaba facilitando a proliferação de bactérias. Outro problema que pode ocorrer durante os processos de fervura e fermentação, é

contaminação por leveduras selvagens. Isso é bastante comum. Portanto, algumas medidas de proteção são importantes para garantir a qualidade do mosto.

Assim sendo, quanto mais rápida for a redução de temperatura do mosto, menor será o risco de contaminação, menor será a probabilidade de *off-flavors* na cerveja e melhores características de aroma terá o produto final⁽⁸⁾.

A indústria da cerveja possui métodos bastante eficientes para a redução de temperatura do mosto antes da etapa de fermentação. Porém, tais equipamentos são demasiadamente caros para um produto caseiro. Devido a isso, existem outras formas de resfriamento do mosto desenvolvidas de forma caseira⁽⁹⁾.

No resfriamento natural, a panela de fervura é deixada em repouso e resfria até a temperatura ambiente. Tal procedimento é bastante utilizado, porém não considera a necessidade de um resfriamento rápido. Provavelmente este era um procedimento mais utilizado antigamente por produtores caseiros, principalmente em regiões frias e que não possuíam condições de refrigerar o mosto, condição que difere bastante dos cervejeiros caseiros da atualidade. Este método permite a proliferação de bactérias, além de depender das condições do ambiente para alcançar uma temperatura adequada para a fermentação⁽⁵⁾.

Os trocadores de calor do tipo bobinas helicoidais, também conhecidas como serpentinas, são muito utilizados em agitadores, tanques e outros processos, inclusive envolvendo a refrigeração de alimentos. Para um trocador com duplo tubo helicoidal, testes obtiveram coeficientes globais cerca de 20% maiores que os calculados para tubos retos usando-se as mesmas velocidades para o escoamento⁽¹⁰⁾.

As serpentinas podem ser montadas como hélices simples, espiral ou em outras configurações⁽¹¹⁾.

O trocador de calor casco e tubo é composto por um casco cilíndrico contendo um conjunto de tubos, colocado paralelamente ao eixo longitudinal do casco. Neste tipo de trocador, um dos fluidos escoará pelo interior dos tubos e outro por fora dos tubos. O trocador de calor casco e tubo é muito utilizado na indústria química em razão de sua ampla faixa de uso, podendo ser utilizado em qualquer aplicação, em amplas faixas de vazão, temperatura e pressão. Pode ser construído com diferentes materiais, o que permite sua utilização até mesmo com fluidos corrosivos, além de poder ser montado na posição horizontal ou vertical. Além disso, este trocador pode ser montado em configurações com maior número de passes nos tubos, sendo denominado pelo número de passagens no casco e no tubo. Um trocador do tipo casco e tubo 1-2 possui uma passagem pelo casco e duas passagens pelo lado tubo. Quando comparado com um trocador casco tubo 1-1, com uma passagem pelo casco e uma pelo tubo, pode-se ter um trocador com menor volume⁽¹⁾.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para dimensionar e construir um protótipo de sistema de resfriamento para o mosto da cerveja artesanal fez-se uso da metodologia proposta no diagrama de blocos apresentado na Figura 1, sendo necessário estudar e compreender os diversos métodos de refrigeração de mosto de cerveja, selecionar os métodos mais adequados para fabricação de cerveja artesanal e avaliar os métodos selecionados.

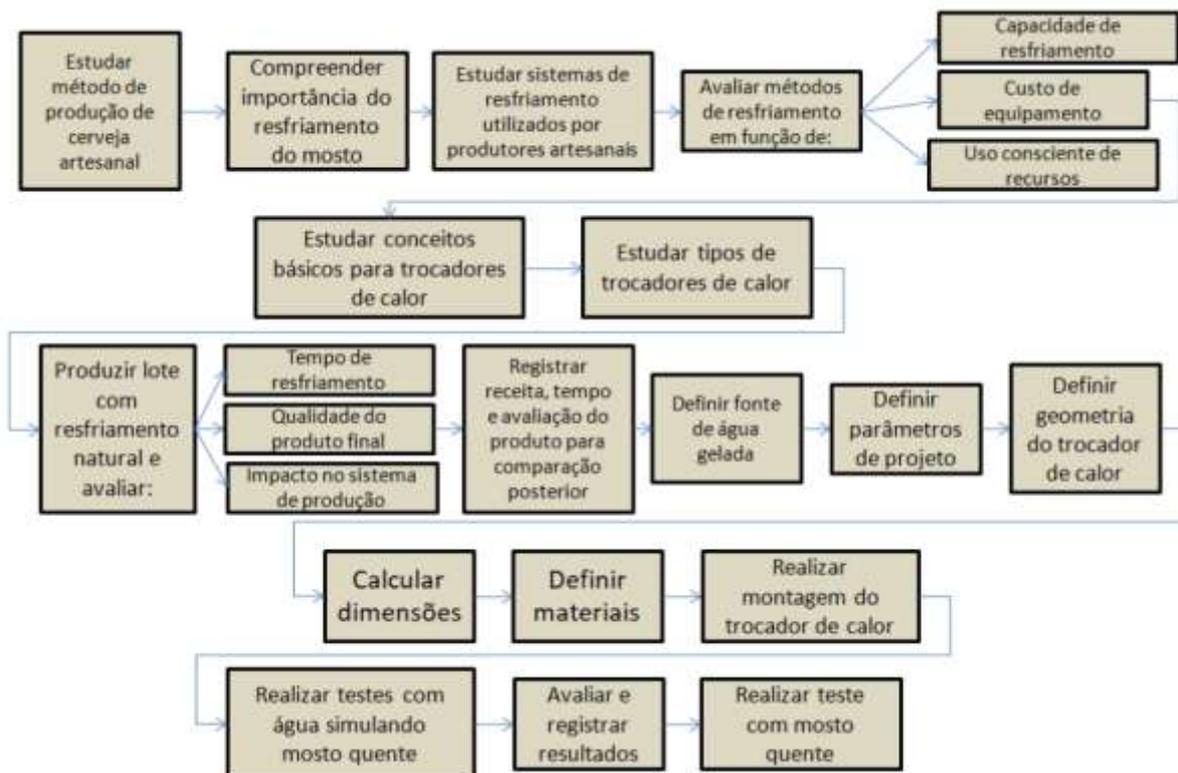


Figura 1: Diagrama de blocos da metodologia.

O primeiro sistema a ser reproduzido foi o resfriamento natural. Para isso, foi realizada a produção de cerveja artesanal e avaliado o tempo necessário para o resfriamento, os valores de temperatura atingidos e uma análise qualitativa do produto final utilizando este processo. A receita de produção deste lote, ou seja, com os produtos e procedimentos utilizados, foi registrada para testes posteriores.

Considerando os fatores abordados, o projeto foi definido como um sistema de trocador de calor de fácil desmontagem para limpeza, com chiller em alumínio, com o mosto na parte externa do tubo utilizando água em baixa temperatura, proveniente de um sistema de água gelada. Pelo seu baixo custo e maior facilidade de manuseio e conformação o alumínio foi o material utilizado para a confecção do trocador de calor. Sendo assim, este sistema tem como vantagem o baixo custo de produção, a facilidade de limpeza e o uso consciente de água.

2.1 Fabricação do protótipo

Assim que estabelecidos os parâmetros de projeto, geometria e dimensões do trocador de calor, foram definidos os materiais que seriam utilizados para a montagem do protótipo do trocador de calor. Estes materiais foram escolhidos em função da disponibilidade no mercado e do baixo custo, tendo em vista que a produção de cerveja artesanal é um hobby, e o custo elevado tornaria o projeto inviável para os produtores. Outro fator fundamental seria a facilidade de sanitização após o processo de produção da cerveja. Além disso, o método de produção não poderia exigir equipamentos ou ferramental muito sofisticado, sendo possível a montagem com ferramentas simples e de fácil aquisição.

2.2 Testes de avaliação

Em seguida, realizou-se a avaliação de outros métodos, por meio da bibliografia, e testes práticos, utilizando água quente como substituto da cerveja e medindo o tempo, a vazão, a temperatura do fluido quente e frio e o tempo necessário para realizar o resfriamento. Como metodologia de testes, foi definida a realização de quatro experiências, consistindo em diferentes vazões e temperaturas de entrada do fluido quente, em função de diferentes temperaturas de saída do fluido quente. Essas variações foram realizadas visando simular a produção de cerveja artesanal, já que as temperaturas de saída do mosto após o resfriamento podem variar dependendo do tipo de cerveja produzido, bem como a temperatura de entrada do fluido quente pode variar em função de processos realizados entre a fervura do mosto e o resfriamento.

Para a realização de cada um dos testes foi necessário aquecer 20 litros de água até aproximadamente 90°C e resfriar 50 litros de água até 2°C.

Para o primeiro teste a temperatura da água quente foi de 88°C. A água gelada foi mantida em 2°C. A torneira montada na saída do trocador de calor, ou seja, na parte inferior, ficou totalmente aberta durante todo o teste, e foi ajustada a vazão da água quente por meio de uma válvula na saída da panela, de forma que a temperatura na saída do trocador fosse mantida próxima dos 12°C.

O segundo teste foi realizado seguindo o mesmo procedimento, com a água gelada em 2°C, porém, com uma temperatura da água quente de 85°C. Neste caso, foi utilizada uma vazão maior do que no primeiro teste.

O terceiro teste foi realizado com uma metodologia diferente. A temperatura da água quente foi de 85°C e a da água gelada foi de 2°C. As válvulas dos dois fluidos foram abertas ao mesmo tempo, porém, a torneira da saída do fluido quente se manteve fechada até que a água quente atingisse a parte superior do trocador de calor.

O quarto teste foi realizado com uma temperatura menor do fluido quente, de 76°C. A torneira na saída do trocador foi mantida aberta o tempo todo, e foi medida a vazão de fluido quente para uma temperatura de 13°C na saída do trocador de calor.

Para cada um dos testes foram medidas as vazões e temperaturas de cada um dos fluidos.

Após os testes foram realizados os cálculos da taxa de transferência de calor real, a avaliação do impacto da vazão na taxa de transferência de calor do trocador, a avaliação dos resultados obtidos pelo protótipo e as considerações para o uso com cerveja artesanal.

Além dessas informações, foram incluídos procedimentos que devem ser seguidos para a utilização do trocador de calor para o resfriamento de cerveja artesanal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Testes iniciais

Com o objetivo de avaliar o método de resfriamento natural, foi realizada a produção de um lote de cerveja artesanal, utilizando os conceitos de qualidade de produção descritos neste trabalho. Foi tomado todo o cuidado necessário com a

higienização de ferramentas e equipamentos, limpeza do local de produção, qualidade da matéria prima utilizada e manuseio dos componentes do processo.

A receita desenvolvida, conforme descrita na Tabela 1, foi baseada na cerveja Oat Meal Stout, que se trata de uma derivada da clássica London Porter, cerveja escura e forte com aroma característico de café. Esta cerveja era bebida pelos trabalhadores do porto de Londres para suportar o frio no século XIX. A diferença é que a Stout produzida tem aroma mais forte, é mais escura e tem o acréscimo de aveia na receita.

Tabela 1: Ingredientes variação de OatMealStout.

Ingredientes	Quantidade
Água Filtrada	70 litros
Malte Pilsen	8 kg
Malte chocolate	1 kg
Malte Carafa (Chateau Black)	1 kg
Lúpulo Columbus	30g
Aveia	1 kg

A Tabela 1 descreve a relação de produtos utilizados na receita, sendo que os equipamentos utilizados estão listados na Tabela 2.

Tabela 2: Relação equipamentos e materiais para produção.

EQUIPAMENTOS UTILIZADOS
Furadeira
Moedor para malte
Duas panelas de inox de 60 litros com alças
Botijão de gás 13kg
Fogareiro
Espátula Plástica 50cm
Balde Plástico 18 litros
Panela de filtragem 60 litros
Vasilha Inox 5 litros
Solução de Iodo 30ml
Prato cerâmico
Fermentador PVC com Airlock
Termômetro tipo espeto Incoterm

Todo o malte e aveia utilizados no processo passaram por uma etapa de moagem antes da utilização na produção da cerveja. Para isso, se utiliza um moedor com uma furadeira acoplada, que diminui o esforço da operação manual.

O processo de produção será descrito a seguir. Em uma panela de 60 litros, foram aquecidos 50 litros de água de poço, filtrada, até a temperatura de 56°C. Ao atingir esta temperatura, foram inseridos os diversos tipos de malte, mantendo em 56°C por 25 minutos, com a finalidade de ativar as beta amilases.

Elevou-se a temperatura para 60°C em uma rampa de subida de 6 minutos, sendo mantida nesta temperatura por 12 minutos. Após este tempo, realizou-se nova rampa de aumento de temperatura, de 12 minutos, até 67°C.

Neste ponto, foi adicionado meio quilo de malte carafa, e a temperatura foi elevada até 80°C em mais quinze minutos, conforme descrição das variações de temperatura na Figura 1.

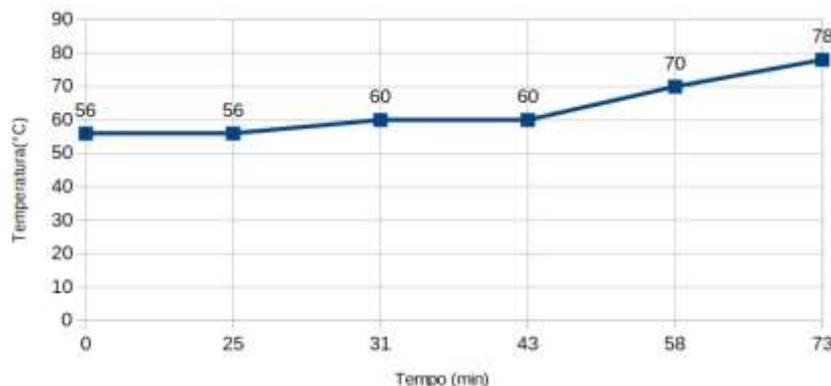


Figura 1: Rampa de temperatura brassagem.

Após a realização do teste de iodo, finalizou-se a etapa de brassagem.

O próximo passo no processo foi a filtragem, seguida pelo sparging, que se trata da lavagem dos grãos de malte para retirar os açúcares que ficaram presos na peneira durante a etapa de filtragem. O objetivo desta etapa é também aumentar o rendimento do mosto. Para realizar o sparging foram utilizados, aproximadamente, 18 litros de água à 60°C.

Para a fervura do mosto, foi utilizada uma panela de inox com capacidade para 60 litros.

O mosto foi aquecido durante 28 minutos até 93°C. Neste momento foram retiradas partículas suspensas no líquido, similar à escória, para remover impurezas do processo. Aos 37 minutos do processo de fervura, com a água à 100°C, foi adicionado 30g de lúpulo. Dez minutos depois, ocorreu a adição de *whirlfloc*, utilizado para decantar partículas indesejadas.

Para avaliar a qualidade do mosto, pelo processo de resfriamento natural, foi realizada a vedação da panela de fervura e aguardado aproximadamente 10 horas para que a temperatura do mosto atingisse em torno de 22°C para o início do processo de fermentação.

Após o término da fermentação, carbonatação e envase, foi realizado o teste da cerveja para detectar a presença de *off flavors*. A análise qualitativa constatou que o produto final foi uma cerveja de boa qualidade, já que foram tomadas muitas medidas visando a garantia de qualidade do produto final, como por exemplo, a sanitização dos equipamentos, limpeza do local, retirada de impurezas e vedação de painéis e fermentadores durante o processo de resfriamento natural e fermentação.

Mesmo com a qualidade no produto final deste processo, foi constatado que a falta de controle no processo de resfriamento é um fator que acrescenta muita incerteza na garantia de um produto de boa qualidade, já que o processo de produção de cerveja artesanal pode ser considerado como de complexidade de moderada a grande, sendo de fundamental importância o controle de todos os passos de produção.

As dez horas envolvidas no processo de resfriamento natural são um tempo longo demais, facilitando o desenvolvimento de bactérias que podem comprometer a qualidade da cerveja (PALMER, 2006). Com isso em mente, se faz fundamental o desenvolvimento de um sistema que possa resfriar o mosto rapidamente.

3.2 Montagem

Inicialmente foi necessário providenciar uma fonte de água gelada com capacidade para manter resfriada uma quantidade de 50 litros em 2°C.

Para esta etapa do projeto, foi montado um resfriador utilizando uma central de refrigeração de um freezer antigo, com potência de 1/3 cv, com uma serpentina de cobre de diâmetro 1/4 polegada, com comprimento de 6 metros e com gás R134. Não há problemas em utilizar o cobre neste sistema, já que a água não entra em contato com o mosto.

Essa serpentina foi conectada ao sistema e inserida em um reservatório com capacidade para 50 litros de água (Figura 2).



Figura 2: Montagem da central de água gelada.

Além de refrigerar a água, o sistema é responsável por enviar a água gelada através do trocador em alta pressão. Para isto foi instalada uma bomba de máquina de lavar louça, com vazão (sem carga) de aproximadamente 0,5l/s. Com o objetivo de manter a água resfriada por mais tempo, foi realizado o isolamento térmico do reservatório de água gelada com o uso de placas de isopor de 6mm de espessura e fita isolante térmica. Além disso, foi instalado um controlador de temperatura para que a central mantivesse a água com 2°C de temperatura, sendo ligada sempre que a água sofresse uma elevação de temperatura de 0,5°C, ou seja, até 2,5°C.

Para realizar a montagem do trocador, foi definido que seria utilizado um tubo de 1/2 polegada de 15 metros, tamanho disponibilizado no mercado, ao invés do tubo calculado de 7,9m. Considerando os trechos que deviam estar disponíveis para as conexões de entrada e saída, foi definido um comprimento de 14,5m, sendo 29 voltas na parte interna e outras 29 na parte externa.

Os materiais utilizados para a montagem do trocador estão descritos na Tabela 3. Durante a montagem, o tubo de alumínio sofreu achatamento, diminuindo a largura do tubo, deixando a seção ovalizada. Em função disso, ao invés de um espigão de alumínio de 43mm de diâmetro, foi utilizado um cano com 50mm de diâmetro, para compensar a perda da área de contato entre mosto e trocador e para utilizar materiais de custo menor e maior disponibilidade no mercado.

Para a montagem da bobina helicoidal interna, foi utilizado como molde um tubo de PVC com 60mm de diâmetro. A bobina interna foi montada sobre este tubo de PVC. Assim que atingidas as 29 voltas, o tubo de PVC foi retirado e outro tubo de PVC, agora de 100mm de diâmetro, foi colocado sobre a bobina interna. Dessa forma, o tubo de alumínio continuou sendo enrolado, dessa vez na direção contrária,

retornando ao início da bobina interna com novo diâmetro, sobre o tubo de PVC de 100mm (Figura 3).

Tabela 3: Peças utilizadas para montagem do protótipo.

RELAÇÃO DE PEÇAS MONTAGEM PROTÓTIPO	
Tubo alumínio 1/2" 15m	15m
Tubo PVC 50mm	55cm
Tubo PVC 60mm	1m
Tubo PVC 100mm	1m
Tubo PVC 150mm	55cm
Tampa cega PVC 150mm	2 Peças
Torneira PVC	1 Peça
Conexão Flange+Porca 1/2"	2 conjuntos



Figura 3: Confeção bobinas helicoidais.

Após a confecção da bobina, foi realizada a montagem dentro de um tubo de PVC de 150mm, atendendo as especificações do projeto. Um tubo de 50mm foi instalado no núcleo das bobinas para reduzir o espaço livre dentro do trocador. Nas tampas superior e inferior foram instalados guias para manter o tubo centralizado. Na tampa inferior foi instalada uma torneira para controlar a saída do fluido quente.

Para que pudesse ser testado, foi realizada a montagem do sistema, aguardando somente a panela de água quente, ou mosto, no caso do teste com o produto (Figura 4).



Figura 4: Sistema montado pronto para testes.

3.2 Testes

Os testes foram realizados com água quente como substituto do mosto, já que as propriedades do mosto são parecidas com as da água. O primeiro teste consistiu em conectar todo o sistema e medir a vazão de água gelada na saída do trocador de calor. A perda de carga foi bastante grande, pois sem carga a bomba tinha capacidade para uma vazão máxima 0,5kg/s e após a conexão a vazão na saída se manteve em

torno de 0,060kg/s. Foram aquecidos 50 litros de água em uma panela, até a temperatura de 93°C, em um fogão doméstico. No primeiro teste, após a montagem de todo o sistema, foi aguardada a redução da temperatura da água quente até 88°C, enquanto a temperatura da água gelada estava em 2°C. Foi aberta a válvula esfera na saída da panela, com uma vazão baixa.

Foi medida a temperatura e a vazão na saída da torneira do trocador na parte do casco, bem como a vazão e temperatura na saída da serpentina. Neste teste, a torneira na saída do trocador se manteve sempre aberta, por isso, todo o fluido quente que entrava no trocador escoava e já saía pela torneira (Tabela 3). Este procedimento foi seguido nos testes 2 e 4.

No teste 3, a válvula na saída da panela foi aberta ao máximo, e a torneira na saída do trocador só foi aberta quando o trocador estava cheio de água, tendo os valores registrados para análise (Tabela 3).

Tabela 3: Resultados dos testes do trocador de calor

RESULTADOS DOS TESTES PRÁTICOS						
PROPRIEDADE	UNIDADE	SIMB.	TESTE 1	TESTE 2	TESTE 3	TESTE 4
Temperatura Entrada Água Quente	°C	Tq,e	88	85	85	76
Temperatura Saída Água Quente	°C	Tq,s	15	19	24	13
Temperatura Entrada Água Gelada	°C	Tf,e	2	2	2	2
Temperatura Saída Água Gelada	°C	Tf,s	18	14	32	14
Vazão mássica Água Quente	kg/s	m _q	0,0160	0,021	0,042	0,013
Vazão mássica Água Gelada	kg/s	m _f	0,0600	0,063	0,062	0,062

Realizados os testes, foi possível avaliar os aspectos técnicos do trocador de calor, com base nos resultados obtidos.

Utilizando o calor específico da água à 2°C, de 4.211 J/kgK, foram calculados novamente as taxas de transferência de calor com os dados dos Testes 1 ao 4, utilizando a Equação 1 (Tabela 3), obtendo os seguintes resultados (Tabela 4):

Para o Teste 1:

$$Q = m_f \cdot C_{pf} \cdot (T_{f,s} - T_{f,e})$$

Tabela 4: Taxas de transferência de calor calculadas.

Teste, número	Taxa de transferência de calor (W)
1	4.042,56
2	4.509,98
3	7.832,46
4	2.871,90

Os números dos Testes 1, 2 e 4 apresentaram bastante diferença em relação ao calculado (7.670,47W), principalmente em função da diferença de vazão, já que os cálculos foram feitos com base em uma vazão de 0,1kg/s. Infelizmente a perda de carga no trocador foi muito alta, dificultando a passagem da água gelada. Devido a isso, a taxa mássica máxima de água gelada foi de 0,063kg/s. Os cálculos mostram que a maior taxa de transferência de calor se dá no Teste 3, atingindo o valor projetado, apesar da temperatura de saída do fluido quente se mostrar acima do planejado.

Interessante notar que os valores de temperatura medidos nos testes finais atingiram os números calculados quando a relação entre as vazões do fluido frio e quente se mantinha a mesma dos cálculos, com a vazão do fluido quente sendo aproximadamente 25% da vazão do fluido frio. Os valores de temperatura alcançados pelo trocador de calor mostram que o equipamento pode ser utilizado pelo produtor

amador de cerveja. Interessante também verificar as temperaturas do fluido quente, na saída, alcançadas pelo protótipo, pois caso o cervejeiro queira produzir uma cerveja do tipo Ale, uma cerveja de alta fermentação, poderá resfriar uma quantidade maior de cerveja em menos tempo. As leveduras utilizadas trabalham até uma temperatura de 24°C. Neste caso, o trocador poderia trabalhar em uma configuração similar a utilizada nos testes 2 e 3 da Tabela 3, sendo utilizados valores de vazão maiores, podendo o mosto atingir uma vazão de até dois terços da vazão de água gelada.

Caso a cerveja produzida seja uma Lager, em vista de necessitar de temperaturas menores para a fermentação, o trocador deverá trabalhar com vazões de mosto menores, e o processo será um pouco mais demorado. Para este caso, os parâmetros deverão ser similares aos dos Testes 1 e 4.

Utilizando-se vazões similares ao Teste 3, com a taxa mássica do mosto de 0,042kg/s e de água gelada de 0,063kg/s, poderiam ser resfriados 30 litros de cerveja do tipo Ale em 12 minutos, considerando também os 50 litros disponíveis de água gelada. Este pode ser considerado um valor excelente, tendo em vista a busca pelo menor tempo possível de resfriamento.

Se forem utilizadas as vazões do Teste 1, com a taxa mássica do mosto de 0,016kg/s, mantendo-se a vazão máxima de 0,063kg/s de água gelada, o trocador poderá resfriar os mesmos 30 litros do teste anterior em 30 minutos, visando a produção de uma cerveja Lager.

Como a central de água gelada tem capacidade reduzida de 50 litros, a produção neste caso se limitaria em 13 litros de cerveja Lager.

4 CONCLUSÃO

O objetivo geral do trabalho foi alcançado, pois foi desenvolvido um protótipo de um trocador de calor para resfriamento do mosto de cerveja artesanal, que cumpriu seu objetivo nos testes realizados de resfriar a água quente que simulou o mosto da cerveja artesanal.

A execução de produção da cerveja artesanal destaca seus procedimentos principais e fatores importantes que definem a qualidade do produto final. Por meio do estudo práticos (produção de um lote de cerveja artesanal) destes procedimentos se compreendeu a importância do resfriamento rápido do mosto, já que a falta de controle sobre esse processo pode provocar a presença de *off-flavors* na cerveja.

A escolha de um trocador de calor foi a união entre um trocador de bobinas helicoidais e um trocador de calor casco e tubo com dois passes no tubo e um no casco. Foi realizada a construção do protótipo, buscando sempre a utilização de materiais de baixo custo e de fácil aquisição.

Foram realizados os testes do protótipo, comprovando que o trocador montado poderá ser utilizado para refrigerar o mosto da cerveja artesanal, já que pode ser sanitizado facilmente, por ser desmontável, atendendo as exigências da produção artesanal. Além disso, resultados dos testes do trocador de calor mostraram que poderiam ser resfriados 30 litros de cerveja do tipo Ale em 12 minutos ou os mesmos 30 litros em 30 minutos, visando a produção de uma cerveja Lager.

REFERÊNCIAS

- 1 ARAUJO, E. "Trocadores de calor". 1a ed. Edufscar, 2014.
- 2 KUNZE, W. "Technology Brewing and Malting" 2a ed. Berlin: VLB Berlin. 1999.
- 3 ZAINASHEFF, J. "Making a starter". American Homebrewers Association, 2007.
- 4 HUGO, V. "Processo de produção de cerveja", 2013. Disponível em: <<http://www.engenhariadacerveja.com.br/2013/processo-de-producao-de-cerveja/>> Acesso em: Set. 2019.
- 5 PALMER, J.J., "How to Brew", Brewers Publications, 3a ed., 2006.
- 6 SILVA, D. "A importância da fervura do mosto", 2016. Disponível em: <<http://www.condadodacerveja.com.br/a-importancia-da-fervura-do-mosto/>> Acesso em: Set. 2019.
- 7 REIS, I. "Terceira dica", 2013. Disponível em: <<http://cervejologia.blogspot.com.br/2013/06/4-dica.html>> Acesso em: Set. 2019.
- 8 DINSLAKEN, D. "DMS", 2017. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/2017/02/15/dms/>> Acesso em: Set. 2019.
- 9 CETESB. "Cervejas e refrigerantes", 2005. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, Cervejas e refrigerantes, CETESB, São Paulo, 2005- 60p
- 10 KAKAÇ, S., LIU, H., 2002."Heat exchangers, Selection, Rating, and Thermal Design", CRC Press, New York
- 11 GERHARDT, F. "Desenvolvimento de um trocador de calor desmontável para o resfriamento do mosto de cerveja artesanal". 102p. Tese (Graduação). Centro Universitário Univates, 2017.

SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO PARA O MOSTO DE CERVEJA ARTESANAL: PARTE 1 - PROJETO

De Barba Jr., D. J.¹

Oliveira, J. A .P. ²

Araujo, R. D.³

¹ Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Doutor, João Antônio Pinto de Oliveira, IFSul, japo@sapucaia.ifsul.edu.br.

³ Engenheiro, Richard Diogo de Araujo, IFSul, richard.araujo1@gmail.com

Resumo

No processo de fabricação de cerveja, o resfriamento rápido do mosto limita a formação de compostos que conferem sabor e aroma indesejados à cerveja. Este trabalho teve o objetivo de projetar um trocador de calor para obtenção de rápido resfriamento de mosto, em um processo de fabricação de cerveja artesanal. O trabalho apresenta a metodologia usada no cálculo de um trocador de calor, com tubo em espiral montado em uma configuração casco e tubo, com uma passagem no casco e duas passagens no tubo espiral. Este trocador de calor possui baixo custo de produção e apresenta fácil montagem e desmontagem para proporcionar um processo de limpeza eficiente. Seguindo a metodologia proposta nesse trabalho, o produtor de cerveja artesanal pode configurar e montar um trocador de calor para sua produção de cerveja, aumentando o controle sobre a qualidade do processo com baixo custo e utilizando de forma consciente os recursos naturais. Os resultados dos cálculos apontaram para um trocador de calor que une as características de um trocador de bobinas helicoidais e um casco e tubo com dois passes nos tubos.

Palavras-chave: Cerveja artesanal; Trocador de Calor; Serpentina; Refrigeração.

WORT COOLING SYSTEM FOR CRAFT BEER: PART 1 - PROJECT

Abstract

In the brewing process, rapid cooling of the must limits the formation of compounds that give the beer unwanted flavor and aroma. The objective of this work was to design a heat exchanger for quick must cooling in a craft brewing process. The paper presents the methodology used in the calculation of a heat exchanger, with spiral tube mounted in a shell and tube configuration, with one passage in the shell and two passages in the spiral tube. This heat exchanger has low production cost and features easy assembly and disassembly to provide an efficient cleaning process. Following the methodology proposed in this work, the craft beer producer can configure and assemble a heat exchanger for his beer production, increasing the control over the process quality with low cost and consciously using the natural resources. The results of the calculations pointed to a heat exchanger that joins the characteristics of a coil exchanger and a shell and tube with two tube passes.

Key words: craft beer; heat exchanger; coil; refrigeration.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo geral deste trabalho é projetar o sistema de resfriamento do mosto

de cerveja artesanal.

Água, malte e lúpulo. Segundo a lei da pureza alemã, promulgada pelo Duque Wilhelm IV da Baviera de 1516, ou Reinheitsgebot, estes são os ingredientes permitidos para a fabricação de cerveja. Não se sabe como o Duque encararia hoje uma cerveja que utiliza erva mate (*Ilex Paraguariensis*), banana ou até mesmo leite na sua composição, mas sem dúvida o seu pensamento sobre a definição do que é cerveja já teria se modificado⁽¹⁾.

A Lei da Pureza visava regular a produção e comercialização da cerveja, e embora não tenha sido o primeiro documento abordando um padrão necessário para a produção, foi tão importante na época que passou a ser tomado como referência até os dias de hoje. Um ingrediente importante, o fermento, não foi incluído nesta lei já que o conhecimento sobre o produto na época não permitia tal detalhamento do processo, tendo em vista que o fermento não era considerado um componente, mas sim uma resultante do processo. O fermento era inserido por fermentações anteriores ou pela transmissão de micro-organismos pelo próprio ar⁽²⁾.

Segundo Palmer⁽³⁾, um resumo básico do processo de fabricação da cerveja seria:

1. A cevada maltada é misturada com água quente formando açúcares.
2. Esta solução de açúcar de malte é fervida com lúpulo, que confere amargor e aromas característicos.
3. A solução é resfriada e levedura é adicionada para começar a fermentação.
4. Os açúcares são fermentados pela levedura liberando CO₂, álcool etílico e outros aromas.
5. Quando se completa a fermentação, a cerveja é engarrafada sendo, então, adicionado um pouco de açúcar para ajustar a carbonatação.

Após a fase de fervura, é realizado o resfriamento rápido do mosto cervejeiro. Esta etapa poderá ser realizada por um chiller, trocador de placas, ou outro método de resfriamento. O objetivo desta etapa é reduzir a temperatura do mosto de 100°C para menos de 25°C o mais rapidamente possível, pois quanto mais tempo o mosto ficar exposto ao processo de resfriamento, maior é a probabilidade de se desenvolver sabores indesejáveis no produto, prejudicando o resultado final⁽³⁾.

A temperatura após o processo de resfriamento é importante, pois para que as leveduras possam converter os açúcares em álcool e CO₂, a temperatura deve estar abaixo de 30°C, já que acima desta temperatura as leveduras são inutilizadas. Esta temperatura é tida como uma referência máxima, já que a temperatura ideal irá depender também do tipo de cerveja que será produzida⁽⁴⁾.

Portanto, no processo de resfriamento, o mosto deverá ser resfriado da temperatura de fervura, 100°C, para a temperatura de fermentação, que irá depender do tipo de levedura. No caso das leveduras de alta fermentação este valor será no máximo 25°C (entre 17 e 24°C para cervejas Ales e 6 a 12°C para Lagers)⁽⁵⁾.

Um fator bastante importante com relação ao resfriamento do mosto está relacionado ao menor risco de contaminação. Quanto mais tempo o mosto levar para atingir a temperatura ideal de fermentação, mais propenso estará para sofrer a ação de bactérias, ou seja, maior será o risco de contaminação⁽⁶⁾.

A demora no resfriamento do mosto após a fervura acaba facilitando a contaminação e a proliferação de bactérias. Portanto, algumas medidas de proteção

são importantes para garantir a qualidade do mosto, são elas, segundo Dinslaken⁽⁶⁾:

- A redução rápida de temperatura do mosto até a temperatura necessária para o início da fermentação;
- O uso de *starts* no processo de fermentação, acelerando o desenvolvimento das leveduras, para que no momento em que sejam inoculadas no mosto já iniciem o processo de fermentação antes que leveduras selvagens possam agir;
- A higienização dos materiais, ferramentas, processo e ambiente de trabalho.

A indústria da cerveja possui métodos bastante eficientes para a redução de temperatura do mosto antes da etapa de fermentação. Porém, tais equipamentos são demasiadamente caros para um produto caseiro. Devido a isso, existem outras formas de resfriamento do mosto desenvolvidas de forma caseira⁽⁷⁾.

No resfriamento natural, a panela de fervura é deixada em repouso e resfria até a temperatura ambiente. Tal procedimento é bastante utilizado, porém não considera a necessidade de um resfriamento rápido. Este método permite a proliferação de bactérias, além de depender das condições do ambiente para alcançar uma temperatura adequada para a fermentação⁽³⁾.

Outro método é o resfriamento pela imersão da tina ou panela em um recipiente maior com água gelada. A fonte fria pode ser fornecida por pedras de gelo provenientes de um equipamento refrigerador, como um freezer ou congelador. O problema deste método é que a panela precisa ser menor do que o recipiente com a fonte fria, que pode ser uma bacia grande ou uma pia. Este fator ou exige uma produção muito pequena de cerveja ou exige um recipiente muito grande para a colocação do gelo. Além disso, este sistema resulta em desperdício de água e exige uma quantidade razoável de gelo. Também pode se salientar a dificuldade na movimentação das panelas e o tempo ou custos envolvidos na produção de gelo⁽⁸⁾.

Um dos sistemas mais utilizados na produção caseira envolve o uso de serpentinas. Neste processo um fluido frio, geralmente água em temperatura ambiente ou gelada, retira o calor do mosto. Existem duas possibilidades neste caso. Ou se efetua a passagem do líquido frio por dentro da serpentina enquanto o mosto entra em contato com a parte externa da serpentina, estando todos dentro de uma panela, ou o mosto passa por dentro de uma serpentina que está em contato com água gelada, também dentro de uma panela⁽⁸⁾.

A vantagem deste sistema é que em ambos os casos a serpentina realiza uma boa troca de calor. Por outro lado, é necessário manter a temperatura reduzida no fluido frio. Caso se utilize água gelada, deve haver um fluxo constante de água para efetuar a troca de calor. Muitos cervejeiros mantêm outro recipiente, geralmente uma caixa d'água, com água gelada, talvez com várias pedras de gelo, sendo que uma bomba movimenta água sob pressão através da serpentina. Este método é bastante eficaz, porém necessita de espaço e também um volume razoável de água, bem como uma produção grande de gelo⁽³⁾.

Nos casos em que o mosto passa pela serpentina, há o sério problema da higienização, pois cada processo faz com que se acumulem resíduos nas paredes da serpentina, além da necessidade de realizar mais de uma passagem através do equipamento até atingir a temperatura desejada. Devido a isso, alguns utilizam um sistema composto de resfriamento, com mais de uma serpentina, para garantir a temperatura necessária para a fermentação. Um limitador nestes casos é que a

mínima temperatura possível para o mosto será a temperatura da água, ou seja, caso não haja uma fonte de água gelada, dificilmente haverá uma temperatura ideal no final do processo, de menos de 24°C. Muitos cervejeiros utilizam água corrente neste processo, o que também resulta em desperdício de água⁽⁶⁾.

O trocador de calor por contrafluxo é um trocador de calor duplo tubo, por meio do qual os fluidos quente e frio trocam calor. Na maioria dos casos utilizados por cervejeiros, o fluido quente e o fluido frio se movimentam em sentido opostos no trocador, por isso é utilizado o termo contrafluxo. Este trocador pode ser montado artesanalmente através da confecção de uma serpentina coberta por uma mangueira, sendo que na serpentina circula o mosto e na parte externa da serpentina, em contato com a mangueira, é mantido um fluxo de um fluido frio, geralmente água. Uma opção neste caso é a compra do equipamento em lojas especializadas⁽⁹⁾.

Este processo é bastante eficiente, mas o fato de o mosto passar na parte interna do trocador dificulta a higienização do equipamento. Quando a água não for refrigerada, haverá um limite na temperatura mínima a ser alcançada, como ocorre em qualquer processo que use água diretamente da rede de fornecimento⁽⁶⁾.

Um sistema de resfriamento que está se tornando bastante popular é o trocador de calor de placas. O trocador de placas é considerado um trocador compacto, ou seja, foi projetado para permitir uma grande superfície de transferência de calor por unidade de volume. Esta relação é possível porque neste sistema, a área de contato entre o fluido quente e frio é maior do que nos demais métodos citados, assim, é o sistema que consegue maior eficiência na refrigeração do mosto. Devido às corrugações nas placas internas, há maior turbulência dos fluidos, diminuindo assim as incrustações⁽⁸⁾.

Um problema dos trocadores de calor do tipo placas é que os trocadores com placas removíveis são muito caros, utilizados na indústria para a produção de grandes volumes de cerveja. Os trocadores de placas geralmente utilizados na produção caseira são do tipo de placas brasadas. Estes trocadores são compostos por placas finas de aço inox18 corrugadas e unidas pelo processo de brasagem em cobre ou aço inox. Diferente dos trocadores com placas removíveis, estes não possuem vedações internas e sua abertura não é possível. Devido a isso, resíduos do processo de produção podem ficar presos no interior do trocador de calor. A higienização se torna bastante difícil, só sendo possível pelo uso de produtos químicos⁽¹⁰⁾.

No chiller de imersão o mosto passa externamente ao tubo refrigerado. A desvantagem deste trocador é a quantidade de água desperdiçada no processo, já que geralmente se utiliza água diretamente da rede de fornecimento da torneira para o resfriamento. Alguns produtores artesanais utilizam uma grande quantidade de água com gelo, o que ajuda no fornecimento de água em temperatura inferior, mas também envolve água da rede⁽³⁾.

Outra questão importante envolve os materiais utilizados no processo de produção de cerveja. O “zinabre” provocado pela oxidação do cobre é facilmente absorvido pelo nosso organismo, por ingestão ou mesmo contato com a pele, e é altamente tóxico, causando danos ao fígado, problemas dermatológicos e neurológicos. As soldas realizadas em tubos de cobre também podem ser prejudiciais à saúde. Além disso, segundo alguns cervejeiros, tubulações de cobre no processo de produção de cerveja podem resultar em *off-flavors* que remetem à presença do metal. Devido a estes fatores, não é recomendado o uso do cobre para refrigeração em contato direto com alimentos. A indústria alimentícia em geral utiliza trocadores de

calor em inox, ou até mesmo alumínio⁽⁸⁾.

Os trocadores de calor do tipo bobinas helicoidais, também conhecidas como serpentinas, são muito utilizados em processos envolvendo a refrigeração de alimentos. Para um trocador com duplo tubo helicoidal, testes obtiveram coeficientes globais cerca de 20% maiores que os calculados para tubos retos usando-se as mesmas velocidades para o escoamento⁽¹¹⁾.

O trocador de calor casco e tubo é composto por um casco cilíndrico contendo um conjunto de tubos, colocado paralelamente ao eixo longitudinal do casco. Neste tipo de trocador, um dos fluidos escoará pelo interior dos tubos e outro por fora dos tubos. O trocador de calor casco e tubo é muito utilizado na indústria química em razão de sua ampla faixa de uso, podendo ser utilizado em qualquer aplicação, em amplas faixas de vazão, temperatura e pressão. Pode ser construído com diferentes materiais, o que permite sua utilização até mesmo com fluidos corrosivos, além de poder ser montado na posição horizontal ou vertical. Além disso, este trocador pode ser montado em configurações com maior número de passes nos tubos, sendo denominado pelo número de passagens no casco e no tubo. Um trocador do tipo casco e tubo 1-2 possui uma passagem pelo casco e duas passagens pelo lado tubo. Quando comparado com um trocador casco tubo 1-1, com uma passagem pelo casco e uma pelo tubo, pode-se ter um trocador com menor volume⁽¹²⁾.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para dimensionar de sistema de resfriamento para o mosto da cerveja artesanal foi necessário estudar e compreender os diversos métodos de refrigeração de mosto de cerveja, selecionar os métodos mais adequados para fabricação de cerveja artesanal e avaliar os métodos selecionados, em função dos seguintes fatores: capacidade em alcançar os valores de temperatura necessários para o resfriamento correto da cerveja; custo adequado para o produtor artesanal; e utilização consciente de recursos (água e energia elétrica).

2.1 Definição do tipo de resfriador

O projeto foi definido como um sistema de trocador de calor de fácil desmontagem para limpeza, com chiller em alumínio, com o mosto na parte externa do tubo utilizando água em baixa temperatura, proveniente de um sistema de água gelada. Pelo seu baixo custo e maior facilidade de manuseio e conformação o alumínio foi o material utilizado para a confecção do trocador de calor.

Sendo assim, este sistema tem como vantagem o baixo custo de produção, a facilidade de limpeza e o uso consciente de água.

2.2 Definição dos parâmetros de projeto

A escolha do projeto foi baseada no trocador de calor desenvolvido por Gerhardt⁽¹³⁾, mesclando características de um trocador de calor de bobinas helicoidais e um trocador de calor casco e tubo com duas passagens nos tubos e uma passagem no casco, já que este trocador de calor atende as especificações desejadas de limpeza e custo. Para o início dos cálculos do trocador de calor, foi seguida a metodologia descrita na Figura 1.

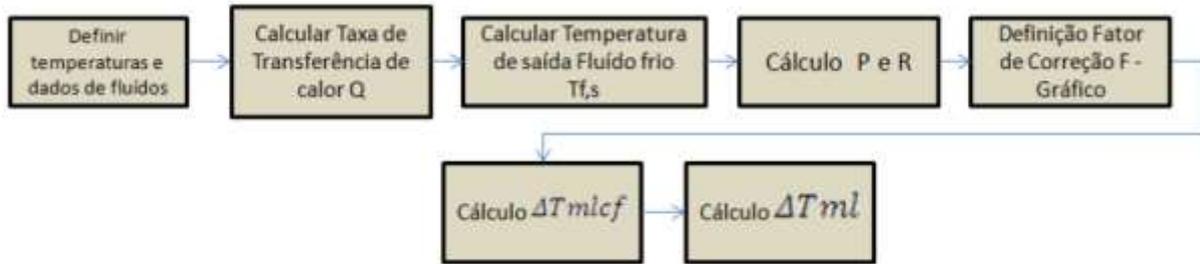


Figura 1: Metodologia cálculos iniciais.

O primeiro passo foi estabelecer a temperatura desejada para a saída do fluido quente, bem como as temperaturas definidas de entrada do fluido quente e frio. Com base nestes valores, foram levantadas as propriedades termofísicas da água saturada, utilizando-se os mesmos dados para o mosto quente, considerando a sua densidade como igual a da água para fins de cálculo. O cálculo da taxa de transferência de calor, por meio dos dados do mosto quente, permite encontrar, também, a temperatura de saída do fluido frio, valor que será fundamental para os cálculos posteriores⁽¹⁴⁾.

O método de cálculo da diferença de temperatura média foi desenvolvido com base em trocadores de calor duplo tubo, sendo também utilizados para trocadores casco e tubo com o mesmo número de passes no caso e no tubo, por exemplo, 1-1, 2-2, e assim por diante⁽¹²⁾.

No caso de um trocador de calor com dois passos nos tubos e um no casco, o escoamento não é totalmente contracorrente, o que torna necessário o uso do fator F, que tem o objetivo de corrigir os cálculos, já que a diferença média de temperatura será menor do que em um escoamento em contracorrente. O fator F depende do tipo de trocador, número de passagens e temperaturas, sendo calculado com o uso de P e R, que são valores levantados através das razões entre as temperaturas dos fluidos. Com os valores de P e R, se recorre ao gráfico característico do trocador para a definição do valor do fator F⁽¹⁴⁾.

Para a parametrização dos tubos do trocador, é necessário definir o diâmetro do tubo que será utilizado no protótipo, conforme o diagrama mostrado na Figura 2. O cálculo do número de Reynolds define o nível de turbulência no escoamento do fluido nos tubos, e junto com o fator de atrito (f), é fundamental para o cálculo do número de Nusselt, que oferece uma medida de transferência de calor por convecção. Para o cálculo do coeficiente de transferência de calor por convecção nos tubos (h_i), é necessário calcular o número de Nusselt para tubos helicoidais, por meio de correlação⁽¹¹⁾.

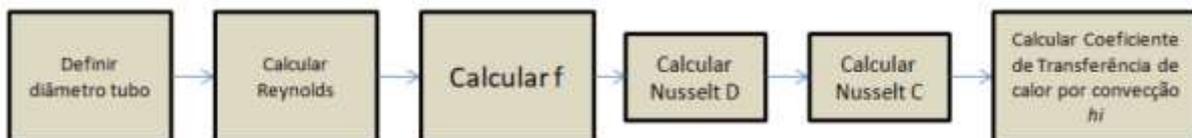


Figura 2: Diagrama cálculo tubos

Para a definição do casco, é preciso escolher as dimensões internas do trocador de calor, incluindo as distâncias entre os tubos e a área livre para passagem do fluido no casco, o que possibilitará o cálculo do diâmetro equivalente (Figura 3). O número de Reynolds irá definir se o escoamento será turbulento na parte do casco. Com estes valores pode-se calcular o número de Nusselt e o coeficiente de

transferência de calor por convecção na parte do casco, ou seja, o he externo aos tubos⁽¹¹⁾.

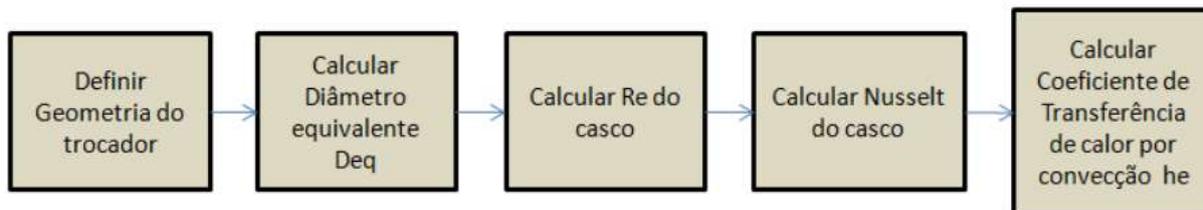


Figura 3: Diagrama cálculos do casco.

Após a obtenção dos valores iniciais, valores relativos aos tubos e relativos ao casco, é possível calcular o coeficiente global de transferência de calor do trocador, a área total dos tubos e, sabendo-se o diâmetro do tubo, tem-se o comprimento total do tubo (Figura 4).

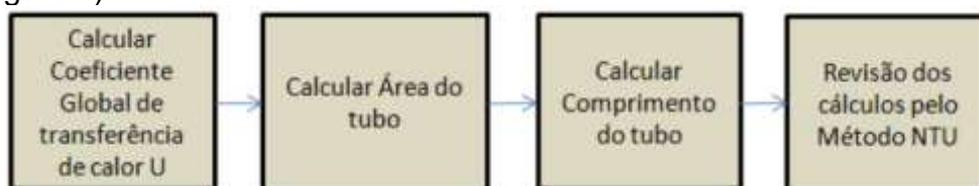


Figura 4: Diagrama para cálculo geral para o trocador.

Após o cálculo do ΔT_{mlcf} , a diferença de temperatura média logarítmica, realizou-se a reavaliação do trocador de calor por meio do método da efetividade - NTU. Com estes valores definidos e calculados, pôde ser encaminhado o processo de montagem do equipamento propriamente dito⁽¹⁴⁾.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seguindo os diagramas apresentados na metodologia, foram realizados os cálculos para a definição dos fatores fundamentais para a configuração do trocador de calor.

3.1 Cálculos iniciais

Definiu-se a temperatura da água em 2°C, fornecida por uma central de água gelada aproveitada de um freezer antigo, com reservatório de 50 litros. Este valor foi estabelecido visando a produção de cerveja Lager, conforme Tabela 2, porque este tipo de cerveja necessita de uma temperatura menor para a fermentação⁽¹⁵⁾. Atingiu-se a vazão de 0,1kg/s com uma bomba universal para máquinas de lavar louça. A capacidade máxima de vazão mássica da bomba, medida na prática por meio de uma proveta de 1.000ml e um cronômetro, foi de 0,5kg/s. A fim de realizar um bom aproveitamento dos 50 litros de água gelada, limitou-se a vazão em 0,1kg/s.

Tabela 1: Propriedades da água saturada⁽¹⁴⁾.

PROPRIEDADES ÁGUA SATURADA					
PROPRIEDADE	UNIDADE	SIMB.	MOSTO	SIMB.	ÁGUA
Temperatura Entrada	°C	Tq,e	85	Tf,e	2
Temperatura Saída	°C	Tq,s	12	Tf,s	Calcular
Calor específico	J/kg.K	Cpq	4.203	Cpf	4.211
Prandtl	Adimensional	Pr	2,02	Pr	12,22
Viscosidade	$\mu \times 10^{-6} \text{Ns/m}^2$	μ	324	μ	1.652
Vazão mássica	m kg/s	m q	0,025	m f	0,1
Condutividade térmica	$k \times 10^{-3} \text{W/m.K}$	k	674	k	574

A Tabela 1 mostra a definição das temperaturas do mosto de cerveja e da água

refrigerada, disponíveis para o trocador de calor, bem como as propriedades termofísicas dos dois fluidos nas temperaturas definidas⁽¹⁴⁾. Estes valores foram utilizados nos cálculos descritos no trabalho.

Utilizando os dados da Tabela 1, encontra-se o calor transferido pelo mosto, por meio da Equação 1⁽¹⁴⁾.

$$Q = \dot{m}_q \cdot C_{p,q} \cdot (T_{q,e} - T_{q,s})$$

$$Q = 7670,47W$$

Com o calor trocado pelo mosto sendo considerado igual ao calor transferido pela água, pode-se calcular a temperatura de saída da água na Equação 2⁽¹⁴⁾.

$$Q = \dot{m}_f \cdot C_{p,f} \cdot (T_{f,s} - T_{f,e})$$

$$T_{f,s} = 20,21^\circ C$$

Assim que conhecidos todos os valores de temperatura dos fluidos no trocador de calor, calculou-se o fator F do equipamento, que serve como correção do ΔT_{lm} , como detalhado nas Equações 3 e 4⁽¹⁴⁾.

$$P = \frac{(T_{f,s} - T_{f,e})}{(T_{q,e} - T_{f,e})}$$

$$P = 0,219$$

$$R = \frac{(T_{q,e} - T_{q,s})}{(T_{f,s} - T_{f,e})}$$

$$R = 4,008$$

Com os valores de P e R, se utiliza o gráfico da Figura 5 para a definição do fator de correção F. Cada tipo e configuração de trocador de calor possui um diferente gráfico para definição do fator de correção F. No caso proposto, o gráfico é relacionado ao trocador de calor de casco e tubo, com dois passes nos tubos. Traçando-se uma reta a partir do valor de P, perpendicular ao eixo x da Figura 5, até tocar a curva R com o valor calculado na Equação 4, pode se encontrar o valor do fator F, traçando uma reta entre esta interseção e o eixo y.

$$\text{Fator } F = 0,63.$$

Realizaram-se várias simulações, com diferentes parâmetros de entrada dos fluidos, para a determinação dos valores definitivos, buscando garantir que fosse possível a determinação do fator F. A Tabela 2 mostra que nem todos os valores de temperaturas e vazões puderam ser considerados para a utilização como parâmetros de projeto, já que não foram encontrados valores de P e R compatíveis, mostrando que, para tais valores de temperatura e vazão, não seria possível garantir a eficiência do trocador de calor. Assim sendo, foi escolhida a simulação 1 para a definição dos parâmetros de projeto.

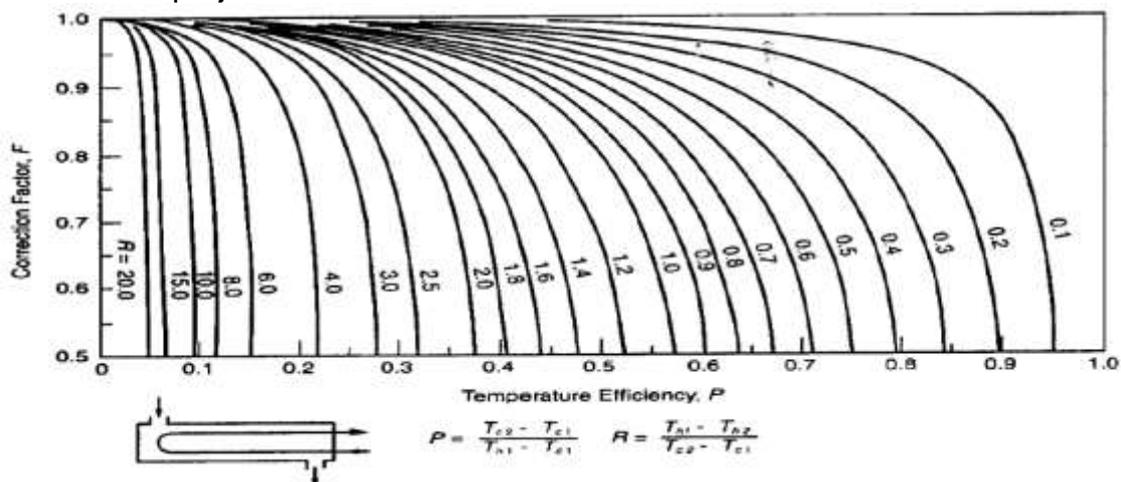


Figura 5: Gráfico Correção Fator F⁽¹¹⁾.

Tabela 2: Simulação do fator F para diferentes parâmetros de projeto.

PROPRIEDADE	SÍMBOLO	UNIDADE	SIMULAÇÃO 1	SIMULAÇÃO 2	SIMULAÇÃO 3	SIMULAÇÃO 4	SIMULAÇÃO 5
Vazão Mássica Mosto	<i>m</i> _{iq}	Kg/s	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Vazão Mássica Água	<i>m</i> _{if}	Kg/s	0,1	0,05	0,05	0,05	0,1
Temperatura Entrada Mosto	T _{q,e}	°C	85	85	85	85	85
Temperatura Saída Mosto	T _{q,s}	°C	12	12	22	7	10
Temperatura Entrada Água	T _{f,e}	°C	2	7	2	2	2
Temperatura Saída Água	T _{f,s}	°C	20,22	43,43	33,28	40,88	20,71
Calor Específico Água	C _p	J/(kg K)	4.211	4.211	4.211	4.211	4.211
Calor Específico Mosto	C _p	J/(kg K)	4.203	4.203	4.181	4.198	4.203
Taxa de transferência de calor mosto	Q	W	7.670,48	7.670,48	6.585,08	8.186,10	7.880,63
Taxa de transferência de calor água	Q	W	7.670,48	7.670,48	6.585,08	8.186,10	7.880,63
Índice P	P	ADIMENSIONAL	0,219	0,467	0,377	0,468	0,225
Índice R	P	ADIMENSIONAL	4,008	2,004	2,014	2,006	4,008
Fator de correção F (Gráfico)	F	ADIMENSIONAL	0,63	Não fecha	0,55	Não fecha	Não fecha
Capacidade água gelada		litros	50	50	50	50	50
Tempo de refrigeração	T	minutos	8,333	16,667	16,667	16,667	8,333
Quantidade Mosto Refrigerado		litros	12,5	25	25	25	12,5

Em função das simulações realizadas anteriormente, foram definidos os parâmetros de projeto, descritos na Tabela 3.

Tabela 3: Parâmetros de projeto.

PARÂMETROS DE PROJETO			
PROPRIEDADE	SÍMBOLO	UNIDADE	VALOR
Vazão Mássica Mosto	<i>m</i> _{iq}	kg/s	0,025kg/s
Vazão Mássica Água	<i>m</i> _{if}	kg/s	0,100kg/s
Temperatura Entrada Mosto	T _{q,e}	°C	85°C
Temperatura Saída Mosto	T _{q,s}	°C	12°C
Temperatura Entrada Água	T _{f,e}	°C	2°C
Temperatura Saída Água	T _{f,s}	°C	20,21°C

Com a definição destes valores, o próximo passo foi determinar o ΔT_{mlcf} , conforme a Equação 5⁽¹⁴⁾.

Conforme já abordado, se faz necessária a correção do ΔT_{ml} , multiplicando-se o valor do ΔT_{mlcf} pelo fator F, de valor 0,63, alcançado por meio do gráfico da Figura 5. O valor corrigido está exposto na Equação 6⁽¹⁴⁾.

$$\Delta T_{mlcf} = \frac{((T_{q,e} - T_{f,s}) - (T_{q,s} - T_{f,e}))}{\ln \frac{(T_{q,e} - T_{f,s})}{(T_{q,s} - T_{f,e})}} \quad \Delta T_{ml} = F \cdot \Delta T_{mlcf} = 18,47$$

$$\Delta T_{ml} = 18,47^\circ C$$

$$\Delta T_{mlcf} = 29,32^\circ C$$

3.2 Cálculos Tubo

Definidos os parâmetros de projeto, foi escolhido o uso de um tubo de 1/2 polegada, com um diâmetro interno (D_i) de 9,85mm. Com este valor, os dados da Tabela 3 e a viscosidade da água fria da Tabela 6 (μ_i) foi calculado o Reynolds, para definir o quão turbulento é o escoamento por dentro dos tubos, conforme descrito na Equação 7.

O coeficiente de atrito f é calculado através da correlação de Petrukov, sendo necessário para a determinação do número de Nusselt dos tubos (Equação 8).

$$Red = \frac{4 \cdot \dot{m} f}{\pi \cdot D_i \cdot \mu_i} \quad f = (0,790 \cdot \ln Red - 1,64)^{-2}$$

$$Red = 7824,64 \quad f = 0,03376$$

Com o valor do coeficiente de atrito f calculado, o número de Reynolds e o Prandtl (Pr) da Tabela 2 para a água fria, o Nusselt foi obtido através da correlação de Gnielinski. Essa correlação, descrita na Equação 9, pode ser utilizada para valores de Reynolds iguais ou maiores de 3000 e menores ou iguais a e Prandtl entre valores iguais ou maiores de $0,5 \times 10^6$ até menores ou iguais a 2000.

$$Nud = \frac{\left(\frac{f}{8}\right) \cdot (Red - 1000) \cdot Pr}{1 + 12,7 \left(\frac{f}{8}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot (Pr^{\frac{2}{3}} - 1)}$$

$$Nud = 77,32$$

O passo seguinte foi definir os valores de a (raio do tubo), e r (raio do helicóide), que estão relacionados com as dimensões do trocador (Figura 6).

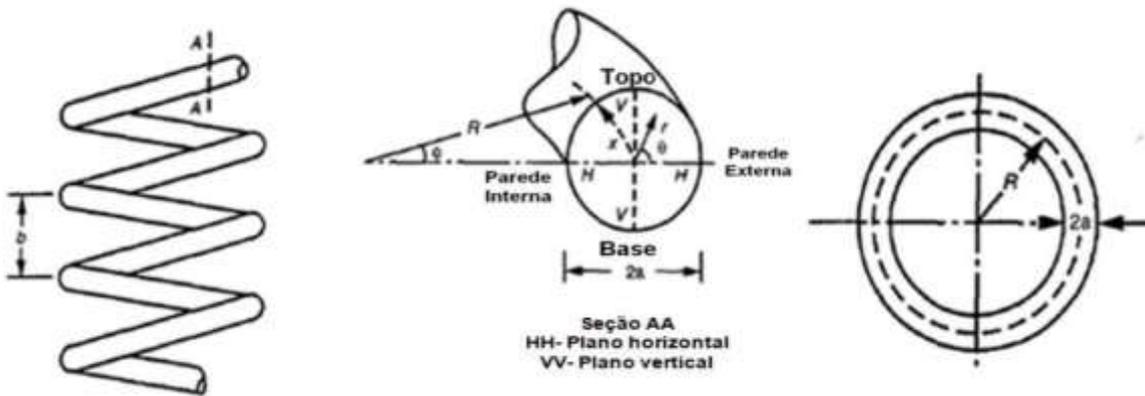


Figura 6: Dimensões bobinas helicoidais⁽¹¹⁾.

Como o trabalho foi desenvolvido unindo-se as características de um trocador de bobinas helicoidais e um casco e tubo com dois passes nos tubos, o raio do helicóide foi definido como o raio do diâmetro médio do trocador, medido entre os dois tubos (Figura 7). Foi também seguido o estilo de montagem de Gerhardt⁽¹³⁾, com um espaçador de 43mm de diâmetro como espaçador entre os tubos.

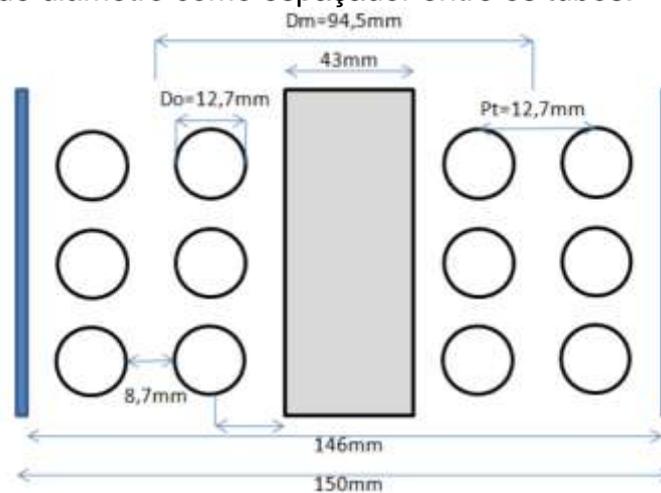


Figura 7: Configuração interna trocador de calor.

Segundo Gerhardt⁽¹³⁾, para o número de Nusselt utilizado no cálculo de trocadores de calor helicoidais, é necessário seguir a correlação de Pratt (Equação

10), descrita por Kakaç⁽¹¹⁾, para Reynolds entre $1,5 \times 10^3$ e 2×10^4 , utilizando os valores projetados para a e r (Tabela 4).

Tabela 4: Dados bobinas helicoidais.

DADOS BOBINAS HELICOIDAIS			
PROPRIEDADE	SÍMBOLO	UNIDADE	VALOR
Diâmetro Externo	Do	mm	12,7
Diâmetro Interno	Di	mm	9,85
Raio Diâmetro Externo	a	m	$6,35 \times 10^{-3}$
Raio Diâmetro Médio Helicóides	r	m	$47,25 \times 10^{-3}$
Distância entre centro tubos	Pt	m	$21,4 \times 10^{-3}$

Com esses valores e o de Nuc, é possível calcular o coeficiente interno de transferência de calor por convecção hi (Equação 11).

$$\frac{Nuc}{Nud} = 1 + 3,4 \frac{a}{r} \quad hi = Nuc \cdot \frac{k}{Di}$$

$$Nuc = 112,65 \quad hi = 6564,58 \text{ W}/(m^2K)$$

3.3 Equações para o casco

Para o dimensionamento da parte externa do trocador, ou seja, o casco, foram seguidas as orientações de Gerhardt⁽¹³⁾, que realizou ajustes na configuração baseado em Kakaç⁽¹¹⁾.

O primeiro passo foi calcular o Deq, diâmetro equivalente, por meio dos dados projetados para o trocador (Tabela 4).

A definição do número de Reynolds possibilitou descrever o tipo de escoamento que haverá na parte do casco do trocador de calor (Equação 13). A vazão mássica do fluido quente, de 0,025kg/s e a viscosidade do fluido quente (μ), de 324×10^{-6} Ns/m², são oriundas da Tabela 1.

$$Deq = \frac{4 \cdot \left(Pt^2 - \frac{\pi Do^2}{4} \right)}{\pi Do} \quad Recasco = \frac{4 \cdot \dot{m}q}{\pi \cdot Deq \cdot \mu}$$

$$Deq = 0,01943mm \quad Recasco = 5056,29$$

Da mesma forma seguida nos cálculos da parte interna do trocador de calor, foi necessário calcular o número de Nusselt, neste caso por meio da correlação empírica proposta por Hilpert (Equação 14), válida para Prandtl igual ou maior de 0,7⁽¹⁴⁾.

Para definir os valores das constantes C e m, dependentes do número de Reynolds e que influenciam o valor do número de Nusselt do casco, foi utilizada a Tabela 5. Como o número de Reynolds para o casco foi de 5.056,29, o valor de C é de 0,193 e m é 0,618. Valor de Pr para o mosto foi retirado da Tabela 3.

Tabela 5: Constantes para a equação 14⁽¹⁴⁾.

CONSTANTES PARA O CILINDRO CIRCULAR EM ESCOAMENTO CRUZADO		
Recasco	C	m
0,4 - 4	0,989	0,33
4 - 40	0,911	0,385
40 - 4.000	0,683	0,466
4000 - 40.000	0,193	0,618
40.000 - 400.000	0,027	0,805

Com estes valores, é possível calcular o coeficiente externo de transferência de calor por convecção he, ou seja, para a parte do casco (Equação 15).

$$Nucasco = C \cdot Re_{casco}^m \cdot Pr^{1/3} \quad he = Nucasco \cdot \frac{k}{Deq}$$

$$Nucasco = 47,45 \quad he = 1631,92 \text{ W}/m^2 \cdot K$$

Com os valores dos coeficientes de transferência de calor por convecção interno e externo, foi calculado o coeficiente global de transferência de calor (Equação 16). Os valores de resistência térmica não foram considerados para o cálculo, pois para trocadores de calor com paredes finas e materiais com elevados valores de condutividade térmica, como o alumínio, estes valores são desprezíveis⁽¹³⁾.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \quad U = 1316,59 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

3.4 Cálculos gerais trocador

Após a definição do coeficiente global de transferência de calor, foi realizado o cálculo para a definição do comprimento da serpentina do trocador de calor (Equação 17), utilizando os valores levantados anteriormente. Calculou-se o C do fluido quente (Equação 18). Portanto, o menor valor de C é considerado como C_{mín}. Por meio deste valor pode se calcular a máxima transferência de calor possível (Equação 19)⁽¹⁴⁾.

$$L = \frac{Q}{U \cdot \pi \cdot D_o \cdot \Delta T m_l} \quad C_q = \dot{m}q \cdot C_p, q \quad Q_{\text{máx}} = C_{\text{mín}}(T_{q, \text{ent}} - T_{f, \text{ent}})$$

$$L = 7,9\text{m} \quad C_q = 105,07 \quad Q_{\text{máx}} = 8721,22\text{W}$$

Com os valores de C_{máx} e C_{mín} calculados, foi possível calcular os índices Cr (Equação 20) e o NUT (Equação 21), dados fundamentais para a definição da efetividade do trocador.

$$Cr = \frac{C_{\text{mín}}}{C_{\text{máx}}} \quad Cr = 0,249 \quad NUT = \frac{U \cdot A}{C_{\text{mín}}} \quad NUT = 3,97$$

Com os valores de NTU e C_{mín}/C_{máx}, foi utilizado o gráfico de efetividade para o trocador de calor de um passe no casco e dois passes nos tubos (Figura 8). De acordo com o gráfico, a efetividade ε é aproximadamente 88%.

Com o valor da efetividade foi possível calcular a taxa de transferência de calor possível pelo método da efetividade – NTU, em função das temperaturas (Equação 22).

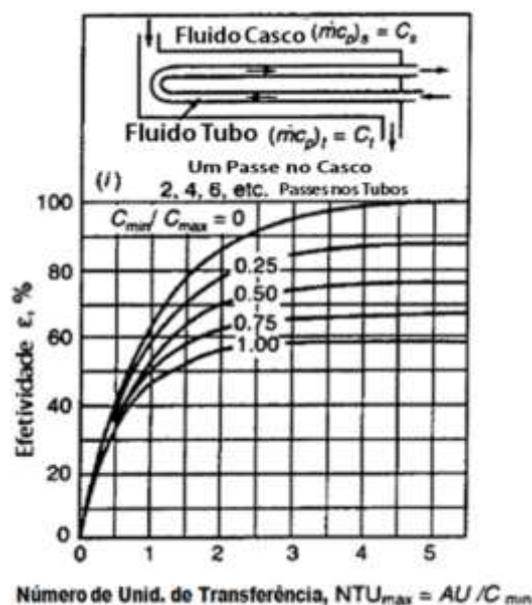


Figura 8: Gráfico Efetividade trocador⁽¹¹⁾.

Com o máximo valor de Q obtido, foi calculada a taxa de transferência de calor em função da eficiência do trocador (Equação 23).

Sabendo-se a taxa de transferência de calor real, obteve-se a temperatura de saída do fluido frio (Equação 24), em função da temperatura de entrada, da taxa de transferência de calor calculada, da vazão mássica e do calor específico da água na temperatura de entrada.

$$Q_{\max} = C_{\min}(T_{q,e} - T_{f,e}) \quad Q = \varepsilon \cdot Q_{\max} \quad T_{f,sai} = T_{f,ent} + \frac{Q}{\dot{m}_f C_{p,f}}$$

$$Q_{\max} = 8721,21W \quad Q = 7670,47W \quad T_{f,sai} = 20,21^{\circ}C$$

A temperatura de saída do fluido frio calculada foi de 20,21°C. Portanto, tendo em vista que a temperatura de entrada do fluido frio foi definida em 2°C, a variação de temperatura calculada foi de 18,21°C.

4 CONCLUSÃO

O objetivo geral do trabalho foi alcançado, pois foi desenvolvido o projeto de um trocador de calor para resfriamento do mosto de cerveja artesanal.

O trabalho também apresentou o sistema de produção da cerveja artesanal, destacando seus procedimentos principais e fatores importantes que definem a qualidade do produto final. Por meio do estudo destes procedimentos se compreendeu a importância do resfriamento rápido do mosto. O estudo trouxe os principais métodos de resfriamento utilizados para cerveja artesanal. Estes métodos foram avaliados por meio da bibliografia e selecionados os métodos mais adequados, quando foi definido que o trocador escolhido seria uma união entre um trocador de bobinas helicoidais e um trocador de calor casco e tubo com dois passes no tubo e um no casco. O próximo passo planejado foi a elaboração dos cálculos do sistema, sendo que a metodologia foi montada em diagrama de blocos para facilitar o entendimento e compreensão dos passos necessários.

O diâmetro externo dos tubos helicoidais foi definido como sendo 12,7mm e o comprimento obtido em 15m com espigão de 43mm de diâmetro como espaçador entre os tubos. O diâmetro externo do casco foi calculado como sendo 150mm e o comprimento do trocador em 550mm.

REFERÊNCIAS

- 1 BECK, M. “Mitos e fator da Reinheitsgebot – Lei da pureza alemã”, 2016. Disponível em: <<http://blogs.oglobo.globo.com/doi-dedos-de-colarinho/post/mitos-fatos-da-reinheitsgebot-lei-de-pureza-da-cerveja-alema-565400.html>> Acesso em: Set. 2019.
- 2 CRESCENTI, M. “O que determina uma boa cerveja? ‘Lei da pureza’ alemã completa 500 anos”, 2016. Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2016/01/160119_500_anos_lei_cerveja_alemanha_rb> Acesso em: Set. 2019.
- 3 PALMER, J.J., “How to Brew”, Brewers Publications, 3a ed., 2006.
- 4 SILVA, D. “A importância da fervura do mosto”, 2016. Disponível em: <<http://www.condadodacerveja.com.br/a-importancia-da-fervura-do-mosto/>> Acesso em: Set. 2019.
- 5 REIS, I. “Terceira dica”, 2013. Disponível em: <<http://cervejologia.blogspot.com.br/2013/06/4-dica.html>> Acesso em: Set. 2019.
- 6 DINSLAKEN, D. “DMS”, 2017. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/2017/02/15/dms/>> Acesso em: Set. 2019.

- 7 CETESB. “Cervejas e refrigerantes”, 2005. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL, Cervejas e refrigerantes, CETESB, São Paulo, 2005- 60p
- 8 SILVA, J. “Análise de um trocador de calor tipo serpentina de uma planta de hipoclorito de sódio”. 49p. Tese (Graduação). Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2016.
- 9 BODEN, H. “Envase”, 2016. Disponível em <<http://www.cervejahrenrikboden.com.br/envase/>> Acesso em 13 out. 2017.
- 10 BERMO, 2017. “Trocadores de calor a placas brasadas”, 2017. Disponível em: <<http://www.bermo.com.br/categoria-produto/trocadores-de-calor-a-placas/>> Acesso em: Set. 2019.
- 11 KAKAÇ, S., LIU, H., 2002.”Heat exchangers, Selection, Rating, and Thermal Design”, CRC Press, New York
- 12 ARAUJO, E. “Trocadores de calor”. 1a ed. Edufscar, 2014.
- 13 GERHARDT, F. “Desenvolvimento de um trocador de calor desmontável para o resfriamento do mosto de cerveja artesanal”. 102p. Tese (Graduação). Centro Universitário Univates, 2017.
- 14 INCROPERA, F.P.; DE WITT, D.P.; BERGMAN, T. “Fundamentos de transferência de calor e massa”, 6 a Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- 15 PARADA, A. “Produção de cerveja artesanal”, 2011. Disponível em: <<https://cervejaartesanalesaopaulo.com.br/producao-de-cerveja-artesanal>> acesso em 01 out. 2017.

MEDIDOR DE ENERGIA PARA MÁQUINAS USANDO ARDUINO: MELHORIAS APLICADAS

De Barba Jr., D. J.¹

Bork, C. A .S.²

Weber, L. O.³

¹ *Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.*

¹ *Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Engenheiro, Lucas Otaner Weber, IFSul.lucasoweber@gmail.com.*

Resumo

O custo da energia elétrica do Brasil, além de ser alto, também oscila e sofre grandes aumentos, devido às condições naturais, já que é dependente da geração de energia das hidrelétricas, e também das altas cargas tributárias. Com isso, para se manter competitiva, a indústria deve, fundamentalmente, criar um plano para melhorar sua eficiência energética e isso está diretamente relacionado ao monitoramento do consumo de eletricidade de suas máquinas. A criação de um equipamento capaz de medir o consumo de energia elétrica, de baixo custo, acessível e de fácil manuseio foi o objetivo desse trabalho. Foi utilizada a plataforma Arduino, junto com um sensor de corrente não invasivo, para criar o medidor de corrente. Além disso, é possível visualizar o consumo da máquina *online*, em qualquer navegador de internet. Por último, os dados foram comparados com um medidor comercial para avaliar confiabilidade aos resultados, sendo estes satisfatórios. Dessa forma, foi possível criar um medidor com baixo custo e com alta eficiência na coleta de dados sobre consumo de energia elétrica de máquinas.

Palavras-chave: Eficiência energética, medidor de corrente, Arduino.

ENERGY METER FOR MACHINES USING ARDUINO: APPLIED IMPROVEMENTS

Abstract

The cost of electricity in Brazil, besides being high, also fluctuates and undergoes large increases due to natural conditions, as it is dependent on the power generation of the hydroelectric dams, as well as the high tax burdens. Thus, to remain competitive, industry must fundamentally create a plan to improve its energy efficiency and this is directly related to monitoring the electricity consumption of its machines. The creation of a device capable of measuring low-cost, affordable and easy-to-use electricity consumption was the objective of this article. The Arduino platform, along with a non-invasive current sensor, was used to create the current meter. In addition, it is possible to view machine consumption online in any web browser. Finally, the data were compared with a commercial meter to assess the reliability of the results, which were satisfactory. Thus, it was possible to create a meter with low cost and high efficiency in collecting data on electrical energy consumption of machines.

Key words: Energy Efficiency; Current Meter; Arduino.

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira, que é a representação do conjunto de fontes disponíveis para geração de energia elétrica, é constituída por 82% de fontes renováveis, isso porque grande parte da eletricidade gerada no Brasil é oriunda da força hídrica, eólica e de biomassa. Já no restante do mundo, fontes renováveis representam apenas 23%. Isso é bom para o Brasil porque o custo de operação das usinas de fontes renováveis é menor e geram menos poluentes⁽¹⁾. Entretanto, o Brasil ocupa a sexta posição no ranking de tarifa de energia elétrica mais cara do mundo⁽²⁾. Um dos motivos desse alto custo são as grandes cargas tributárias envolvidas⁽³⁾.

Como a principal fonte energética do Brasil é hidrelétrica, acaba sendo totalmente dependente desta para a geração de energia. Por um lado, isso é positivo, sendo ela uma fonte renovável e de baixo custo, mas por outro, visto que grande parte das usinas não opera com grandes reservatórios e depende do volume de água dos rios, o custo é diretamente dependente dessa situação natural, aumentando em épocas de menor volume de água⁽⁴⁾.

Entre 2013 e 2017, o custo médio da energia elétrica para a indústria no Brasil subiu cerca de 80%. Esse grande aumento impacta de forma negativa nos custos das empresas que dependem da energia elétrica para produzir e, não conseguindo repassar o aumento para o consumidor final, acabam fechando suas fábricas⁽⁵⁾.

A energia elétrica é utilizada como principal fonte de energia por 79% das empresas do Brasil e pode representar mais da metade do custo, dependendo do tipo de produção. Dessa forma, a competitividade da indústria brasileira dentro do próprio território é afetada, diretamente, pelo custo desse insumo⁽⁴⁾.

Um exemplo da dependência do custo da energia elétrica para a composição final do preço de venda é o setor de alumínio. No começo desse século, o custo da eletricidade representava em torno de 26,7% do valor total de produção do alumínio primário. Em 2016, esse percentual subiu para 70%. Esse aumento fez a competitividade do setor cair tanto que cinco plantas foram forçadas a fechar, reduzindo a representação do setor na economia que hoje é de 5% no mundo⁽⁶⁾.

Nos últimos anos, a taxa de cobrança do consumo de energia elétrica vem sofrendo grandes aumentos e esses reajustes impactam no valor de produção de qualquer produto industrializado. Entretanto, ainda é um desafio para a indústria mensurar, com precisão e baixo custo, o consumo de energia elétrica que cada peça demanda para ser produzida. O desenvolvimento de um instrumento de baixo custo, capaz de monitorar esse consumo, armazená-lo em uma plataforma *online* e apresentá-lo de forma intuitiva, auxilia na solução deste problema.

O grande aumento do custo da energia elétrica no Brasil é uma variável que está fora de controle das indústrias. Em alguns casos, o maior custo de produção de determinada peça é o consumo de energia, sendo fundamental o controle dos gastos para a precificação final. Além disso, o primeiro passo para se ter um controle do consumo, buscando uma eficiência energética maior, é o monitoramento individual das máquinas.

A eficiência energética é um termo adotado para indicar uma razão que relaciona o efeito energético útil com o consumo de energia total⁽⁷⁾. Assim sendo, aperfeiçoar a eficiência energética é garantir que o recurso será utilizado com menos desperdícios, aumentando o valor da razão. No contexto industrial, esse aumento

impacta, diretamente, no desenvolvimento sustentável da empresa, tanto no aspecto econômico, quanto no aspecto ambiental e social⁽⁸⁾.

Principalmente em países em desenvolvimento, é fundamental o incentivo a pesquisas e a busca de novas tecnologias que contribuam para o crescimento da eficiência energética. Além disso, políticas atrativas para as empresas, a pulverização das ideias do desenvolvimento sustentável, tecnologias e instrumentos acessíveis serão peças chave para a transformação do mercado⁽⁹⁾.

A criação de um medidor de energia elétrica para máquinas já existe com protótipos de baixo custo que funcionam de forma precisa e confiável. Entretanto, a aquisição dos dados integrada com sistemas *online*, tendo um baixo custo e uma fácil instalação, ainda é um desafio para a indústria, sendo proposto como melhoria em alguns sistemas de aquisição⁽¹⁰⁾.

Para a aquisição de dados, existem duas maneiras distintas de medir o consumo energético: utilizando totalizadores de consumo ou sistemas de gerenciamento de energia. Os totalizadores de consumo são utilizados para medir e acumular durante um período a utilização total de energia elétrica, geralmente feita mês a mês. No que diz respeito à eficiência energética, esse equipamento auxilia no acompanhamento global dos resultados, mas não é capaz de indicar pontos críticos e, por isso, não colabora diretamente para o aumento da eficiência⁽¹¹⁾.

Já os sistemas de gerenciamento energético são capazes de medir o consumo de energia instantâneo, com o auxílio de instrumentos de medição, tendo também a capacidade de fazer diversas medições durante o período, sendo elas em horários de pico ou não. Dessa forma, é possível identificar pontualmente situações críticas e de melhoria. Sendo assim, tem papel fundamental no aumento da eficiência energética, proporcionando uma visão clara dos pontos onde é necessária intervenção⁽¹¹⁾.

Outro ponto importante para atingir-se um aumento na eficiência é a qualidade das informações que são coletadas. Por isso, os instrumentos de medição, que fornecem os dados para os sistemas de gerenciamento energético, devem ser precisos e confiáveis, para ser feita uma análise adequada da situação. O custo-benefício também é crucial para que o conjunto todo de medição seja viável, visto que o retorno sobre o investimento é dado pela economia de energia resultante⁽¹¹⁾.

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um equipamento capaz de monitorar o consumo de energia elétrica de uma máquina qualquer, armazená-lo em uma plataforma online e visualizá-lo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para desenvolver o equipamento capaz de monitorar o consumo de energia elétrica, a Plataforma Arduino foi utilizada.

O Arduino é um sistema microcontrolado que funciona junto com sensores que estão monitorando o ambiente externo. Por ser microprocessado, ele reage de acordo com o estabelecido pelo usuário a grandeza monitorada pelos sensores. A partir disso, ele toma uma ação, podendo ser o acionamento de um atuador ou a execução de um novo processo⁽¹²⁾.

Para expandir as funcionalidades do Arduino, fez-se uso de *Shields*, que são placas que podem ser conectadas sobre ele⁽¹³⁾. Um *shield* WiFi faz com que o Arduino seja conectado a uma rede WiFi, integrando a ele funcionalidades da IoT. Este é

baseado no sistema embarcado HDG204 *Wireless* LAN 802.11b/g e tem um microprocessador ATmega32UC3, que fornece um endereço IP para ele⁽¹²⁾.

Sensor de corrente é o periférico que informa, para o Arduino, o valor da corrente elétrica que passa pelo circuito que se deseja monitorar. Para conectar o sensor de corrente no Arduino é necessário montar um circuito. Esse circuito foi composto de: 1 x Placa Arduino UNO; 1 x Sensor de corrente SCT-013-000; 2 x Resistores de 10kΩ; 1 x Resistor de 330Ω; 1 x Capacitor eletrolítico de 100uF; e Fios⁽¹⁴⁾.

O Arduino é programado em um *software* gratuito e disponível para *download* no site oficial do *hardware*. Ele pode ser instalado em Windows, Linux ou Mac OS. A programação é feita em linguagem C/C++⁽¹⁵⁾.

Depois de instalado o *software*, é possível programar o Arduino, compilar o programa (traduzir a linguagem C/C++ para uma linguagem que será executada no microcontrolador do Arduino) e gravá-lo na memória interna da placa⁽¹⁵⁾.

Plataforma de visualização é um ambiente gráfico que serve para interagir o usuário com o *hardware*. Dessa forma, é possível observar de forma gráfica os dados de leitura do Arduino, bem como comandar algumas funções dele por meio dessa plataforma⁽¹⁶⁾.

Uma plataforma gratuita disponível para o Arduino é a Jubito. Ela é livre para criação de qualquer projeto, oferece exemplos de utilização e pode ser publicado online qualquer projeto criado. Também é responsável por conectar o usuário, com a utilização de um celular, por exemplo, com o *hardware* instalado em campo, permitindo a criação de uma rede interconectada, que é uma solução IoT⁽¹⁶⁾.

A metodologia proposta para o alcance do objetivo deste trabalho está dividida em etapas, conforme os objetivos específicos (Figura 1).

(1) De acordo com a pesquisa teórica realizada, foi definido o sensor que foi utilizado para a medição da corrente elétrica. Além disso, também foram definidos quais são os componentes necessários para montar o circuito elétrico e o *hardware* necessário para enviar a informação da medição para a plataforma online.

(2) Com todos os componentes em mãos, o circuito de medição foi montado de acordo com os esquemas referenciados por esse trabalho.

(3) Com o circuito montado, foi criado o programa de gerenciamento e envio dos dados. Esse programa teve como base o código já proposto anteriormente no referencial teórico, adaptado para a realidade do trabalho.

(4) A plataforma *online* proposta no referencial teórico é gratuita e possui os recursos para interação com o Arduino. Foram analisados exemplos prontos oferecidos como base para criação da interface de visualização dos dados.

(5) Desenvolvida a interação entre o Arduino e a plataforma *online*, foram coletados dados de um motor elétrico. Verificada a aquisição dos dados de consumo de energia elétrica, foi usado como comparativo, para confiabilidade dos dados, um medidor de corrente elétrica comercial. Os dados adquiridos pelo Arduino e os dados do medidor de corrente elétrica convencional foram registrados numa tabela. Sua comparação foi feita de forma manual, com o auxílio de planilhas.

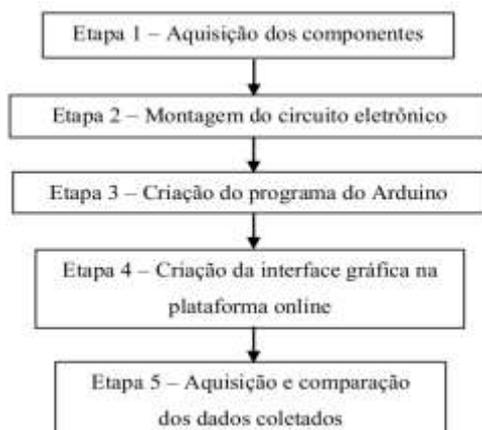


Figura 1: Diagrama de blocos da metodologia e cronograma.

Aquisição dos componentes

Para a montagem do protótipo, foram adquiridos componentes encontrados no mercado local. Foram eles: Arduino UNO R3; *Shield Ethernet*; Sensor de corrente SCT-013; Placa eletrônica perfurada; 2 x Resistores de 10k Ω ; 1 x Resistor de 330 Ω ; 1 x Capacitor eletrolítico de 100 μ F; e Pinos de conexão para o Arduino.

Estava previsto a utilização de um *Shield Wifi* no lugar do *Shield Ethernet*, mas a aquisição do segundo item foi mais fácil. A diferença entre eles está no meio físico de comunicação. O Wifi é feito de forma wireless e o ethernet, através de um cabo padrão ethernet, com conectores RJ45.

Além disso, foi adquirida uma placa perfurada, que é um circuito eletrônico impresso vazio, onde é possível soldar componentes e montar o circuito de acordo com o necessário.

Montagem do circuito eletrônico

O circuito eletrônico montado foi o mesmo proposto no referencial teórico. Para a montagem inicial, foi utilizada uma *protoboard* (Figura 2), que é uma placa com ligações internas, que facilita a criação, já que é possível inserir e interligar componentes sem a necessidade de soldá-los.

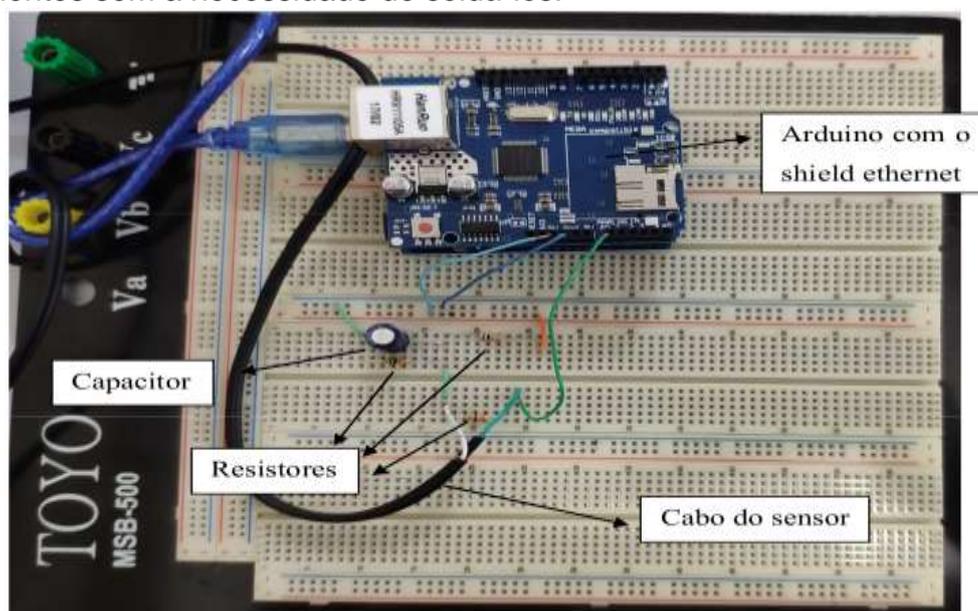


Figura 2: Montagem do circuito em *protoboard*.

Criação do programa do Arduino

Com a montagem concluída, o protótipo estava pronto para ser testado. Foi utilizado o mesmo programa sugerido no referencial teórico e ele funcionou sem nenhuma alteração. Por meio do monitor serial do Arduino, foi possível identificar a corrente e a potência instantânea consumida.

Montagem final do circuito eletrônico

Depois do circuito e do programa testados, foi montado o protótipo final, sem a utilização da *proto-board*. Nessa etapa, os componentes foram dispostos na placa perfurada e do outro lado desta, interligados e soldados, com o auxílio de estanho e ferro de solda.

Com o circuito montado e interligado, a placa perfurada foi conectada sobre o Arduino por meio dos conectores implementados. Todo o conjunto conectado foi fixado dentro de uma caixa de plástico, para proteger o protótipo e facilitar o manuseio, diminuindo as chances de dano aos componentes eletrônicos.

A última etapa do protótipo foi a conexão dos cabos com o Arduino (Figura 3). Foi colocado um prensa-cabo em uma das laterais da caixa para passar os cabos de comunicação ethernet, alimentação USB e do sensor de corrente. O protótipo agora pode ser levado e instalado em qualquer motor de corrente alternada.

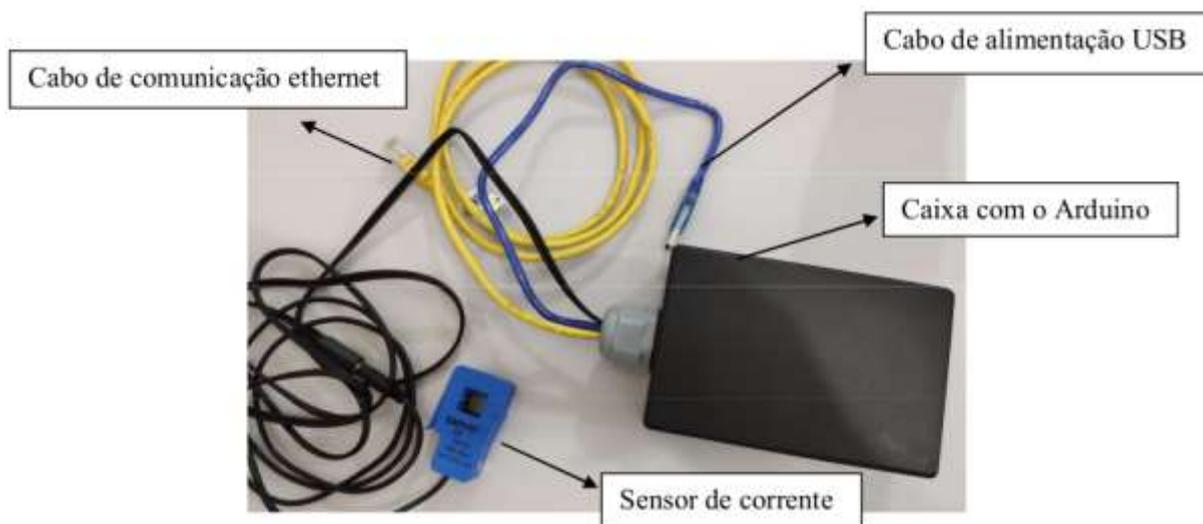


Figura 3: Protótipo finalizado.

Criação da interface *online*

A interface *online* foi desenvolvida dentro do Arduino. Com a utilização do *shield ethernet*, é possível criar um IP para o Arduino e conectá-lo em qualquer rede. Para que o dado possa ser visualizado em qualquer dispositivo, o Arduino envia os dados na forma HTML; assim eles podem ser monitorados por meio de qualquer navegador de internet.

Para que o usuário consiga ter acesso aos dados, é preciso estar conectado na mesma rede em que está o Arduino, abrir o navegador e digitar o IP na barra de endereço, que nesse caso foi configurado como 192.168.1.230. Esse procedimento pode ser feito por meio de um celular ou de um computador.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a metodologia proposta, seguindo os passos do diagrama de blocos apresentado, foi construído o protótipo, feitos testes e adquiridos dados para análise e discussão. Os resultados estão descritos a seguir.

3.1 Aquisição e comparação dos dados coletados

A coleta dos dados foi feita de forma manual. Usando a interface *online*, foram coletadas as amostras do protótipo e registradas. No mesmo local, foram registradas as amostras coletadas do medidor comercial.

O medidor comercial é da marca Minipa, modelo ET-2042D. Diferentemente do protótipo, é um medidor invasivo, que deve ser ligado em série com a carga a ser medida.

O motor elétrico usado na medição é trifásico, com tensão de alimentação de 220VCA, potência de 60W, frequência de operação de 50Hz e corrente nominal máxima de 0,4A. Esses dados foram retirados da placa do motor. Para seu acionamento, foi utilizado um inversor de frequência.

Quando o protótipo foi energizado, mesmo com o motor elétrico desligado, havia uma medição de 0,02A, sendo informada na plataforma *online*. Esse erro de medida foi descontado no programa do Arduino.

Foram feitas 10 amostras para cada instrumento, com um intervalo de 30s entre cada. As amostras foram coletadas com o motor sem carga na saída, operando em frequência de 50Hz (Tabela 1).

Tabela 1: Valores coletados na primeira amostragem.

Amostra (intervalos de 30s)	Protótipo (A)	Medidor comercial (A)
1	0,15	0,16
2	0,15	0,15
3	0,14	0,16
4	0,15	0,16
5	0,14	0,16
6	0,14	0,16
7	0,17	0,16
8	0,16	0,15
9	0,14	0,16
10	0,15	0,16
Média	0,149	0,158

Foi feita uma segunda coleta de dados, agora com o motor operando em 15Hz, novamente sem carga. Essa segunda amostra foi feita para aumentar a confiabilidade dos testes, já que era esperada uma variação na corrente com a variação da frequência (Tabela 2).

3.2 Discussões sobre resultados

Na primeira amostragem, com o motor operando a 50Hz, a diferença percentual média entre os dois instrumentos, que são o protótipo criado e o medidor comercial, foi de aproximadamente 6%. Já na segunda amostragem, com operação em 15Hz, a diferença foi em torno de 12%. Tomando como base esses valores, tem-se uma média

de desvio de aproximadamente 9% para menos no protótipo em relação ao medidor invasivo.

Tabela 2: Valores coletados na segunda amostragem.

Amostra (intervalos de 30s)	Protótipo (A)	Medidor comercial (A)
1	0,10	0,12
2	0,11	0,12
3	0,11	0,12
4	0,11	0,12
5	0,12	0,13
6	0,11	0,12
7	0,11	0,12
8	0,10	0,12
9	0,11	0,13
10	0,11	0,12
Média	0,109	0,122

Além disso, analisando os dados coletados, percebe-se uma variação menor nas medidas feitas pelo medidor da Minipa em relação ao Arduino, isso quer dizer que o desvio padrão dos valores medidos pelo instrumento comercial é menor.

As diferenças encontradas nas medidas feitas pelo protótipo e pelo medidor da Minipa evidenciam que o sensor de corrente não invasivo, instalado em um circuito construído de forma manual em um Arduino, não é indicado para medidas de precisão de corrente elétrica. Outros sensores integrados com o Arduino, utilizados para medir outras grandezas físicas, também já foram testados e mostrou-se que a precisão atingida não é adequada⁽¹⁷⁾.

Entretanto, com o intuito de monitorar diversas máquinas, para auxiliar na eficiência energética das empresas, onde é fundamental monitorar o consumo para poder gerenciar e controlar os gastos⁽⁸⁾, com um custo total baixo para a produção unitária, capaz de medir a corrente elétrica sem a interferência na instalação atual e de enviar os dados para uma plataforma online que agiliza e facilita o acompanhamento das medições, o protótipo tem um ótimo custo/benefício e satisfaz o problema.

Durante os testes realizados com o protótipo foram encontrados dois erros nas medidas.

O primeiro erro encontrado foi na inicialização do sistema. Mesmo com o sensor desconectado da fiação do motor, ele media em torno de 0,02A. Esse erro é percebido por causa da montagem manual do circuito. Soldas mal feitas e conexões instáveis, geram ruídos na entrada do Arduino. O erro da medida inicial foi consertado pelo software, iniciando a medida com um *offset* de 0,02A. Entretanto, não é possível eliminar os erros de imprecisão da montagem dos valores medidos, já que para isso teria que ser desenvolvido uma placa com controle de produção maior e com filtros adicionais.

O segundo erro encontrado está no princípio de funcionamento do sensor. Como visto na fundamentação teórica, o sensor de corrente não invasivo funciona medindo o campo magnético alternado gerado pela fiação dos motores. Entretanto,

nas primeiras amostras coletadas, notou-se uma diferença grande entre a medida do instrumento comercial e do protótipo. Isso ocorreu porque o motor elétrico gera campos magnéticos para seu funcionamento interno⁽¹⁸⁾. Esses campos magnéticos acabam influenciando na medição do sensor, caso ele esteja suficientemente próximo do motor ou de alguma fonte geradora de campos magnéticos alternados. Esse erro foi resolvido afastando o sensor do motor, eliminando a interferência de campos magnéticos indesejáveis.

Ainda, segundo Camargo⁽¹⁰⁾, em seu trabalho de conclusão de curso, que desenvolveu um sistema de medição de corrente elétrica para injetoras hidráulicas, existe variação entre a medida apresentada pelo medidor com Arduino, o valor nominal da corrente do equipamento e um medidor comercial. Camargo⁽¹⁰⁾ afirma que essas variações podem ter origem da própria rede elétrica, que sofre oscilações no fornecimento. Em suas conclusões, as diferenças absolutas entre o valor medido pelo Arduino e o medidor comercial, são próximas as diferenças absolutas encontradas nas medições feitas pelo protótipo do presente trabalho.

Neste protótipo, foram feitas medições com valor máximo menor que os apresentados por Camargo⁽¹⁰⁾, sendo assim, o erro percentual acaba sendo ligeiramente maior.

3.3 Viabilidade do protótipo

Para a construção do protótipo, foram adquiridos os produtos no mercado local, com os valores atualizados, pagos pelo aluno (Tabela 3).

Tabela 3: Custo do protótipo.

Item	Custo (US\$)
Arduino UNO R3	3,50
Shield Ethernet	5,50
Sensor de corrente SCT-013	5,30
Placa eletrônica perfurada	0,40
2 x Resistores de 10k Ω	0,20
1 x Resistor de 330 Ω	0,10
1 x Capacitor eletrolítico de 100uF	0,20
Pinos de conexão para o Arduino	0,50
Caixa plástica	2,00
Total	17,70

4 CONCLUSÃO

A energia elétrica no Brasil sofre constantes reajustes, por causa da dependência de geração das hidrelétricas, que por sua vez, dependem dos níveis de chuva para operarem com condições plenas. Além dessa oscilação, o valor da energia elétrica brasileira é muito alto, representando uma grande parte dos custos das empresas, que inclusive muitas vezes são forçadas a parar a operação pela falta de retorno financeiro.

Dessa forma, garantir uma boa eficiência energética é fundamental para qualquer grande empresa. Gerir essa demanda de energia depende,

fundamentalmente, de monitorar os pontos de consumo, para que possa ser possível atuar em cima desses pontos críticos.

É preciso que se desenvolva uma solução com custo baixo e que entregue de forma simples os dados necessários para o monitoramento. Sendo assim, a construção de um medidor de energia elétrica, usando a plataforma Arduino, capaz de enviar as informações para uma plataforma *online* e que tenha baixo custo, resolveu o problema proposto.

A definição dos componentes foi toda embasada na consulta teórica feita e sua aquisição foi dada em mercado local, mostrando a disponibilidade da tecnologia. Além disso, a montagem do circuito foi feita de forma manual, com a construção inicial em *protoboard*, para testar a funcionalidade. Em seguida, montada em uma placa perfurada, fixando os componentes permanentemente e de maneira mais robusta. A programação da plataforma online, bem como da plataforma Arduino, foi toda retirada de fontes que já disponibilizavam a lógica pronta, feito apenas ajustes para atender o projeto.

A funcionalidade do protótipo e sua calibração foram feitas com o auxílio de um medidor comercial, da marca Minipa, que foi usado para comparativo com os valores medidos pelo Arduino. Analisando os valores medidos pelos dois equipamentos, foi possível calibrar o programa do circuito montado e dar confiabilidade ao equipamento, já que as medições foram semelhantes.

Com um custo total de US\$17,70 (dezessete dólares e setenta centavos) e com a montagem totalmente manual, foi mostrado que é viável a criação de um medidor que satisfaça as condições propostas e possa ser implementado para monitorar o consumo de energia elétrica. Por outro lado, para fins de comparação, foi visto que o protótipo criado tem uma margem de erro na medição maior que medidores comerciais, fazendo com que ele não seja um instrumento de medição de precisão, mas sim de monitoramento.

REFERÊNCIAS

- 1 EPE. Matriz Energética e Elétrica. [Online]. 2016. Disponível online em: <<http://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: Set. 2019.
- 1 VEJA. Brasil piora em ranking e passa a ser o 6º com a energia mais cara do mundo. [Online] 2018. Disponível em: <<https://veja.abril.com.br/blog/impavido-colosso/brasil-piora-em-ranking-e-passa-a-ser-o-6-com-a-energia-mais-cara-do-mundo/>>; Acesso em: Set. 2019.
- 2 FIEP. 5 razões para o Brasil ter uma das energias mais caras do mundo. [Online] 2018. Disponível em: <<http://agenciafiep.com.br/2018/04/02/5-razoes-para-o-brasil-ter-uma-das-energias-mais-caras-do-mundo/>> Acesso em: Set. 2019.
- 3 FIRJAN. Quanto custa a energia elétrica para a pequena e média indústria no Brasil? [Online]. 2017. Disponível em: <<http://www.firjan.com.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=2C908A8A5A5BEAA7015A6C9EF6B932C3>>. Acesso em: Set. 2019.
- 4 ILUMINA. Indústria perde competitividade com aumento da tarifa de energia – Estado de SP. [Online] 2018. Disponível em: <<http://www.ilumina.org.br/industria-perde-competitividade-com-aumento-da-tarifa-de-energia-estado-de-sp/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 5 ESTADÃO. Indústria perde competitividade com aumento da tarifa de energia. [Online] 2017. Disponível online em: <<https://economia.estadao.com.br/noticias/geral,industria-perde-competitividade-com-aumento-da-tarifa-de-energia,70002105633>> Acesso em: Set. 2019.

- 6 VIANA, A.N.C. Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações. Campinas, SP: ANEEL, 2012. 314 p.
- 7 MENKES, M. Eficiência energética: políticas públicas e sustentabilidade. 2004. 277f. Tese de Doutorado – Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília.
- 8 LEVINE, M.; PRICE, L.; MARTIN, N. Energy and energy efficiency in buildings: a global analysis. Anais do 1998 ACEEE Summer study on energy efficiency in buildings, 1998.
- 9 CAMARGO, R. Medidor de energia para avaliação de ciclo de vida. 2018. 31f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul, Rio Grande do Sul.
- 10 CCK. Importância da medição de energia para a eficiência energética. [Online]. 2018. Disponível em: <http://www.cck.com.br/artigos/palestras/importancia_medicao.pdf>. Acesso em: Set. 2019.
- 11 MULTILOGICA. Arduino Guia Iniciante. Disponível online em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3252633/mod_resource/content/1/Guia_Arduino_Iniciante_Multilogica_Shop.pdf>. Acesso em: Set. 2019.
- 12 ARDUINO. Arduino Wifi Shield. [Online] 2018. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/arduino-wifi-shield>>. Acesso em: Set. 2019.
- 13 DEMETRAS, E. SCT-013 – Sensor de Corrente Alternada com Arduino. [Online]. 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 14 ELECTRICOBOS. Ley de Faraday. [Online] 2018. Disponível em: <<https://alejoelectrica1709.wordpress.com/temas/electrodinamica/ley-de-farady/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 15 JUBITO. FAQ. [Online] 2018. Disponível em: <<http://jubito.org/faq.html>>. Acesso em: Set. 2019.
- 16 GUIMARÃES, A. V.; NAKATANI, A. M.; NETO, V. M. Medição com sensor ultrassônico hc-sr04. 3º CIMMEC. 2014.
- 17 CHAPMAN, S. J. Fundamentos de Máquinas Elétricas. 5 ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda., 2013.

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO: MÁQUINA INJETORA ARBURG MODELO 420C

De Barba Jr., D. J.¹

Bork, C.A.S.²

Vargas, T. R.³

¹ *Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.*

¹ *Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Engenheiro, Tiago Ruas Vargas, IFSul.*

Resumo

Um problema muito comum é elaborar o plano de manutenção de uma máquina utilizando somente as recomendações do fabricante sem considerar o contexto operacional onde esta está instalada, bem como sem considerar o desempenho esperado pelo respectivo proprietário do equipamento. Como justificativa de obter um plano de manutenção mais simples e apropriado para o contexto de um ambiente de ensino, a utilização de um método estruturado como a Manutenção Centrada em Confiabilidade, permite o incremento da confiabilidade de máquinas viabilizando o uso de medidas apropriadas para identificar defeitos de forma antecipada e eficaz, para alcançar um modelo de plano de manutenção para máquinas injetoras com tarefas tão claras e objetivas sejam possíveis. O objetivo final de identificar oportunidades de melhoria foi alcançado e uma lista de sugestões de tarefas de manutenção foi desenvolvida, as quais podem ser utilizadas de forma combinada com as atuais tarefas existentes no plano de manutenção.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade; Plano de Manutenção; Máquinas Injetoras.

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE TO OBTAIN MAINTENANCE PLAN: ARBURG MODEL 420C INJECTION MACHINE

Abstract

A very common problem is to design a maintenance plan for a machine using only the manufacturer's recommendations without considering the operating context in which it is installed, as well as without considering the performance expected by the respective owner of the equipment. To justify a simpler maintenance plan that is appropriate for the context of a learning environment, the use of a structured method such as Reliability Centered Maintenance enables increased machine reliability by enabling the use of appropriate measures to identify defects early and effectively to achieve a maintenance plan model for injection machines with tasks as clear and objective as possible. The ultimate goal of identifying improvement opportunities has been achieved and a list of maintenance task suggestions has been developed which can be used in combination with current tasks in the maintenance plan.

Key words: Reliability Centered Maintenance; Maintenance Plan; Injection Machines.

1 INTRODUÇÃO

Um problema muito comum é elaborar o plano de manutenção de uma máquina utilizando somente as recomendações do fabricante sem a considerar o contexto operacional e onde está instalada, bem como, sem considerar o desempenho esperado pelo respectivo proprietário do equipamento. As máquinas complexas são compostas por componentes normatizados (parafusos, rolamentos, mangueiras...) e por peças desenvolvidas especialmente para uma dada aplicação e, em geral, os fabricantes fazem recomendações de tarefas de manutenção para que o usuário obtenha o máximo desempenho e disponibilidade. Ainda assim, essas recomendações podem não ser suficientes e às limitações dos estudos de vida útil que são elaborados pelos fabricantes, pois, há uma complexidade grande em estimar as todas as implicações das circunstâncias operacionais (intempéries, método de operação e efeitos ocasionados por outras máquinas) no desempenho das máquinas⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾.

Deste modo, a tarefa de desenvolver um plano de manutenção torna-se desafiadora e as consequências, de um plano de manutenção ineficaz, podem acarretar em problemas de baixo desempenho das máquinas por não considerar os efeitos das falhas como critério relevante, tornando-os insustentáveis sob o ponto de vista econômico (se tornam muito caros), operacionais (inexequíveis) e ambientais (são coniventes com vazamentos de óleo, por exemplo)⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾.

Atualmente, o plano de manutenção da injetora Arburg modelo 420C do IF possui tarefas de manutenção e respectivas periodicidades que refletem, predominantemente, as orientações do fabricante sem levar em consideração o contexto onde essa máquina está inserida, bem como informações de desempenho.

Como justificativa de obter um plano de manutenção mais simples e apropriado para o contexto de um ambiente de ensino, a utilização de um método estruturado como o de Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), permite o incremento da confiabilidade de máquinas viabilizando o uso de medidas apropriadas para identificar defeitos de forma antecipada e eficaz, sobretudo, para alcançar um modelo de plano de manutenção com tarefas tão claras possíveis.

Sendo assim, este artigo teve como objetivo identificar oportunidades de melhoria e propor sugestões para o plano de manutenção da injetora do fabricante Arburg, modelo 420C, aplicando o método Manutenção Centrada em Confiabilidade.

A publicação do processo Manutenção Centrada em Confiabilidade causou mudanças na forma como os profissionais enxergavam e pensavam sobre o tema manutenção de ativos físicos. Acompanhando a evolução tecnológica de máquinas, equipamentos e o incremento na expectativa de retorno sobre estes, a disciplina Manutenção do IFSul precisou responder aos desafios de manter os ativos cada vez mais disponíveis, assim como, com desempenho apropriado para o cumprimento das funções para os quais foram projetados. Moubrey⁽¹⁾ define MCC como “um processo utilizado para determinar o que deve ser feito para assegurar que qualquer ativo físico faça o que seus usuários querem que este faça em seu respectivo contexto operacional”.

Tanto o reconhecimento das funções que uma determinada máquina possuiu quanto à identificação das possíveis falhas que esta poderá ter são pontos de partida relevantes para iniciar uma análise sobre as tarefas de manutenção mais apropriadas para conservar e estender o ciclo de vida de um ativo. Além de considerar os aspectos associados à função que um determinado sistema desempenha e os respectivos

possíveis modos de falha, Moubray⁽¹⁾ define outras questões importantes e as representa em 7 perguntas, que são consideradas básicas pelo autor e que abrangem toda a dimensão técnica necessária para viabilizar uma abordagem de manutenção eficaz. São elas⁽¹⁾:

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho associados de um ativo no seu atual contexto operacional?
2. De quais maneiras o ativo deixa de atender completamente as suas funções?
3. Quais são as causas de cada falha funcional?
4. O que acontece quando cada falha ocorre?
5. De quais maneiras cada falha acontece?
6. O que pode ser realizado para prever ou prevenir cada falha?
7. O que deve ser realizado se uma tarefa proativa não pode ser encontrada?

1.1 Estrutura da metodologia MCC

A estrutura da metodologia MCC apresentada neste artigo foi fundamentada em Moubray⁽¹⁾.

1.1.1 Contexto Operacional

O contexto operacional onde uma máquina desempenha a sua função influencia efetivamente na sua capacidade de produzir resultados de acordo com os patamares esperados pelo proprietário. Em virtude de representar um fator limitante para o bom funcionamento de um equipamento, Moubray⁽¹⁾ afirma que “esse contexto afeta fortemente o cerne do processo de formulação da estratégia de manutenção” e, por essa justificativa, se faz necessária a caracterização do ambiente em que a máquina vai desempenhar a sua função⁽¹⁾.

1.1.2 Definição das funções

Um sistema qualquer, quando exposto ao mundo real, tende a deteriorar-se o que, conseqüentemente, produz impactos indesejados para o sistema a menos que alguma ação seja realizada para bloquear a causa geradora da deterioração⁽¹⁾.

Levando em consideração que a deterioração de máquina é inevitável, é preciso que a mesma seja capaz de entregar uma capacidade acima do padrão mínimo de desempenho. O desempenho de uma máquina pode ser definido de duas maneiras: pelo padrão de desempenho e pela capacidade intrínseca da máquina.

Dessa maneira, os limites de atuação da manutenção são estabelecidos pela sua autonomia de restabelecimento de uma função de uma máquina. Por conseqüência, não será possível aumentar o desempenho acima da capacidade inicial da máquina, a qual foi determinada pela maneira como foi projetada e construída. Um segundo efeito, em relação à definição de desempenho, estabelece que a manutenção pode somente restabelecer o desempenho de máquina até o nível de capacidade inicial.

Frente à análise, como muitas máquinas são adequadamente projetadas e construídas, em geral, é possível desenvolver planos de manutenção que asseguram que o ativo continuará desempenhando a função que os seus proprietários desejam.

A definição da função que uma máquina necessita desempenhar é um requisito importante para que a manutenção atinja, eficazmente, o seu propósito de contribuir

com os objetivos do proprietário do ativo, pois Moubray⁽¹⁾ alerta que “claramente, em virtude de definir os objetivos da manutenção sob o ponto de vista do usuário, nós necessitamos entender profundamente as funções de cada ativo com o padrão de desempenho esperado”.

Smith e Mobley⁽²⁾ complementam a ideia de Moubray⁽¹⁾ explicando que “se alguma função for desconsiderada por ser inconsciente, logo as tarefas direcionadas para preservar a função do ativo não serão consideradas conscientemente”.

De acordo com SAE⁽³⁾, “toda definição de função deverá ter um verbo, um objeto e um padrão de desempenho (quantificados em cada caso, quando possível)” a fim de assegurar, inequivocamente, a descrição da função de um ativo. A necessidade de descrever, de forma clara, as funções que uma máquina executa é tão importante quanto definir os padrões de desempenho associados a elas, principalmente pela implicação da definição dos objetivos da manutenção de um ativo estar completa somente quando essa especificar, tão precisamente for possível, o nível de desempenho desejado pelo usuário.

Ainda que, idealmente, um padrão de desempenho seja descrito de maneira quantitativa, é admissível descrevê-lo utilizando outras formas, no entanto, esse precisa ser expresso de acordo com o modo que melhor convém, segundo a forma como o ativo opera.

1.1.3 Falhas funcionais e ocultas

O termo falha funcional significa a incapacidade de qualquer ativo desempenhar a função com o padrão de desempenho o qual é aceitável para o proprietário. A definição de falha funcional comunica de maneira específica a condição na qual uma máquina deixa de desempenhar a sua função requerida e permite a distinção desse termo para o termo falha oculta, cujo significado “é uma modalidade de falha cujos efeitos não se tornam aparentes ao operador em circunstâncias normais⁽³⁾”.

O resultado da comparação entre esses dois conceitos é requisito da clara compreensão da função ou das funções que um ativo físico pode desempenhar e viabiliza a análise de que “uma vez que seja possível que cada função falhar, se admite que esse ativo pode sofrer de uma variedade de diferentes modos de falhar⁽²⁾”.

1.1.4 Identificar os modos de falha e as respectivas causas

O processo de identificação de modos de falha, tal como, as respectivas causas, inicia-se na compreensão do conceito do termo modo de falha e posteriormente avaliar as causas associadas. Moubray⁽¹⁾ define modo de falha como “qualquer evento o qual causa uma falha funcional”. Dessa maneira, o termo falha se revela muito vago tendo em vista que o termo falha funcional representa um estado, ao passo que o modo de falha representa o evento que produziu uma determinada falha funcional⁽¹⁾.

A importância de aplicar esforços para identificar os prováveis modos de falha é explicado por intermédio da análise sobre como esses estão presentes no dia a dia das organizações. Afirma também que a manutenção é gerenciada no nível do modo de falha e que infelizmente, em muitos casos, esses modos de falha são discutidos,

registrados e, por outro lado, são tratados depois que esses ocorreram, caracterizando dessa maneira, uma estratégia reativa de manutenção.

Em contrapartida, Smith e Mobley⁽²⁾ destacam que “o correto desenvolvimento de um plano de trabalho proativo não é tudo, mas metodologias proativas muito bem documentadas (...) podem assistir as organizações a identificar as tarefas adequadas”. Smith e Mobley⁽²⁾ complementam que “essa abordagem analisa como um todo o que ocasiona (modo de falha) uma falha funcional e aplica diferentes medidas para gerenciamento”.

Segundo SAE⁽³⁾, “todos os modos de falha razoavelmente prováveis de ocasionar uma falha funcional deverão ser identificados” e para, Moubray⁽¹⁾ “isso é realizado por meio de uma Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA) para cada falha funcional”. General Motors Corporation⁽⁴⁾ define a Análise de Modos de Falha e Efeito como “uma metodologia analítica utilizada para assegurar que potenciais problemas foram considerados e endereçados no processo de desenvolvimento do produto e do processo”.

Para garantir que a metodologia FMEA seja aplicada com eficácia, General Motors Corporation⁽⁴⁾ alerta que “um dos fatores mais importantes para o sucesso da implementação de um programa de FMEA é o momento no tempo o qual está se referenciando, assim, o exercício necessita visar as ações “antes do evento”, não “depois do evento” (...).

Os programas de FMEA são desenvolvidos com foco no cliente das organizações e suas respectivas necessidades e requisitos⁽⁴⁾. A utilização do FMEA, como instrumento para identificar modos de falha de máquinas injetoras, é uma prática utilizada por uma indústria de fabricação de peças automotivas na Coreia do Sul. Os principais modos de falha de máquinas injetoras são identificados e classificados considerando a severidade e probabilidade desses eventos ocorrerem de tal forma que possam ser selecionados para a especificação de tarefas para prevenir falhas⁽⁵⁾.

1.1.5 Descrição dos efeitos das falhas

A Metodologia de MCC de Moubray⁽¹⁾ recomenda que “os efeitos das falhas devem ser descritos de forma a permitir que a equipe envolvida seja capaz de fazer a análise de MCC para decidir quando a falha se torna evidente para os operadores em circunstâncias normais” visando o objetivo de “estabelecer quando a manutenção proativa é necessária”. Nesse contexto, SAE⁽³⁾ especifica que “nos efeitos das falhas deverão ser descritos o que aconteceria se nenhuma tarefa específica fosse feita para prever, prevenir ou detectar a falha”.

Segundo NASA⁽⁶⁾, “ainda que existam modos de falha múltiplos, frequentemente os modos de falha são os mesmos ou muito parecidos na essência”, complementa ainda que “sob o ponto de vista da função do sistema, o resultado da falha de qualquer componente é a degradação da função do sistema”.

1.1.6 Descrição e avaliação das consequências das falhas

A descrição consistente e a avaliação adequada das consequências das falhas é um ponto de partida para a orientação das estratégias de manutenção, tendo em vista a convergência com os objetivos estratégicos de uma organização.

Para Moubray⁽¹⁾, “o processo de avaliação das consequências muda o foco da ideia de que todas as falhas são ruins e devem ser prevenidas”. Outro benefício de fazer a descrição e análise das consequências das falhas é o direcionamento do foco para as tarefas de manutenção que tem maior efeito no desempenho da organização e desvia a energia daquelas que tem pouco ou nenhum efeito⁽¹⁾.

As diferentes maneiras nas quais uma infinidade de diferentes equipamentos podem falhar demonstram a complexidade desse tipo de análise e cada falha pode afetar a organização de alguma forma e, em cada caso, os efeitos são diferentes. Esses efeitos podem afetar tanto a aspectos de qualidade quanto aspectos associados ao meio ambiente e segurança e, além disso, os respectivos reparos vão drenar tempo e dinheiro⁽¹⁾.

A fim de assegurar que decisões assertivas sejam tomadas, tendo como referência as análises e descrições das consequências das falhas, se faz necessário caracterizá-las formalmente, assim como, fazer a distinção dos modos de falha ocultos e modos de falha evidentes. A categorização das consequências, a qual é requerida, segundo a norma JA1011:2009⁽³⁾, deverá distinguir claramente os eventos (modos de falha e falhas múltiplas), que apresentam consequências de segurança e/ou ambientais daquelas que apresentam apenas consequências econômicas (consequências operacionais e não operacionais)⁽³⁾.

1.1.7 Especificação de tarefas e ações para prevenir as falhas

As características técnicas da tarefa, seja ela proativa ou não, assim como, falha que se pretende prevenir, governam a análise quanto à viabilidade técnica. A aplicação de tarefas proativas depende do quão eficaz essa é para mitigar a falha, tendo em vista a suas consequências. Se uma tarefa proativa não for, ao mesmo tempo, tecnicamente e economicamente viável, uma ação padrão deve ser aplicada⁽¹⁾.

Nesse contexto, Moubray⁽¹⁾ conceitua tanto tarefas proativas quanto tarefas padrão sendo que essas são chamadas de técnicas de gerenciamento de falhas. **Tarefas proativas** são tarefas que são aplicadas antes que as falhas ocorram, com o objetivo de prevenir o item de entrar em estado de falha e **Tarefas padrão**, a partir do estado de falha, são associadas quando não é possível identificar uma tarefa proativa efetiva. Tarefas padrões incluem verificações funcionais, reprojeto e *run to fail* (utilizar até a falha).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O diagrama de decisão do MCC 2 integra todo o processo de decisão em fluxo estruturado que é aplicado para cada modo de falha identificado⁽¹⁾. O diagrama de decisão do MCC 2 é apresentado na Figura 1, o qual é utilizado para selecionar o tipo de tarefa de manutenção de acordo com tipo de possível falha, de acordo com a máquina.

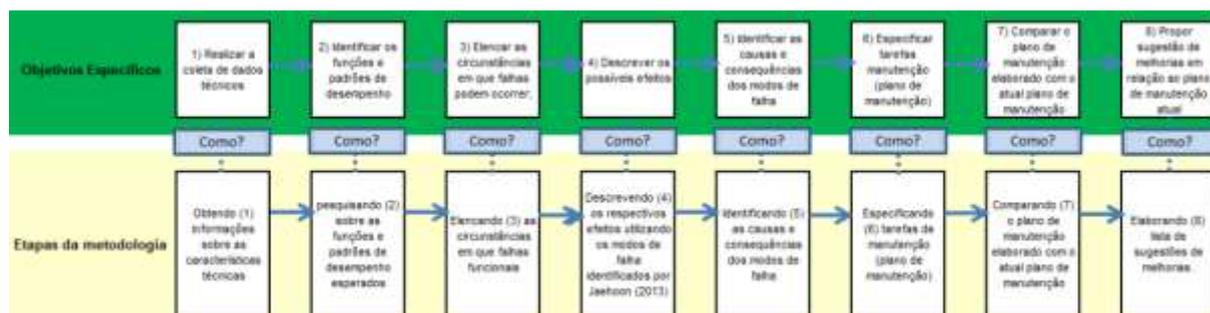


Figura 1: Diagrama que relaciona os objetivos específicos com a metodologia.

Como ponto de partida desta Metodologia MCC, obteve-se:

- (1) informações sobre as características técnicas da injetora Arburg, modelo 420C, no manual de operação e manutenção produzido pelo fabricante;
- (2) as funções para os sistemas de máquinas injetoras definidas por UFSCAR,⁽⁷⁾ bem como estimou-se os padrões de desempenho por meio de análise dos documentos do laboratório de processamento de polímeros do IF e manuais da injetora Arburg modelo 420 C;
- (3) elencou-se as falhas funcionais que poderiam ocorrer utilizando, como critério, a definição de falha funcional conceituada por Moubray⁽¹⁾, tendo em vista as funções e padrões de desempenho levantadas nas atividades para alcançar o objetivo específico 2;
- (4) a partir dos modos de falha identificados por JaeHoon⁽⁵⁾, descreveu-se dos respectivos efeitos quando estes ocorrem por intermédio de análise da forma como ocorre o funcionamento da máquina;
- (5) identificou-se as potenciais causas e consequências dos modos de falha quando este ocorriam;
- (6) especificou-se as tarefas de manutenção (plano de manutenção), de acordo com os modos de falha encontrados em JaeHoon⁽⁵⁾, por meio do diagrama de decisão do processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade de Moubray⁽¹⁾;
- (7) foi realizada uma comparação do plano de manutenção elaborado com o atual plano de manutenção verificando a eficácia das tarefas segundo o critério de tarefas proativas de Moubray⁽¹⁾; e
- (8) elaborou-se a lista de sugestões de melhorias.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relatados seguem a mesma ordenação apresentada na Figura 1 do capítulo de Materiais e Métodos.

3.1 Características técnicas da injetora Arburg modelo 420C

A injetora Arburg modelo 420C foi adquirida para fins didáticos e de pesquisa científica no IFSul. A fim de contextualizar a máquina utilizada para o exercício de aplicação do método MCC 2, as Tabelas 1 e 2 são apresentadas com as principais características técnicas das unidades de injeção e de fechamento⁽⁸⁾, isso porque ações de manutenção distintas podem ser necessárias para máquinas com características técnicas diferentes.

Tabela 1: Características técnicas da unidade de injeção⁽⁸⁾.

Parâmetro	Unidade de medida	Valor
Capacidade de Injeção	g(PS)	163
Pressão máxima de injeção	bar	2.120
Curso de Injeção	Mm	145
Velocidade de Rotação da rosca	m/min	53
Diâmetro da Rosca	Mm	40

Tabela 2: Características técnicas da unidade de fechamento de molde⁽⁸⁾.

Parâmetro	Unidade de medida	Valor
Força de fechamento máxima	kN	1.000
Curso de abertura	mm	500
Espaço entre colunas	mm	420 x 420
Altura mínima do molde	mm	250
Altura mínima do molde	mm	490
Força de extração hidráulica	kN	40
Curso de extração	mm	175

Para este artigo apresenta-se a aplicação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade apenas da unidade de injeção da injetora Arburg, modelo 420.

3.2 Funções e padrões de desempenho

Os padrões de desempenhos estão organizados em relação aos sistemas da injetora, os quais, quando estão operando de forma harmônica e desempenhando a contento, viabilizam o adequado funcionamento da injetora⁽¹⁾. A Tabela 3 apresenta as funções e os respectivos padrões de desempenho para os parâmetros relevantes para que a função do sistema seja realizado adequadamente.

Tabela 3: Funções e padrões de desempenho do sistema de injeção⁽⁸⁾.

FUNÇÃO	Parâmetro	Padrão de Desempenho
Transportar o fluido fundido a ser injetado até as cavidades dos moldes.	Pressão de injeção	40 bar
	Pressão de recalque	21 bar
	Tempo de comutação	5s
	Rotação da rosca	150rpm

3.3 Análise das funções e falhas funcionais

A análise e a determinação dos efeitos das falhas funcionais (ver etapa (4) da Metodologia) levou em consideração os modos de falha de JaeHoon⁽⁵⁾.

A lista de falhas funcionais foram analisadas e listadas de acordo com o conceito definido por SAE⁽³⁾, com o objetivo estabelecer os eventos que ocasionam as falhas funcionais. A Tabela 4 apresenta informações que são o ponto de partida para correlacionar esses eventos com modos que os ocasionam.

Tabela 4: Descrição das funções e falhas funcionais do sistema de injeção.

FUNÇÃO Primária E/Ou Secundária	FALHA FUNCIONAL Perda Da Função
Transportar o fluido fundido a ser injetado até as cavidades dos moldes.	Deslocamento do fluido com baixa vazão
	Tempo de comutação inadequado
	Rotação da rosca com movimento inapropriado

3.4 Modos de falha e seus respectivos efeitos

Os modos de falha identificados, de acordo com o FMEA, elaborado por JaeHoon⁽⁵⁾, foram utilizados para a posterior análise dos respectivos efeitos. Dessa maneira, a partir da aplicação do conceito de Efeito da Falha de SAE⁽³⁾, foi possível determinar e compreender os fatos possíveis subsequentes à ocorrência do modo de falha sendo que os resultados são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Modos de falha e seus efeitos do sistema de injeção.

FUNÇÃO	FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA
Transportar o fluido fundido a ser injetado até as cavidades dos moldes.	Baixa pressão do fluido a ser injetado	Sensor de pressão inoperando	A cavidade do molde não é preenchida totalmente
	Tempo de comutação inadequado	Rotina do software que controla tempo de comutação com não funciona corretamente	A cavidade do molde não é preenchida totalmente
	Rotação da rosca abaixo do valor nominal	Bomba hidráulica com baixa pressão na saída	A viscosidade do material a injetar aumenta

3.5 Identificação das potenciais causas e consequências dos modos de falha

A avaliação das causas dos modos de falha e as respectivas consequências são apresentadas na Tabela 6. Esta avaliação buscou identificar as consequências das falhas a fim de considerar este importante critério que, ao ser combinado com aspectos do contexto operacional e outros padrões, são pontos de partida para a seleção de tarefas de manutenção apropriadas⁽¹⁾.

Tabela 6: Causas potenciais e consequências do modo de falha do sistema de injeção.

MODO DE FALHA	CAUSAS DO MODO DE FALHA	CONSEQUÊNCIAS DOS MODOS DE FALHA
1-Sensor de pressão inoperando	Erro de medição acima do permitido	Travamento da máquina
2-Rotina do software que controla tempo de comutação não funciona corretamente	Erro de medição acima do permitido	Comutação ocorrida em tempo insuficiente
3-Bomba hidráulica com baixa pressão na saída	Vedação danificada	Diminuição da temperatura e aumento da viscosidade

3.6 Especificação das tarefas de manutenção

Com o diagrama de decisão do processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade de Moubray⁽¹⁾, foram especificadas tarefas de manutenção para mitigar os modos de falha. Como resultado da aplicação do diagrama, foi possível identificar as rotinas de manutenção necessárias que poderiam ser aplicadas, de acordo com o modo de falha e, assim, verificar se algum modo de falha levantado por JaeHoon⁽⁵⁾ necessitaria de alguma medida para reprojeto. As tarefas de manutenção especificadas são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7: Tarefas de manutenção especificadas para o sistema de injeção.

MODO DE FALHA	EFEITO DA FALHA	TIPO DE TAREFA	DESCRIÇÃO DAS TAREFAS	INTERVALO	FERRAMENTAL	PADRÃO	EXECUTANTE
1-Sensor de pressão inoperando	A cavidade do molde não é preenchida totalmente	Recuperação periódica	Fazer a calibração e ajustar do sensor	6 meses	Transdutor de pressão padrão	Erro máximo 5%	Manutenção
2-Rotina do software que controla tempo de comutação não funciona corretamente	A cavidade do molde não é preenchida totalmente	Recuperação periódica	Fazer a calibração do temporizador e ajustar	1 ano	Cronometro padrão	Erro máximo 3%	Manutenção
3-Bomba hidráulica com baixa pressão na saída	A viscosidade do material a injetar aumenta	Manutenção preditiva	Inspeccionar a bomba quanto a existência de vazamentos e monitorar a pressão	Semanal	Lista de itens a inspecionar (check list)	NA	Manutenção

3.7 Comparação entre o plano de manutenção elaborado com o atual plano de manutenção

A comparação das tarefas estabelecidas no atual plano de manutenção com as tarefas advindas da aplicação do método Manutenção Centrada em Confiabilidade 2, utilizando o conceito de manutenção proativa de Moubray⁽¹⁾, permitiu identificar as tarefas de manutenção que podem ser agregadas ao atual plano.

Esta etapa demonstrou, ainda, uma rápida análise quantitativa das tarefas de manutenção dos dois planos de manutenção no âmbito total e por sistemas da máquina de injeção, segundo o critério de UFSCAR⁽⁷⁾.

3.7.1 Análise Quantitativa das Tarefas de Manutenção

Na Figura 2 é apresentado o comparativo quantitativo entre os dois planos. Embora o gráfico mostre que a quantidade de tarefas do atual plano é maior que o plano elaborado, segundo o método MCC 2, existem algumas tarefas que são distintas (como será apresentado posteriormente), o que reforça a estratégia de utilizar os dois planos de manutenção (o atual e o novo, segundo o método MCC 2) de forma complementar.

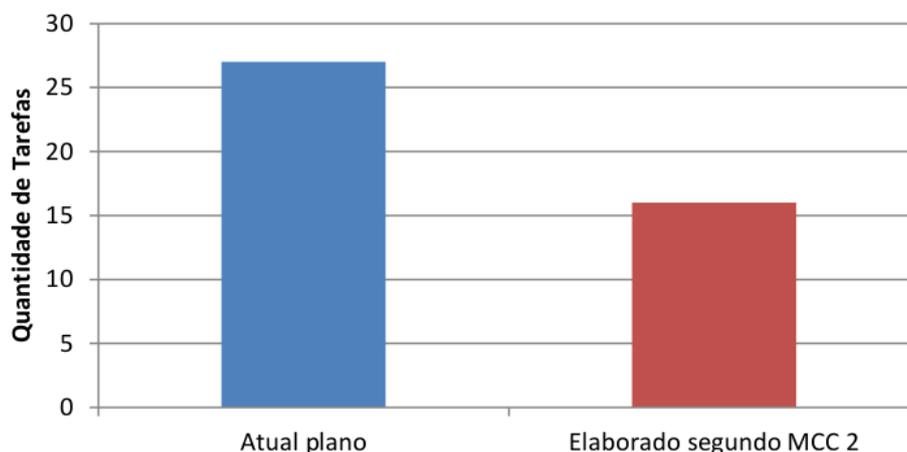


Figura 2: Quantidade total de tarefas de manutenção do atual plano de manutenção (barra azul) e do plano advindo do método MCC 2 (barra vermelha).

Na Figura 3 é apresentada uma comparação sobre as quantidades de tarefas utilizando como critério os tipos de sistemas de máquinas injetoras⁽⁸⁾.

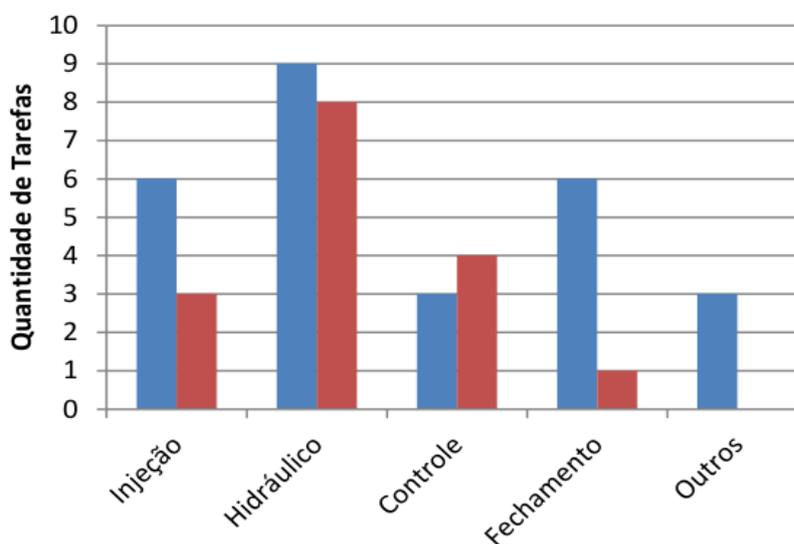


Figura 3: Quantidade de tarefas de manutenção do atual plano de manutenção (barras azuis) e do plano advindo do método MCC 2 (barras vermelhas) organizados por sistemas da máquina de injeção⁽⁹⁾.

3.7.2 Análise segundo conceito de manutenção proativa de Moubray⁽¹⁾

As tarefas de manutenção especificadas para o sistema de injeção por intermédio do método MCC 2 são tarefas que não estão previstas no plano de manutenção atual. As atividades de fazer a calibração e ajuste de sensores de

pressão, calibração e ajuste de temporizadores, bem como inspecionar vazamentos de fluidos hidráulicos, são complementares as atuais tarefas de limpar e lubrificar os componentes, tais como os blocos de deslizamento do platô móvel e as guias dos painéis deslizantes da unidade de injeção.

De acordo com SMAR⁽⁹⁾ a calibração permite conhecer as discrepâncias apresentadas pelo instrumento e, eventualmente, ajustá-la para reduzi-la. Em relação à inspeção quanto a vazamentos, se justifica pela avaliação de Barr⁽¹⁰⁾ em razão de vazamentos serem grandes causadores de quedas de pressão inesperadas e, esse tipo de evento, eleva o número de problemas de qualidade em peças injetadas e até provocar danos no molde.

3.8 Lista de sugestões de melhorias para o atual plano

Após a comparação entre o atual plano de manutenção e o plano de manutenção advindo da realizado do método MCC 2, uma lista de sugestões de melhorias é apresentada, tendo como motivação, atingir a maior eficiência possível do plano de manutenção (Tabela 8). Algumas tarefas de manutenção especificadas, ao longo da realização do método MCC 2, não foram incluídas na lista de sugestões em razão da já existência de outras ações de manutenção. Para a elaboração das periodicidades sugeridas foram utilizadas, como referência, as periodicidades de atividades similares especificadas no manual do fabricante Arburg, modelo 420C.

Tabela 8: Tarefas com lista de sugestões de melhorias para o atual plano de manutenção da injetora Arburg, modelo 420C.

Sistema	Tarefa de manutenção sugerida	Periodicidade sugerida	Ferramentas sugeridas	Sugestão de equipe para execução
Injeção	Fazer a calibração e ajustar do sensor	180 dias	Transdutor de pressão padrão	Manutenção
Injeção	Fazer a calibração do temporizador e ajustar	365 dias	Cronometro padrão	Manutenção

4 CONCLUSÃO

A elaboração de planos de manutenção de máquinas, as quais estão cada vez complexas, é um constante desafio para engenheiros, especialmente para aqueles que atuam focados em especialidades como a engenharia de manutenção.

A consideração de aspectos associados ao contexto operacional, bem como as expectativas do proprietário do equipamento em termos de desempenho, são pontos de partida importantes e devem ser ponderados durante o processo de elaboração do plano de manutenção.

Com o objetivo de suprir a lacuna dos planos de manutenção recomendados pelos fabricantes, tendo em vista a complexidade de estimar os efeitos de todos os

elementos do contexto operacional, o método MCC 2 foi utilizado como instrumento para identificar oportunidades de melhorias no atual plano de manutenção da injetora Arburg, modelo 420C.

A partir do desenvolvimento da realização da identificação das funções esperadas e os respectivos padrões de desempenho, da análise das funções e falhas funcionais, da utilização dos modos de falha de JaeHoon⁽⁵⁾, assim como, pela especificação das tarefas de manutenção, obteve-se comparação entre o plano de manutenção atual da injetora Arburg, modelo 420C.

Ainda que, para alguns sistemas da injetora Arburg, modelo 420C obteve-se uma quantidade diferente de tarefas de manutenção, o objetivo final de identificar oportunidades de melhoria foi alcançado e uma lista de sugestões de tarefas de manutenção, as quais podem ser utilizadas de forma combinada com as atuais tarefas existentes no plano de manutenção. Nesse sentido, a calibração dos sistemas de medição visou assegurar que medições corretas sejam realizadas, pois permite identificar erros de medição do instrumento e, eventualmente, ajustá-los de acordo com a necessidade. Outro ponto a destacar é a importância de seguir monitorando vazamentos, os quais resultam em muitas implicações negativas para a máquina causando desde a interrupção do funcionamento da injetora até problemas de segurança do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 MOUBRAY, John. Reliability Centered Maintenance 2. New York: Industrial Press, 1992. 427 p.
- 1 SMITH, Ricky; MOBLEY, R. Keith. Rules of Thumb for Maintenance and Reliability Engineers. Burlington: Elsevier, 2008. 321p.
- 2 Society American Engineering (SAE). Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (Rcm) Processes, JA1011. Warrendale, 2009. 11 p.
- 3 GENERAL MOTORS CORP. Potential Failure Mode and Effects Analysis FMEA Reference Manual. Detroit : Automotive Industrial Action Group, 2008. 142p.
- 4 JAEHOON, Lee; et al. Development of Computerized Facility Maintenance Management System Based on Reliability Centered Maintenance and Automated Data Gathering. International Journal of Control and Automation.2013. v.6, n.1.
- 5 National Aeronautics and Space Administration (NASA). Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment. Washington, 2008. 472p.
- 6 Universidade Federal de São Carlos (UFSCAR). Departamento de Engenharia de Materiais-Núcleo de Reologia e Processamento de Polímeros. Curso de Aperfeiçoamento em Tecnologia de Plásticos: Módulo 5: Moldagem Por Injeção de Termoplásticos. São Carlos, 2009. 158p.
- 7 ARBURG GmbH + Co KG. Operating manual for machine n°207185. Lossburg. 2007. 654p.
- 8 SMAR Equipamentos Industriais Ltda. Calibração de transdutores de pressão [Online]. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil/artigo-tecnico/calibracao-em-transmissores-de-pressao>>. Acesso em: set. 2019.
- 9 BARR, Deirdral. Injection Molding Hydraulics the Pressure is Rising. Machinery Lubrication Magazine. 2003.

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO: TRANSFORMADOR RETIFICADOR

De Barba Jr., D. J.¹

Bork. C.A.S.²

Silva, M. A. S..³

¹ *Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.*

¹ *Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Engenheiro, Marco Antonio de Souza Da Silva, IFSul. marco_antoniors@hotmail.com*

Resumo

Um dos principais objetivos da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é otimizar as atividades de manutenção, visto que a MCC centra seus esforços para determinar tarefas que são realmente necessárias para manter a função do sistema/equipamento, eliminando ou reduzindo tarefas desnecessárias. Neste artigo são demonstradas as ações iniciais para a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), na determinação de atividades de manutenção para os ativos do sistema de energia elétrica de tração de uma companhia do setor ferroviário, sendo realizado sobre as tarefas de manutenção do transformador retificador. A principal ferramenta utilizada foi FMEA e demonstrado como a ferramenta foi utilizada. Este trabalho representa o passo inicial para a continuação dos estudos de desenvolvimento de um plano de manutenção criado de forma racional e que possibilite evitar ou minimizar a consequência das falhas no sistema de energia elétrica da empresa, sendo demonstrado o resultado de um projeto piloto de implantação da Metodologia MCC. Como consideração final, destaca-se que 9 componentes foram filtrados e merecem atenção especial, sendo eles: o grupo de enrolamentos, óleo isolante, conservador de óleo, tanque do transformador, buchas de AT/MT, secador de ar, termômetro de óleo, cabos de média /alta tensão e relé bucholz, devendo esses terem ações prioritizadas preventivas, a fim de reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas e riscos atribuídos a estas possíveis falhas.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade; Plano de Manutenção; FMEA; Transformador Retificador.

RELIABLE CENTERED MAINTENANCE TO OBTAIN MAINTENANCE PLAN: RECTIFIER TRANSFORMER

Abstract

One of the main goals of Reliability Centered Maintenance (RCM) is to optimize maintenance activities, as RCM focuses its efforts on determining tasks that are really needed to maintain system/equipment function by eliminating or reducing unnecessary tasks. This article demonstrates the initial actions for the application of Reliability Centered Maintenance (RCM), in the determination of maintenance activities for the assets of the traction electric power system of a railway company, being performed on the maintenance tasks of the rectifier transformer. The main tool used was FMEA and demonstrated how the tool was used. This work represents the initial step for further studies on the development of a rationally created maintenance plan that will prevent or minimize the consequence of failures in the company's power system, and the result

of a pilot implementation project is demonstrated of the MCC Methodology. As a final consideration, it is noteworthy that 9 components have been filtered and deserve special attention, namely: the winding group, insulating oil, oil conservator, transformer tank, AT/MT bushings, air dryer, oil thermometer, medium/high voltage cables and buchoholz relay, which should have preventive prioritized actions in order to reduce the probability of occurrence of failures and risks attributed to these possible failures.

Key words: Reliability Centered Maintenance; Maintenance Plan; FMEA; Rectifier Transformer.

1 INTRODUÇÃO

No caminho da evolução da gestão da manutenção, surgiram várias propostas de melhoria. Entre elas, a inclusão dos princípios da confiabilidade no planejamento da manutenção, que culminou com o surgimento da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Esse método gerencial tem o objetivo de equilibrar a complexidade das organizações dotadas de modernas tecnologias com as ações requeridas para administrá-las com cada vez mais confiabilidade⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

Os sistemas complexos exigem sistemáticas de manutenção mais bem elaboradas. Exigem conciliar o conhecimento técnico com técnicas modernas de gestão. Nesse contexto a confiabilidade torna-se uma boa aliada, se utilizada para dominar o conhecimento relativo aos itens que precisam ser gerenciados⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

Um dos principais objetivos da MCC é otimizar as atividades de manutenção, visto que a MCC centra seus esforços para determinar tarefas que são realmente necessárias para manter a função do sistema/equipamento, eliminando ou reduzindo tarefas desnecessárias.

A proposta a ser desenvolvida neste trabalho é demonstrar a utilização dos princípios da MCC para o desenvolvimento de um plano de manutenção que possa ser usado nos ativos do sistema de energia elétrica de tração de uma empresa de trens, visto que as atividades do plano de manutenção em uso, atualmente, foram criadas com base nos manuais dos equipamentos e no conhecimento tácito do pessoal da manutenção. São, portanto, empíricas e obsoletas.

A NBR 5462⁽¹⁾ define o termo “manutenção” como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter um item em estado para que possa desempenhar uma função requerida.

Para que a função manutenção cumpra o seu objetivo plenamente, deve estar de acordo com os princípios administrativos estabelecidos pela empresa por meio de seus conceitos estratégicos e evoluir com a mesma rapidez que as outras funções administrativas. Deve ter sua área de abrangência e missão claramente identificadas e delineadas, com vistas ao futuro pretendido pela função e com percepção das limitações que são impostas para o desenvolvimento de suas ações⁽²⁾.

A MCC começou sua aplicação no setor aeronáutico, quando foi desenvolvido um avião de grande porte. Teve seu início quando houve a necessidade de certificação das aeronaves Boeing, modelo 747, pela FAA, na década de 60. Como esta aeronave trouxe índices de automação que não eram encontrados em nenhuma outra aeronave existente na época, os processos de manutenção existentes na segunda geração inviabilizariam o projeto da aeronave⁽³⁾.

Com isto, criou-se uma força-tarefa conhecida como MSG-1 (*Maintenance Steering Group*) para analisar a aplicação dos métodos conhecidos para estas aeronaves⁽⁴⁾.

O relatório emitido por esta força-tarefa estabeleceu a conceituação dos princípios da MCC. A partir de então, diversas aplicações foram conduzidas em diversos setores, tais como: área marítima, terminais de grão, minas de carvão, geração e distribuição de energia e, no Brasil, em ferrovias⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) é uma técnica de gerenciamento da manutenção, que atua desde o planejamento e controle à engenharia de manutenção, que é baseada na exploração e investigação de falhas potenciais de máquinas, conjuntos e sistemas, com as corretas tratativas, corretivas ou preventivas, de modo a atenuar ou anular os efeitos e impactos por estas ocorridas⁽⁶⁾⁽⁷⁾.

Os objetivos de um programa MCC, podem se resumir a conservar as funções do sistema, identificar as falhas funcionais e modos de falha, priorizar as funções críticas, selecionar as tarefas aplicáveis e efetivas e aumentar a confiabilidade do sistema⁽⁵⁾.

A manutenção tradicional é desempenhada em um sistema, ou conjunto de componentes, do mesmo modo, sem considerar as diferenças das funções entre componentes, dentro de um mesmo sistema⁽⁴⁾⁽⁸⁾.

A manutenção tradicional foi desenvolvida com pouca ou nenhuma consideração para como cada item do equipamento contribui para o sucesso global. Já na MCC, a frequência e as atividades de manutenção são desenvolvidas observando como cada item contribui para manter a função do sistema⁽⁴⁾⁽⁸⁾. O sucesso de cada aplicação depende, sobretudo, de apoio gerencial, da criatividade da equipe na utilização do método e do grau de cooperação do pessoal da instalação envolvidos com os sistemas⁽⁴⁾⁽⁸⁾.

Um dos pontos importantes a ser considerado na MCC é a mudança de paradigma em relação à manutenção: antes com foco em manter o equipamento, ela passa a considerar e preservar a função dos sistemas e as consequências de suas falhas⁽⁹⁾. A MCC fornece um novo modo de definir os objetivos da manutenção, qual seja, a preocupação em manter aquilo que o item faz e não aquilo que ele é⁽¹⁰⁾.

Em sistemas metroviários, Vasconcelos⁽⁹⁾ apresenta os benefícios trazidos com a implantação da MCC na manutenção dos sistemas no Metrô de São Paulo/SP, onde houve aumento do tempo médio entre falhas dos equipamentos e a redução do custo total da mão de obra utilizada em manutenção.

FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* - Análise de Modos de Falhas e Efeitos) é uma técnica que pode agregar conhecimento a MCC. Foi utilizada pela primeira vez por volta de 1950, no projeto de desenvolvimento de sistemas de controle de voo. É empregada na análise sistemática de todos os possíveis modos potenciais de falha de um sistema, assim como, identifica o efeito resultante de tais falhas sobre o sistema⁽⁴⁾⁽⁸⁾.

FMEA é um método utilizado para prevenir falhas e analisar os riscos de um processo, por meio da identificação de causas e efeitos para identificar as ações que serão utilizadas para inibir as falhas⁽¹¹⁾.

Pode-se definir Modo de Falha como “a forma do defeito”, “maneira na qual o defeito se apresenta”, “maneira com que o item falha, ou deixa de apresentar o

resultado desejado ou esperado”, “é um estado anormal de trabalho, a maneira que o componente em estudo deixa de executar a sua função ou desobedece às especificações”. O modo de falha é inerente a cada item, uma vez que cada item tem suas peculiaridades técnicas, funcionais e de ambiente de trabalho, além de materiais e qualidade de fabricação⁽¹²⁾.

Modo de falha está relacionado ao fato de como um processo pode ser levado a operar de maneira deficiente e é composto por três elementos: efeito, causa e detecção. Efeito é a consequência que a falha pode causar ao cliente; causa é o que indica a razão da falha ter ocorrido e detecção é a forma utilizada no controle do processo para evitar as falhas potenciais⁽¹¹⁾.

O FMEA tem por objetivo identificar, delimitar e descrever as não conformidades (modo da falha) geradas pelo processo e seus efeitos e causas, e por meio de ações de prevenção poder diminuí-los ou eliminá-los⁽¹¹⁾.

As causas do modo de falha são os motivos que levaram o modo de falha a ocorrer, podem estar nos componentes da vizinhança, fatores ambientais, erros humanos ou no próprio componente. O conhecimento prévio de cada modo de falha proporciona a possibilidade de tomar providências antecipadas para prevenir a manifestação daquele modo de falha, auxiliando nos aspectos de manutenibilidade e confiabilidade. Sendo assim, por meio do conhecimento das falhas, é possível definir o tipo de manutenção mais apropriado, promovendo uma maior disponibilidade do equipamento⁽¹²⁾.

A aplicação do FMEA tem por objetivo diminuir a probabilidade da ocorrência de falhas em processos, diminuir a probabilidade de falhas potenciais (que ainda não tenham ocorrido) em processos de operação, visando aumentar a confiabilidade de processos em operação através da análise das falhas que já ocorreram e, por fim, diminuir os riscos de erros e aumentar a qualidade em procedimentos administrativos⁽¹¹⁾.

Já as etapas da concepção do FMEA buscam identificar os índices de risco, hierarquizando-os por meio de pesos atribuídos a cada um dos itens, onde: a **ocorrência de causa** (O) é a probabilidade que uma causa particular possa acontecer e resultará no modo de falha durante a vida útil e uso do produto; a **severidade do efeito** (S) demonstra que a gravidade dos efeitos irá determinar os equipamentos nos quais prioridade de atuação é maior e a **detecção da falha** (D) significa a facilidade de detecção da falha pelo operador ou mantenedor. Os valores de detecção são uma medida da capacidade de identificar as causas ou mecanismos de falha e subsequentes modos de falha. É atribuído um valor de detecção que representa essa capacidade⁽¹¹⁾.

A preferência de atuação sobre os problemas é fundamentada no número de prioridade de risco (RPN). Este número é produto da ocorrência, severidade e detecção, não contendo qualquer outro significado a não ser o de ordenar a prioridade de atuação nos diversos modos de falhas ($RPN=SxOxD$)⁽¹¹⁾.

Para os valores definidos para os componentes (S), (O) e (D) são comumente usadas escalas numéricas, sendo determinadas estas linhas de orientação por meio de análises qualitativas e quantitativas. As análises quantitativas são norteadas pelo comportamento teórico esperado para o equipamento, enquanto que as qualitativas são baseadas em dados reais, como dados de controle estatísticos de processo, ensaios ou modelos similares. A quantificação desses três critérios pode ter qualquer

valor atribuído, sem necessidade de valores definidos, sendo comum a aplicação de duas escalas: a primeira de 1 a 5 e a segunda de 1 a 10⁽¹¹⁾.

A FMEA é aplicada por meio de um mecanismo simples que basicamente consiste em dispor os modos de falha em uma tabela, a fim de facilitar a classificação e interpretação. A partir da geração de uma lista com as possíveis falhas, organizada por ordem do risco, com as ações mitigatórias correspondentes a estes riscos, é possível garantir que todas possíveis falhas foram consideradas e minimizadas probabilidade de ocorrência⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No desenvolvimento da MCC foi utilizado o modelo demonstrado por Neto e Filho⁽¹⁵⁾, que teve como base o Método estabelecido por Smith e Hinchcliff⁽⁷⁾⁽¹⁶⁾.

Neste método é sugerida a divisão da análise em sete etapas:

1. Seleção do sistema e coleta de dados;
2. Definição das fronteiras do sistema;
3. Descrição do sistema e subsistema;
4. Descrição das funções do sistema e das falhas funcionais;
5. Análise das funções, modos de falha e seus efeitos (FMEA);
6. Tratamento dos dados e análise dos resultados;
7. Seleção de tarefas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relatados seguem a mesma ordenação apresentada no capítulo de Materiais e Métodos.

3.1 Seleção do sistema e coleta de dados

O Sistema de estudo selecionado foram subestações de fornecimento de energia, por sua grande complexidade operacional, riscos inerentes à planta decorrente de uma eventual falha e, como essas falhas interrompem todo sistema de fornecimento de trens.

Coletaram-se os dados junto ao setor de manutenção de energia da empresa, onde se realizou um levantamento em planilhas Excel e ordens de serviço arquivadas para registrar as intervenções e manutenções no equipamento.

O tratamento dos dados foi realizado com a utilização do FMEA, por meio tabulações e elencados os componentes do sistema em estudo, os modos de falhas e seus efeitos ao sistema e a determinação das possíveis causas.

3.2 Definições das fronteiras do sistema

O transformador retificador é um subsistema que possui como fronteiras a entrada de energia, através da conexão com as buchas primárias e com o disjuntor de grupo e, como saída, os cabos de interligação entre os enrolamentos de Média Tensão (MT) do transformador e os cabos de interligação para o retificador de tração pela conexão com as buchas do secundário duplo. Também representa uma fronteira o painel de interligação para alimentação dos serviços auxiliares e sinal para os equipamentos de supervisão e o sinal de saída dos Transformadores de Corrente (TC)

de bucha.

3.3 Descrição do sistema e subsistema

O estudo foi iniciado com o estabelecimento de tarefas de manutenção para o transformador de tração. O transformador faz parte do sistema grupo retificador que é composto também pela seccionadora de grupo e disjuntor de grupo. O transformador foi considerado como um subsistema chamado “subsistema transformador retificador”. Este subsistema possui como fronteiras a entrada de energia através da conexão com as buchas primárias com o disjuntor de grupo e como saída, os cabos de interligação entre os enrolamentos de Média Tensão (MT) do transformador e os cabos de interligação para o retificador de tração por meio da conexão com as buchas do secundário e terciário. Também representa uma fronteira o painel de interligação para alimentação dos serviços auxiliares e sinal para os equipamentos de supervisão e o sinal de saída dos transformadores de corrente (TC) de bucha.

Foi definido que a função principal do transformador é transformar a tensão primária de 138/69 kV para $2 \times 1.277 \text{ kV} \pm 2,5 \%$, com potência de 3,3 MVA.

3.4 Descrição das funções do subsistema e das falhas funcionais

A Tabela 1 foi montada com base nas análises realizadas em campo, a relação de função, falha funcional e seus respectivos efeitos que impactam, tanto o sistema como o subsistema. As perguntas que foram feitas, para a montagem da dessa Tabela 1, foram as seguintes: “O que pode acontecer com o desenvolvimento deste modo de falha?”, “O que isso causa no equipamento?”⁽¹²⁾.

Tabela 1: Demonstração das funções, falhas funcionais e efeitos verificadas no transformador.

Nº	FUNÇÃO PRINCIPAL	Nº	FALHA FUNCIONAL	EFEITO
F-01	Transformar a tensão primária de 138/69 kV para $2 \times 1.277 \text{ kV}$, 2,5%, com 3,3 MVA.	FF-01	Não transformar.	Potencial zero no secundário do transformador;
		FF-02	transformar a tensão abaixo da tensão nominal.	Sub tensão no secundário do transformador;
		FF-03	transformar a tensão acima da tensão nominal.	Sobre tensão no secundário; queima de componentes do retificador;
F-02	Isolar componentes	FF-04	Não isolar em razão da perda	Choque elétrico; formação

Em alguns casos, diferentes falhas podem apresentar o mesmo efeito ao subsistema, como nos casos de falhas de isolamento, falta de óleo na bucha, o efeito do desenvolvimento de qualquer um destes a explosão, curto circuito, arco voltaico e comprometimento dos componentes do retificador, por exemplo.

Após a determinação das funções principais, falhas funcionais e efeitos, foi montada uma matriz de falhas funcionais x item ou componente, onde foi possível verificar em quais itens as falhas teriam relevância. Exemplo desta matriz pode ser visualizado na Tabela 2

Tabela 2: Exemplo da Matriz de Efeito de Falhas x Componentes.

COMPONENTE	Não transformar.	Não reter óleo, Não expandir o óleo para o tanque de expansão.	Não isolar componentes internos.	Não desumidificar o ar.	Não conter óleo no interior.	Não isolar entre conexão e carcaça.
Enrolamentos	x					
Buchas de AT e MT	x				x	x
Tanque do transformador		x				
Conservador de óleo			x			
Óleo isolante	x		x			

Por meio da Tabela 2 observou-se quais componentes merecem atenção especial.

3.5 Análise das falhas e modos de falhas

Foi adotado fluxo de decisão, baseado em uma série de perguntas sobre a falha funcional e os modos de falha associados ao componente. Isso auxiliou para determinar a necessidade e a periodicidade das medidas preventivas, corretivas e outras tarefas de manutenção (Figura 1).

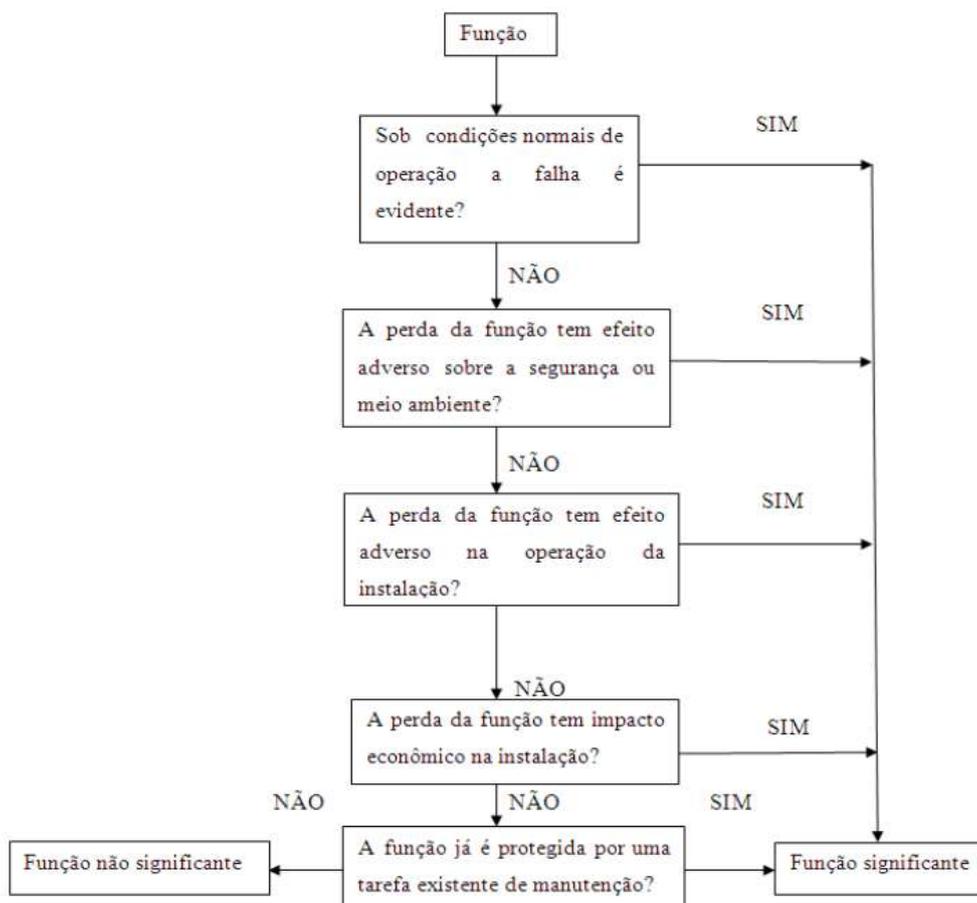


Figura 1: Fluxo de Decisão das Funções Significativas⁽⁵⁾.

O próximo passo foi a aplicação da FMEA (Tabela 3), onde se levantou os modos de falha e o impacto que cada falha causaria dentro do sistema. Também foram atribuídos valores do número de prioridade de risco (RPN), a fim de priorizar as ações de manutenção.

Tabela 3: Priorização de ações de manutenção segundo RPN (Exemplo).

FALHA FUNCIONAL	MODO DE FALHA	EFEITO	RPN
FF-01-Não Transformar	MF-01 Isolamento da parte ativa danificada	Choque elétrico; formação de arco voltaico; explosão do transformador retificador;	10
	MF-02 Óleo mineral isolante contaminado	Formação de arco voltaico no interior do transformador, curto circuito nos enrolamentos, danificação da TAP, explosão do óleo isolante	10
	MF-03 Bucha do transformador danificada	Arco voltaico, explosão da bucha;	10
	MF-04 Relé Buchholz com defeito	Não Transformar	8

3.6 Tratamento dos Dados e Análise dos Resultados

Foram arbitrados, pelo número de prioridade de risco, os elementos que são mais críticos no subsistema do transformador retificador; sendo assim, priorizou-se todos os elementos com RPN acima de 6.

Neste artigo, será apresentado apenas os dados do óleo isolante (Tabela 4).

Tabela 4: Elemento escolhido dentre os mais críticos do subsistema e suas possíveis causas de falhas.

COMPONENTES DO SISTEMA	MODO DE FALHA CAUSADO	EFEITOS NO SISTEMA	ESTIMATIVA DE SEVERIDADE	CAUSAS DA FALHA
Óleo Isolante	MF-02 Óleo mineral isolante contaminado	Formação de arco voltaico no interior do transformador, danificação da TAP, explosão do óleo isolante, curto circuito nos enrolamentos, não fornecimento de energia retificada	10	falta de análise do DGA em períodos estipulados pelo fabricante; falta de aplicação de termovácuo.

3.7 A seleção de tarefas

O último passo compreende a definição das tarefas que foram aplicadas no plano de manutenção para o sistema em estudo. Utilizou-se um diagrama de decisão para auxiliar na definição das tarefas aplicáveis e eficazes, para cada tipo de modo de falha que foi indicado na FMEA. No final desta etapa, o plano de manutenção estava completo.

Apesar de mais de 90% dos casos de avaria em cabos elétricos serem oriundos de problemas mecânicos (ruptura de isolação de cabos) e os outros 10% serem

referentes a problemas de emendas e conexões, foi suprimida do plano de manutenção a atividade de reaperto das mesmas, que era realizada semestralmente e, em seu lugar, ficou determinada uma inspeção termográfica nas conexões e emendas do transformador com periodicidade anual. Também ficaram estabelecidas várias outras atividades como inspeção visual e limpeza das buchas, como forma de prevenção contra falhas no subsistema.

3.7.1 Plano de manutenção e ações propostas

Após o preenchimento da planilha FMEA (Tabela 5), no formato Excel, onde estão dispostos os dados do equipamento, obtidos por meio de pesquisa ou estimados, chegou-se às proposições para geração de um plano de ação mais enxuto. Assim sendo, foi selecionado o componente que apresentava maior índice de severidade, o que representava maior risco ao funcionamento do transformador: óleo isolante de transformador retificador.

Como ação preventiva para minimizar a possibilidade dessas falhas elencadas na Tabela 5, optou-se pela implementação da análise semestral dos vedantes do transformador, uma análise semestral da sílica gel, bem como registros e válvulas. Ao sinal de vazamentos através dos retentores ou válvulas, os componentes devem ser sanados em caráter corretivo e o óleo deve ser submetido à uma análise em laboratório, afim de garantir que o mesmo não teve contato com umidade.

Tabela 5: Planilha de Seleção de Tarefas.

Análise dos modos de falha e efeitos						
Unidade Operacional: Setor de Energia			Técnico metroviário responsável: Marco			
Sistema: Subestações			Revisão: 01			
Subsistema: Transformador Retificador			Data de início da proposta: 30/11/2018			
Descrição do produto	Função do produto	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	Causa da falha potencial	Formas de controle propostas	Periodicidade da ação/método
Óleo Isolante de Transformador Retificador	Isolar componentes energizados (enrolamentos, núcleos de ferro, papel isolante, etc)	Não transformar	Potencial zero no secundário	Introdução de umidade ao equipamento através de falhas de vedações	Inspeção visual de válvulas, vedantes, orings e sílica gel	Análise visual semestral, com checklist indicando a posição de todos vedantes e registros do transformador; coloração da Sílica gel deve estar rosa. (conforme item A-6 e A-7 do Anexo: manutenções e inspeções periódicas)
	Transferir calor gerado pelo núcleo	Não isolar em razão de perda de propriedades isolantes por contaminação de partículas sólidas, umidade ou gases explosivos Perda de capacidade de refrigeração do equipamento	Fornecimento de sub tensão	Falha da instrumentação (Termômetro de óleo)	Inspeção da temperatura do óleo (termômetros)	Análise visual diária, em todas as quatro subestações
			Choque elétrico, arco voltaico	Falha no visor de óleo (vazamento, trincas, etc)	Verificação do nível e cor do óleo no visor	Análise visual diária, em todas as quatro subestações
			Explosão do Transformador Retificador	Falta de manutenção preventiva	Execução de cromatografia (DGA)	Análise anual, de caráter intensivo, conforme Tabela 9 do Apêndice (Definições técnicas, procedimentos adotados em ensaios de campo, coletas de dados em campo)
			Certo Circuito nos enrolamentos do equipamento	Execução de termovisco no óleo do transformador	Após teste de DGA indicar alteração no óleo, realizar imediatamente termovisco	
		Sobreaquecimento do óleo isolante, geração de gases hidrocarbonetos				
		Comprometimento do tanque de expansão				

Fez-se necessária uma rotina de análise visual diária em todas as quatro subestações, com o intuito de registrar e monitorar dados referentes à temperatura, nível e cor do óleo, através dos visores e instrumentação do transformador. Constatada qualquer anomalia na inspeção diária, o mesmo grupo transformador deve ser desligado e, logo após, a energização do grupo transformador reserva, e então, dar-se início à manutenção corretiva.

Também, sugere-se a implementação, de caráter preventivo, de forma intensiva, a execução de cromatografia (DGA) em laboratório, a fim de prever qualquer indício de formação de gases, sedimentação de partículas sólidas e formação de umidade.

As melhorias propostas ficam apenas como sugestão, necessitando, para serem implantadas, estudos mais aprofundados, tanto na esfera de segurança como do ponto de vista de custos para verificar a viabilidade de implantação dos mesmos.

Segurança e confiabilidade são prioridades nas operações em subestações. Equipamentos elétricos, especialmente os que operam em média e alta tensão, como no caso de subestações de tração de trens, teriam dimensões catastróficas para a sociedade e meio ambiente, se ocorresse uma falha, o que justifica a busca por métodos ou formas de mensurar e, sempre que possível, aumentar a confiabilidade dos equipamentos, tornando os sistemas mais robustos.

3.8 Discussão

O desenvolvimento deste projeto piloto foi realizado dentro de um prazo de aproximadamente dezoito meses. Apesar do tempo, pôde-se perceber que a utilização da Manutenção Centrada em Confiabilidade é uma excelente ferramenta para a definição de Planos de Manutenção. MCC sugere um meio de documentar e organizar as informações colhidas em campo; proporciona um melhor conhecimento sobre o subsistema em estudo por meio das planilhas atualizadas, digitalização de ordens de serviço, relatórios de acompanhamento técnico, a criação de pastas em diretórios próprios, possibilitando o rastreamento de históricos de eventos de manutenção que, antes desse trabalho, se encontravam na mente dos funcionários antigos ou salvos em manuais e outros documentos guardados de forma não organizada.

Um dos métodos utilizados na aplicação do MCC foi determinar as tarefas que são realmente necessárias, a fim de manter a função dos equipamentos do sistema⁽²⁾⁽¹⁷⁾. Nesse trabalho, foi determinado que a causa principal de manutenções e paradas nos equipamentos é o problema com o óleo isolante dentro do transformador, responsável, em sua falha, por explosões, curto circuito entre bobinados, formação de arco voltaico, não fornecimento de tensão retificada, dentre outras consequências que não permitiam a operação dos trens por falta de alimentação elétrica.

Foram realizados ensaios físico-químicos de amostras de óleo isolante, teor de água, teste de rigidez dielétrica, análise de imagens térmicas e medição de resistência elétrica em todos os enrolamentos, entre fase e carcaça.

Foi seguido, dentro do possível, as manutenções efetuadas em intervalos pré-determinados, de acordo com critérios prescritos pelo fabricante, ou pela empresa, para reduzir a probabilidade de falha ou degradação dos equipamentos⁽¹⁾. Esse método se justifica pelo que já foi citado por Araújo e Câmara⁽¹⁸⁾ que definem a manutenção preventiva “como um conjunto de ações que visam prevenir a quebra do equipamento” e os mesmos autores salientam que “no plano de manutenção preventiva, as atividades são determinadas com base no manual dos equipamentos, fornecido pelo fabricante.”

A importância da manutenção preditiva é tal, que a mesma garante a qualidade desejada com base em medições e análises, ou amostragens, a fim de reduzir a

manutenção preventiva e corretiva. Isso é percebido, por exemplo, na análise de óleo isolante, no caso do transformador retificador, onde foi detectado sobreaquecimento e pequeno dano no comutador de derivações, devido à formação de arco.

As falhas mais observadas são devidas ao desgaste de componentes, corrosão, fadiga, trincas, deterioração mecânica, elétrica e manutenção insuficiente. Neste caso, Sellito⁽¹⁹⁾, afirma que o método necessário é a prevenção por substituição de itens. Foi então realizada uma análise e investigação de falhas potenciais do sistema, as mais significativas, com as respectivas ações de tratativas corretas, corretivas e preventivas, de modo atenuar ou anular as falhas funcionais⁽⁶⁾⁽⁷⁾.

Um dos pontos importantes no sucesso da aplicação do MCC foi a mudança de paradigma em relação à manutenção: preservar a função e as consequências de suas falhas⁽⁹⁾.

4 CONCLUSÃO

Neste artigo é demonstrado o resultado de um projeto piloto de implantação da metodologia MCC. O interesse em realizar uma análise MCC foi em verificar as atividades de manutenção preventiva e corretiva para as subestações de tração.

O estudo foi iniciado com o estabelecimento de tarefas de manutenção para o transformador, devido ao grande impacto que pode existir no sistema caso ocorra uma falha neste equipamento.

Em razão da complexidade do subsistema, foi definido que a análise da MCC seria realizada para falhas que pudessem causar graves problemas ao equipamento e falhas no sistema de proteção.

Após a determinação das funções e falhas funcionais foi montada uma matriz de falhas funcionais x item ou componente, onde foi possível verificar em quais itens as falhas teriam relevância. O próximo passo foi a aplicação da FMEA, onde se listou os modos de falha e o impacto que cada falha causaria dentro do sistema.

Como consideração final, pode-se destacar que 9 componentes foram filtrados e merecem atenção especial: o grupo de enrolamentos, óleo isolante, conservador de óleo, tanque do transformador, buchas de AT/MT, secador de ar, termômetro de óleo, cabos de média /alta tensão e relé buchholz, devendo esses terem ações prioritizadas preventivas, a fim de reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas e riscos atribuídos a estas possíveis falhas.

Foram propostas alterações no sistema, em especial no item óleo isolante, o que diminui o índice de severidade atribuído a estas falhas potenciais, mas ainda assim esses 9 componentes permanecem sendo os que apresentam pontuações mais altas.

REFERÊNCIAS

- 1 Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5462:1994: Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.
- 1 FUENTES, F.F.E. Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial. 2006. 208f. Tese de Doutorado. (Doutor em Engenharia Mecânica) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

- 2 ALAS, Layda Faustina Anselmo. Aplicação da metodologia de Manutenção Centrada na Confiabilidade em locomotivas da frota RJ–MRS. 2012. 58f. Monografia Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2012.
- 3 BARAN, Leandro Roberto. Manutenção Centrada em Confiabilidade Aplicada na Redução de Falhas: um estudo de caso. 2011. (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, PR.
- 4 SIQUEIRA, Y. P. D. S. Manutenção centrada na confiabilidade: manual de implantação. 1a (Reimpressão). ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.
- 5 SOUZA, José Barrozo e MARÇAL, Rui Francisco Martins. Reability Centered Maintenance (RCM) e Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): uma reflexão teórica-analítica. XVI SIMPEP, 2009.
- 6 ZANFRAN, Carlo: Manutenção Centrada em Confiabilidade: Verificação de sua Aplicação para Estabelecer Tarefas de um Plano de Manutenção. Dissertação, UFRGS, 2011.
- 7 SEIXAS, Eduardo de Santana. Confiabilidade Aplicada na Manutenção, Rio de Janeiro, 2002.
- 8 VASCONCELOS, V.M.A.S., Implantação de RCM no Metrô e a Importância dos Facilitadores, Revista Brasil Engenharia, Ed. 587, p. 147 – 150, 2008.
- 9 LUCATELLI, M. V., Proposta de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Equipamentos Médicos - Hospitalares, Tese de Doutorado, UFSC, 2002.
- 10 BASTO, A. L. A. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) Como Ferramenta de Prevenção da Qualidade em Produtos e Processos – Uma Avaliação da Aplicação em um Processo Produtivo de Usinagem de Engrenagem. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.
- 11 SAKURADA, E. Y. As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos. 2001. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Florianópolis, SC.
- 12 TAHARA, Sayuri. FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). 2008 Disponível em:<<http://www.portaldeconhecimentos.org.br/index.php/por/Conteudo/FMEA-Failure-Mode-and-Effect-Analysis>>. Acesso em: Set. 2019.
- 13 MAIA, Jean: Análise da Confiabilidade uma Bomba Centrífuga por meio da Aplicação do Método FMECA. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, IF SUL Sapucaia do Sul, RS, 2016.
- 14 NETO, A.C.L, FILHO, G.B., Manutenção Centrada em Confiabilidade, ABRAMAN, 2005.
- 15 SMITH, A. M.; HINCHCLIFFE, G. R. RCM: gateway to world class maintenance. 2a. ed. Burlington: Elsevier Butterworth–Heinemann, 2003.
- 16 RAUSAND, M.; HOYLAND, A. System Reliability Theory: models, statistical methods, and applications. 2a. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2004.
- 17 ARAÚJO, I.M., CÂMARA, J. M., Manutenção Elétrica Industrial, Capítulo 3, Revista O Setor Elétrico, Edição 50, p. 50-57, março 2010.
- 18 SELLITO, M.A., Formulação Estratégica da Manutenção Industrial com Base na Confiabilidade dos Equipamentos, Revista Produção, v.15, n.1, p. 44-59, Jan./Abr. 2005.

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA DE DIAGNÓSTICO DfE MATRIX EM MOLDES DE INJEÇÃO

De Barba Jr., D. J.¹

Bork, C.A.S.²

Marques, G.S.³

Avila, L.F.⁴

¹ *Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.*

¹ *Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Engenheiro, Guilherme dos Santos Marques, IFSul.*

³ *Engenheiro, Luciano Fleck Avila, IFSul.*

Resumo

A metodologia de Ecodesign promove a inclusão das considerações ambientais ao processo de desenvolvimento de produto, propiciando melhoria do funcionamento ambiental dos produtos ao longo de todo seu ciclo de vida, justamente na fase de início do processo de desenvolvimento, onde se constata a maior chance de melhoria de eficiência ambiental do produto. Este trabalho tem o objetivo de aplicar conceitos de Ecodesign, com utilização da ferramenta de diagnóstico DfE Matrix, para análise dos impactos ambientais de cada fase do ciclo de vida de moldes para injeção. Para tal, fez-se uma adaptação da ferramenta DfE Matrix para o projeto de moldes de injeção de termoplásticos observando as etapas que um molde passa ao longo de sua vida e impactos que cada etapa contribui para o meio ambiente. Com base nos aspectos abordados sobre ciclo de vida do molde, utilizou-se a matriz cruzando as fases de vida do molde com os aspectos ambientais relacionados com cada fase. A ferramenta DfE Matrix foi aplicada em uma empresa que comporta o ciclo de vida de um molde, na forma de questionários. Os resultados obtidos mostram uma falta de equipamento adequado ou de conhecimento sobre análise de gasto energético em todo ciclo de vida, assim como para as questões de resíduos líquidos e gasosos.

Palavras-chave: Ecodesign; Impacto Ambiental; Ciclo de vida.

USING THE DfE MATRIX DIAGNOSTIC TOOL IN INJECTION MOLDS

Abstract

The Ecodesign Methodology promotes the inclusion of environmental considerations in the product development process, providing an improvement in the environmental functioning of products throughout their life cycle, right at the beginning of the development process, where there is a greater chance of improvement of environmental efficiency of the product. This work aims to apply Ecodesign concepts, using the DfE Matrix diagnostic tool, to analyze the environmental impacts of each phase of the injection mold life cycle. To this end, the DfE Matrix tool was adapted for the design of thermoplastic injection molds observing the steps that a mold goes through its life and impacts that each step contributes to the environment. Based on the aspects discussed about mold life cycle, the matrix was used crossing the mold life phases with the environmental aspects related to each phase. The DfE Matrix tool was applied to a company that supports the life cycle of a mold in the form of questionnaires. The results show a lack of adequate equipment or knowledge about energy expenditure analysis throughout the life cycle, as well as for liquid and gaseous waste issues.

Key words: Ecodesign; Environmental Impacts; Life Cycle.

1 INTRODUÇÃO

Desenvolvimento sustentável, criada na comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento em 1987, como sendo “desenvolvimento que atende as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender as suas necessidades”⁽¹⁾ e também visando atender a demanda do mercado mundial sobre a procura cada vez maior de novos produtos, constata-se a necessidade de novas ferramentas de processo de desenvolvimento de produtos (PDP), preparado para atender as necessidades de mercado e as necessidades do ambiente como um todo.

Para a inclusão das considerações ambientais ao processo de desenvolvimento de produto é que se faz o uso da metodologia de Ecodesign, que promove a melhoria do funcionamento ambiental dos produtos ao longo de todo seu ciclo de vida, justamente na fase de início do processo de desenvolvimento que foi constatada uma maior chance de melhoria de eficiência ambiental do produto⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾.

A aplicação do Ecodesign nas empresas ainda depende de fatores motivacionais externos, pois nem todas as organizações utilizam de princípios de desenvolvimento sustentável nas suas missões ou, pretendem colocar em risco sua existência, agregando em seu processo alguma ferramenta que possa encarecer o seu produto⁽⁵⁾. Visto essas dificuldades de adesão ao desenvolvimento sustentável por parte das indústrias, o Governo Federal, através da Lei 12.305 de Agosto de 2010⁽⁶⁾, sobre resíduos sólidos, incentiva que as companhias incluam este movimento, em troca disso, obterão de forma direta benefícios competitivos que lhe renderão maiores negócios, e com isto, maior lucratividade.

Este trabalho consiste em aplicar conceitos de Ecodesign, com a utilização da ferramenta de diagnóstico DfE Matrix, para análise dos impactos ambientais de cada fase do ciclo de vida de moldes para injeção.

Todos os produtos causam impactos ambientais durante o seu ciclo de vida de alguma maneira, desde a extração da matéria-prima, produção, uso, até a gestão e disposição dos resíduos. Esses efeitos ambientais resultam de decisões inter-relacionadas feitas em vários estágios do ciclo de vida do produto⁽⁷⁾.

O desempenho ambiental de um produto é determinado pela soma de todos os impactos ambientais ao longo do seu ciclo de vida. O ciclo de vida de um determinado produto, peça ou equipamento não termina quando ele deixa de ser usado ou sua venda é descontinuada⁽⁷⁾.

A indústria tem o desafio de incluir e justificar a eco-eficiência em seus produtos a fim de torná-los sustentáveis, ao longo de toda a cadeia do seu ciclo de vida, e não meramente no seu processo de fabricação e inserção do produto no mercado. Sendo assim, não unicamente resultados econômicos e ambientais são almejados, com o novo foco do produto e produção sustentável, mas aspectos sociais e éticos são de interesse no desenvolvimento da empresa na sociedade⁽⁸⁾.

O ciclo de vida do molde pode seguir as seguintes etapas⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾:

- **Matéria-prima:** Fornecedor responsável pela transformação de recursos provenientes da natureza ou reciclagem, em produtos de usina que serão usados na construção dos componentes do molde.

- **Projeto do molde:** Concepção do projeto da ferramenta (molde) que deverá atender os requisitos do produto injetado pelo mesmo.
- **Construção do Molde:** Transformação da matéria-prima nos componentes desenvolvidos no projeto do molde.
- **Utilização:** O propósito pelo qual o molde foi desenvolvido e construído. Injeção de polímero para obtenção de peças e componentes plásticos.
- **Fim de vida:** Quando o molde não realiza mais a sua função, por descontinuidade da peça que ele produz ou por desgaste da cavidade ou componentes, não garantindo mais a qualidade de injeção.

A etapa de obtenção da matéria-prima apresenta as condições mais críticas quanto a emissões de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, além do elevado consumo de energia nos processos de transformações das indústrias siderúrgicas⁽⁹⁾.

A fase do projeto do molde é a menos agressiva ao meio-ambiente por consumir, basicamente, recursos de energia elétrica. Mas esta fase é de grande importância pelas decisões tomadas, pois as tomadas aqui irão influenciar diretamente as fases posteriores. O projeto do molde deverá prever os materiais usados na manufatura, na usinagem, os tratamentos térmicos e superficiais, a quantidade de peças, a necessidade ou não de manutenção e lubrificação, a intercambiabilidade de peças com outros moldes, o desempenho energético e térmico, entre outros, e, também deve prever, o atendimento dos requisitos de um projeto de molde, que compreende a correta dimensão e forma da peça, demanda de produção, custo de produção, tamanho da máquina injetora. Todos estes pontos impactam ainda no fim da vida do molde, quanto tempo este vai cumprir sua função e qual o destino dos seus componentes⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾.

Na construção do molde, usinagem dos componentes e montagem, se faz uso de fluídos de corte, lavagem de peças, tratamentos térmicos que demandam grande quantidade de energia, tratamentos superficiais que utilizam produtos corrosivos, além da geração de sólidos em maior parte por cavacos⁽¹¹⁾.

Durante a utilização do molde, a injeção demanda certa quantidade de energia, tanto para funcionamento da máquina injetora, quanto para aquecimento do polímero e resfriamento da peça injetada. A injeção de termoplásticos ainda conta com a emissão de vapores tóxicos pelo uso de cargas, pigmentos, solventes, desmoldantes, além de resíduos líquidos e sólidos⁽¹²⁾.

O final da vida útil do molde normalmente ocorre desgaste da cavidade de injeção, o que não permite mais garantir a qualidade da peça injetada⁽¹⁰⁾.

O Ecodesign transmite uma ideia de responsabilidade ambiental entre os projetistas de produto. Seu objetivo é buscar novos materiais recicláveis, como matéria prima, ou reaproveitar os utilizados. Propõem um ideal em sustentabilidade envolvendo assuntos naturais e reciclagem, embora não exista um consenso definido entre todos os “ecodesigners”⁽¹³⁾.

Muitas empresas estão adotando este conceito de planejamento do produto por possibilitar reaproveitar os materiais e utilizar materiais recicláveis em todo ciclo de vida do produto. Isto se deve à percepção do mercado consumidor cada vez mais exigir produtos com uma filosofia sustentável⁽¹³⁾.

A atuação do projetista não é apenas na concepção de um novo produto, mas em todas as etapas necessárias para produção, distribuição e descarte. Papanek⁽¹⁴⁾ desenvolveu desta maneira, o processo de desenvolvimento de produto em seis

etapas, que são as maiores causadoras de impacto ambiental, para projeto de Ecodesign, sendo elas:

1. Escolha de Materiais
2. Processos de fabricação
3. Embalagem o produto
4. Produto acabado
5. Transporte do produto
6. Geração de resíduos sólidos

É de responsabilidade do projetista, especificar cada uma dessas etapas, de forma que, soluções ecologicamente corretas possam ser adotadas, permitindo uma maior eficácia no resultado final⁽¹³⁾.

O Ecodesign, em sua essência, é uma aplicação de gestão ambiental voltada ao processo de desenvolvimento de produto para obter uma redução dos impactos ambientais em todo ciclo de vida deste produto. No entanto, é necessário observar que nenhuma redução do impacto ambiental será obtida a menos que o resultado gerado, diante deste conceito, seja igual ou superior nas questões de comportamento, execução, aplicação, finalidade, aparência, qualidade e custo⁽¹⁶⁾.

O Ecodesign é uma importante forma de aquisição de valores financeiros para as empresas que souberem identificar sua aplicação com a utilização da lei 12.305/2010, além dos benefícios na redução de custos e na melhoria no desenvolvimento sustentável⁽¹⁷⁾.

As ferramentas de Ecodesign, mesmo que de grande importância, ainda são pouco utilizadas, devidas á⁽¹⁶⁾:

- **Baixa demanda:** não existe requisitos ambientais para o produto.
- **Falta de tempo:** as empresas não dedicam tempo para a aplicação de ferramentas de gestão no desenvolvimento dos seus produtos.
- **Grande número de ferramentas:** as empresas têm dificuldades de definirem e escolherem quais ferramentas são adequadas ao seu perfil e produto.
- **Integração ineficaz das ferramentas:** as ferramentas de Ecodesign são aplicadas em atividades a parte do fluxo normal de desenvolvimento do produto.
- **Ferramentas não adaptadas ao contexto da empresa:** as ferramentas precisam ser adaptadas para a realidade de cada empresa.
- **Falta de aplicação sistemática:** As ferramentas são usadas após a consulta com especialistas, não passando por uma análise sobre a viabilidade da ferramenta para cada empresa.

As maiores barreiras para a aplicação do Ecodesign para as pequenas e médias empresas são: a não percepção de benefícios ambientais, a falta de percepção de responsabilidade e a alta de alternativas disponíveis⁽¹⁸⁾.

Por estas razões, a aplicação do Ecodesign está reduzida a um número pequeno de grandes empresas, nos países mais desenvolvidos industrialmente, ou onde existe um desenvolvimento no método e educação⁽¹⁹⁾.

Existem diferentes métodos e ferramentas desenvolvidos para diferentes modalidades de empresas, tipos de produtos e objetivo da análise. Baumann⁽⁷⁾

distinguiu em seis tipos de categorias: *frameworks*, *guidelines* e *checklists*, *rating* e *ranking*, software e sistemas *expert*, ferramenta analítica e ferramentas organizacionais. Este trabalho utiliza a ferramenta Matriz de Projeto para Meio-Ambiente (*Design for Environment Matrix – DfE Matrix*), uma ferramenta analítica bastante utilizada por alguns autores Nacionais como Pigosso⁽²⁰⁾, Guelere Filho⁽²¹⁾ e Cobra⁽²²⁾, ao qual adaptaram do seu conceito original de Yarwood e Eagan⁽²³⁾.

A escolha dessa ferramenta baseou-se por ser de característica comparativa, com baixo tempo de demanda, de uso e aplicação. Ela abrange ainda todas as fases do ciclo de vida, pode ser adaptada de acordo com a conveniência do projeto e utiliza-se de um roteiro de baixa complexidade⁽²³⁾.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os estudos sobre Ecodesign, molde e ciclo de vida foram a base para a adaptação da ferramenta DfE Matrix⁽²²⁾ para o projeto de moldes de injeção de termoplásticos. Com base nos aspectos abordados sobre ciclo de vida do molde, montou-se a matriz cruzando as fases de vida do molde com os aspectos ambientais relacionados com cada fase. Etapas do ciclo de vida do molde podem ser organizadas conforme a Figura 1.



Figura 1: Ciclo de Vida do Molde.

Para cada fase de vida do molde, conforme apresentado na Figura 1, onde é mostrado o impacto ambiental de cada fase do ciclo de vida sobre consumo de recursos e emissão de resíduos, lista-se os aspectos ambientais da seguinte forma:

- Materiais (material virgem, originário de reciclagem ou aproveitamento);
- Consumo de energia;
- Resíduos sólidos;
- Resíduos líquidos;
- Resíduos gasosos.

A Figura 2 mostra o cruzamento das fases do Ciclo de Vida X Aspectos Ambientais.



Figura 2: Ciclo de Vida X Aspectos Ambientais.

Desta forma, após o cruzamento das etapas de ciclo de vida do molde com os aspectos ambientais, um questionário foi elaborado com perguntas relacionadas para cada aspecto ambiental, abordando questões sobre consumo de materiais, consumo de energia, emissão de resíduos, uso de substâncias tóxicas, uso de materiais provenientes de reciclagem e reaproveitamento, além do uso de softwares com intuito buscar a redução do consumo de recursos.

Com o cruzamento das fases do ciclo de vida com os aspectos ambientais, também foi possível gerar a matriz apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Matriz ciclo de vida x aspectos ambientais⁽²²⁾.

Fases do ciclo de vida	Aspectos Ambientais					Total
	1 Materiais	2 Consumo de Energia	3 Resíduos Sólidos	4 Resíduos Líquidos	5 Resíduos Gasosos	
A Fornecedor (matéria-prima)	(A.1) 0	(A.2) 0	(A.3) 0	(A.4) 0	(A.5) 0	0
B Projeto do Molde	(B.1) 0	(B.2) 0	(B.3) 0	(B.4) 0	(B.5) 0	0
C Construção do Molde	(C.1) 0	(C.2) 0	(C.3) 0	(C.4) 0	(C.5) 0	0
D Utilização	(D.1) 0	(D.2) 0	(D.3) 0	(D.4) 0	(D.5) 0	0
E Fim de Vida	(E.1) 0	(E.2) 0	(E.3) 0	(E.4) 0	(E.5) 0	0
Total	0	0	0	0	0	0

Esta matriz possui 25 campos (A1, A2, A3... E3, E4 e E5) que são pontuados (máximo cinco pontos), conforme exemplificado na Figura 3, a partir de respostas ao questionário direcionado às empresas desenvolvedoras de moldes de injeção e às empresas que utilizam estes moldes na injeção dos seus produtos.

Fases do ciclo de vida	Aspectos Am		
	1 Materiais	2 Consumo de Energia	3 Resíduos Sólidos
A Fornecedor (matéria-prima)	(A.1) 0	(A.2) 0	(A.3) 0
B Projeto do Molde	(B.1) 0	(B.2) 0	(B.3) 0
C Construção do Molde	(C.1) 0	(C.2) 0	(C.3) 0

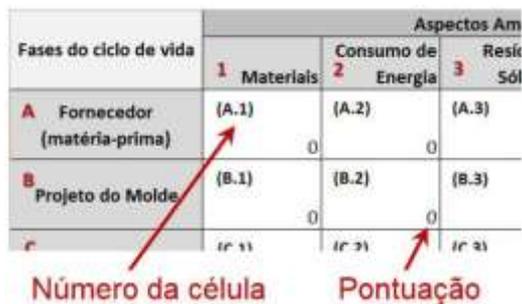


Figura 3: Pontuação Matriz.

Ainda para cada fase do ciclo de vida, na Tabela 1, as linhas A, B, C, D e E, apresentam o total de pontos para aquela fase. Este questionário também foi elaborado a partir dos conceitos de ecodesign e ciclo de vida, tendo como objetivo mapear as práticas das empresas e seus fornecedores, com relação à concepção, uso e desuso do molde⁽²²⁾.

A matriz foi pontuada para cada resposta positiva, isto é, em favor da conservação do meio ambiente. Exemplificando: caso a empresa que esteja sendo avaliada tenha um programa de reciclagem ou reuso de materiais usados ao longo da vida do molde, ela foi pontuada no campo correspondente a este item. A matriz tem uma pontuação máxima de 125 pontos, indicando boas práticas de sustentabilidade. Estas perguntas têm por finalidade questionar as empresas quanto ao uso de materiais, consumo de energia, reciclagem e tratamento de resíduos⁽²²⁾.

Uma parcial de valores pode ser considerada, dividindo a pontuação máxima de cada item em três, conceituando cada parcial de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2: Pontuação e conceito sobre as práticas de fabricação e uso do molde.

<i>Pontuação</i>	<i>Conceito</i>	<i>Descrição</i>
0 a 1	Ruim	Práticas pouco conservadoras, demandando elevado consumo de energia e materiais. Emissão de resíduos sem preocupação com tratamento ou destino adequado.
2 a 4	Regular	Práticas razoáveis de conservação de energia e reaproveitamento de recursos.
5	Bom	Boas práticas na produção e utilização do molde, indicando consumo de recursos provenientes de fontes recicláveis ou aproveitamento. Preocupação com emissão e destino correto dos resíduos.

A Tabela 2 serviu como parâmetro para conceituar as práticas que as empresas adotam na fabricação, construção, utilização e desuso do molde. Após cada entrevista, foi gerado um relatório apontando os aspectos gerais dos resultados e aspectos pontuais, orientando assim a empresa para que a mesma possa entender e tomar medidas para adequação de equipamentos e sistemas de produção.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A DfE Matrix foi aplicada em três empresas localizadas na região da Grande Porto Alegre. Para fins desse artigo, foram apresentados os resultados obtidos por apenas uma dessas empresas.

A empresa é especializada em matrizes para solados. Possui instalações de matrizaria, usinagem CNC e também modelagem 3D em CAD, permitindo desenvolver a ferramenta para seus clientes. Além da ferramenta, a empresa também pode fornecer a modelagem do produto do cliente. Este é um fundamento importante, pois o projeto do produto, desenvolvido em conjunto com o projeto do molde, pode alcançar melhores resultados com relação ao desempenho da ferramenta (molde), consumo de energia, consumo de materiais, entre outros fatores que podem ser otimizados no desenvolvimento do produto, quanto do molde.

Por ter engenharia e projeto próprio, além de usinagem e construção do molde, a empresa tem boa noção de todo o processo de criação.

Por meio da Tabela 3 é possível ver que a empresa busca o uso de materiais provenientes de fontes de reciclagem, indicados no campo A1. Em contrapartida, a empresa não tem conhecimento sobre consumo de energia e como é tratado as emissões de resíduos por parte do seu fornecedor de matéria-prima.

No projeto do molde, a empresa alcançou 20 pontos, de um máximo de 25. Por ter projeto e fabricação própria, existe uma preocupação interna em construir o molde com o mínimo de materiais e consumo de recursos possíveis.

Na construção do molde, a empresa tem boa condução dos processos quanto a utilização de materiais, consumo de energia e tratamento dos resíduos.

Na utilização do molde existe uma boa preocupação com a emissão de resíduos, em especial com os líquidos, onde a empresa alcançou pontuação máxima.

O fim de vida do molde tem bons aproveitamentos de componente e baixa emissão de resíduos, também reflexo do projeto pensado neste sentido.

A Tabela 3 mostra a pontuação obtida pela empresa pesquisada.

Tabela 3: Pontuação obtida pela empresa.

Fases do ciclo de vida	Aspecto Ambiental					Total
	1 Materias	2 Consumo de Energia	3 Resíduos Sólidos	4 Resíduos Líquidos	5 Resíduos Gasosos	
A Fornecedor (matéria-prima)	(A.1) 3	(A.2) 0	(A.3) 0	(A.4) 0	(A.5) 0	3
B Projeto do Produto	(B.1) 5	(B.2) 3	(B.3) 3	(B.4) 4	(B.5) 5	20
C Manufatura	(C.1) 2	(C.2) 2	(C.3) 3	(C.4) 3	(C.5) 2	12
D Utilização	(D.1) 1	(D.2) 2	(D.3) 2	(D.4) 5	(D.5) 3	13
E Fim de Vida	(E.1) 2	(E.2) 2	(E.3) 1	(E.4) 2	(E.5) 4	11
Total	13	9	9	14	14	59

A empresa alcançou 59 pontos de um total de 125 para todo o questionário, 47,2% do total. Em geral a pontuação ficou na metade para cada quesito, perdendo apenas no fornecimento da matéria-prima por não conhecer sobre as práticas dos seus fornecedores.

Dentre alguns aspectos que podem contribuir para este resultados, cita-se que a empresa não se preocupa com emissão de resíduos e consumo de recursos, sejam energéticos e/ou insumos e por desconhecem o seu próprio processo, dos seus fornecedores e de seus clientes.

4 CONCLUSÃO

O trabalho teve como objetivo a aplicação da abordagem de Ecodesign através da ferramenta de diagnóstico DfE Matrix, para projeto de moldes para injeção e assim ter um diferencial dentro das características de Lei 12.305, além de poder levar esse conceito de sustentabilidade para a empresa entrevistada.

Sobre os resultados obtidos, fica clara a falta de equipamento adequado ou de conhecimento sobre análise de gasto energético em todo o ciclo de vida, assim como para as questões de resíduos líquidos e gasosos.

Mesmo tendo algumas vantagens competitivas ao utilizar ferramenta de Ecodesign, acredita-se que o momento econômico e político dificultaram ainda mais a aplicação deste tipo de ferramenta, pois poucas empresas pretendiam ou pretendem investir em algo novo neste período de retração econômica.

Contudo, espera-se que a cada dia aumente essa conscientização nos processos produtivos de forma sustentáveis e que estas ferramentas não fiquem apenas nas mãos de algumas empresas privadas e públicas, mas também que elas sejam abordadas e difundidas em escolas e que o desenvolvimento sustentável faça parte dos cursos de engenharia e tecnologia como disciplina obrigatória, pois massificando a informação tem-se resultados mais expressivos.

REFERÊNCIAS

- 1 BRUNDTLAND, G.H.; KHALID, M. Our common future. Report of the world Commission on Environment and Development. Oxford, UK: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <www.un-documents.net/wced-ocf.htm>. Acesso em: Set. 2019.
- 1 VAN WEENWN, J. C. Towards sustainable product development. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, 1995.
- 2 LUTTROPP, C., LAGERSTEDT, J. Ecodesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development. Journal of Cleaner Production 2006.
- 3 NIELSEN, P.H.; WENZEL, H. Integration of environmental aspects in product development: a stepwise procedure based on quantitative life cycle assessment. In: Journal of Cleaner Production 10, 2002, 247-257.
- 4 CABRERA, R. A. A legislação ambiental aplicada às organizações industriais e os possíveis descompassos com o desenvolvimento sustentável. Artigo, Escola de Engenharia de São Carlos [S.I.], 2002.
- 5 BRASIL. Lei n.12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n.9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: Sety. 2019.
- 6 BAUMANN, H.; BOONS, F.; BRAGD, A. Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives. In: Journal of Cleaner Production, 2002.
- 7 HAUSCHILD, M.; JESWIET, J.; ALTING, L. From life cycle assessment to sustainable production: status and perspectives. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 2005.
- 8 TAKANO C.; CAPOCCHI, J. D. T.; NASCIMENTO, R. C.; MOURÃO, M.B.; Lenz, G.; e SANTOS, D. M. Reciclagem de resíduos siderúrgicos sólidos, São Paulo, 2000.
- 9 HARADA, J. Moldes para Injeção de Termoplásticos – Projetos e Princípios básicos, São Paulo, 2004.
- 10 GARCIA, M. C. R. Moldes de Injeção para Termoplásticos, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Sul-Rio-Grandense, 2009.
- 11 SIMIÃO, Juliana. Gerenciamento de resíduos sólidos industriais em uma empresa de usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa, trabalho de graduação, Escola de Engenharia de São Carlos, 2011.
- 12 NAIME, R; ASHTON, E; HUPFFER, H. M; Do design ao Ecodesign: pequena história, conceitos e princípios, REGET, Sta. Maria, 2012.
- 13 PAPANEK, V. Arquitectura e Design: Ecologia e Ética. Lisboa: Edições 70, 1995.
- 14 JOHANSSON, G. Success factor for integration of Ecodesign in product development: A review of state of the art. In: Environmental Management and Health, 2002.
- 15 STEVELS, A. Five ways to be gree and profitable, The journal of sustainable product design, v. 1, p. 81-89, 2001.
- 16 O'HARE, J.; Dekoninck, E.; Turnbull, A.; McMahon, C. Adapting eco-innovation tool to the needs of the company, a case of study, International Conference on Engineering Design, Stanford, 2009.
- 17 VAN HELMER, C.; CRAMER, J. Barriers and stimuli for eco-design in SMEs, 2012.
- 18 GARCIA, J. C. C. Tese, Ecodesign: estudo de caso em uma indústria de móveis de escritório, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2007.

- 19 PIGOSSO, D.C.A. Tese Ecodesign Maturity Model: a framework to support companies in the selection and implementation of eco-design practices, Department of Production Engineering, Universidade de São Carlos, 2012.
- 20 GUELERE FILHO, A.; PIGOSSO, D.; ROZENFELD, H; OMETTO, A. Artigo, Ecodesign: Métodos e Ferramentas, 28 Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 2008.
- 21 COBRA, R. L. R. B. Elaboração de roteiro de aplicação de métodos e ferramentas de Ecodesign, trabalho de graduação, Escola de Engenharia de São Carlos, 2012.
- 22 YARWOOD, J.M. & EAGAN, P.D. Design for Environment – Toolkit. Minnesota Office of Environmental Assistance, 1998.

MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE PARA OBTENÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO: MICROCERVEJARIA

De Barba Jr., D. J.¹
Bork, C.A.S.²
Ambrosi, M.³

¹ *Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.*

¹ *Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Engenheiro, Matheus Ambrosi, IFSul, matheusambrosi@hotmail.com.*

Resumo

Este trabalho implementou uma estratégia de manutenção para uma microcervejaria utilizando os conceitos práticos da Manutenção Centrada em Confiabilidade, com intuito de garantir a funcionalidade dos equipamentos envolvidos no processo produtivo de cervejas artesanais, a fim de atender o aumento de produção prevista. Para tal, fez uso da ferramenta de FMEA para analisar as falhas dos componentes dos inventários e suas medidas de controle. Assim, foram criadas dez planilhas de FMEA e encontrados 30 modos de falhas e 66 ações para evitar que estes ocorram. Com isso, elaborou-se um procedimento de inspeção e levantamento de dados coletados baseados nos modos de falhas estudados.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade; Estratégia de Manutenção; Microcervejaria.

RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE TO OBTAIN MAINTENANCE PLAN: MICROBREWERY

Abstract

This article implemented a maintenance strategy for a microbrewery using the practical concepts of Reliability Centered Maintenance, in order to guarantee the functionality of the equipment involved in the production process of artisan beers, in order to meet the expected increase in production. To this end, it made use of the FMEA tool to analyze the faults of the inventory components and their control measures. Thus, ten FMEA worksheets were created and 30 fault modes and 66 actions were found to prevent them from occurring. Thus, an inspection procedure and survey of collected data based on the studied failure modes was elaborated.

Key words: Reliability Centered Maintenance; Maintenance Strategy; Microbrewery.

1 INTRODUÇÃO

O mercado da cervejaria na última década apresentou uma crescente de 63%. Em 2013, existia mais de 300 microcervejarias ativas no mercado brasileiro. O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo. O mercado das microcervejarias, empresas com capacidade produtiva de até 200 mil litros por mês, apresentou a tendência um aumento nas vendas de 8% das vendas anuais para 11%, analisando

os dados obtidos entre 2012 a 2014. Também se evidencia que as cervejas artesanais, produzidas nas microcervejarias, deverão atender 20% das vendas anual de 2020⁽¹⁾.

Analisando estas informações pode-se constatar a necessidade de uma microcervejaria que esteja focada em torna-se competitiva no mercado com crescimento emergente, tendo seu maquinário com a maior disponibilidade possível para que a produção supra as demandas de mercado.

Este trabalho tem como objetivo geral elaborar estratégias de manutenção a fim de garantir a disponibilidade dos equipamentos envolvidos no processo de fabricação de cerveja artesanal.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é proveniente das disciplinas de engenharia da confiabilidade na década de 50. Visando mensurar a confiabilidade de componentes de elétricos, componentes e sistemas mecânicos a partir de ferramentas analíticas criadas especificamente para tal fim⁽²⁾.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade é metodologia que analisa um sistema ou equipamento, a fim de entender as possíveis falhas que possa apresentar, além de propiciar a elaboração de uma estratégia de manutenção com intuito de prevenir a falha ou minimizar as perdas decorrentes às falhas⁽³⁾. Também alcançar o objetivo de reduzir o custo de manutenção, devido ao fato de focar nas funções vitais do sistema e diminuindo tarefas de manutenções que não há grande influência no processo⁽⁴⁾.

Para auxiliar na especificação de um desempenho padrão é necessário analisar um equipamento, quanto às falhas que ele pode apresentar a causa falha, o que esta falha ocasiona no processo produtivo, qual técnica para identificar a falha e o que fazer se não encontrada uma tarefa adequada. No questionário baixo segue as sete perguntas norteadoras da Manutenção Centrada em Confiabilidade⁽⁵⁾.

1. Quais são as funções e padrões de desempenho do ativo no seu contexto atual de operação?
2. De que forma ele falha em cumprir sua função?
3. O que causa cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que modo cada falha importa?
6. O que pode ser feito para predizer ou prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa proativa apropriada?

A partir das perguntas norteadoras pode-se elaborar sete etapas de implementação da manutenção centrada em confiabilidade⁽⁵⁾.

- Etapa 1: Identificação das Funções do Sistema;
- Etapa 2: Análise dos Modos de Falha e Efeitos;
- Etapa 3: Seleção das Funções Significantes;
- Etapa 4: Seleção das Atividades Aplicáveis;
- Etapa 5: Avaliação da Efetividade das Atividades;
- Etapa 6: Seleção das Atividades Aplicáveis e Efetivas;
- Etapa 7: Definição da Periodicidade das Atividades.

Deve-se definir o processo que será estudado e equipamentos envolvidos nele. Após a definição, estipulam-se as funções e desempenho esperados, a fim de manter a qualidade, segurança e preservar o meio ambiente⁽⁵⁾.

A definição do processo operacional consiste em analisar o contexto operacional, a fim de constatar como o que se deve esperar do ativo para aquele sistema. Esta análise é fundamental para elaboração da estratégia de manutenção

para este equipamento. O processo, também, afeta as funções principais, secundárias, natureza dos modos de falhas e de seus efeitos e consequências⁽⁶⁾.

A função deve consistir de um verbo, um objeto e o padrão de desempenho desejado e pode ser dividida em duas: principal e secundárias. A **função primária** de um equipamento é o motivo pelo qual este item foi adquirido. Geralmente o ativo é adquirido para exercer uma função principal, porém ele pode conter mais uma função primária. As **funções secundárias** são as outras funções realizadas pelo o equipamento e são divididas em seis categorias: Integridade ambiental; Segurança; Controle, Contenção e conforto; Aparência; Economia e eficiência; Supérfluas⁽⁵⁾.

Os Padrões de Funcionamentos consistem em estipular que tal ativo terá que manter o padrão mínimo de produção para garantir a disponibilidade do processo. Deve-se identificar as falhas dos equipamentos que influenciam o processo, considerando como o item pode falhar e o que pode causar a falha. A confiabilidade considera, para estudo, a falha como falha funcional, todas as falhas como perda de função ou desempenho abaixo do esperado. As falhas funcionais são aquelas que acarretam na perda das funções pré-definidas pelo padrão de funcionamento. A falha potencial é um indicativo se a falha funcional irá ocorrer ou está em processo de ocorrência⁽⁵⁾.

Após identificar as falhas funcionais do equipamento, devem-se mensurar os eventos que poderão ocorrer, os modos de falhas, que causam cada falha, os efeitos e as consequências para cada falha. Duas ferramentas utilizadas para estas atividades são o FMEA (Análise de Modos de Falhas e Efeitos) e FTA (Análise de Árvores de Falhas)⁽⁷⁾.

Os modos de falha são ocorrências que são capazes da diminuição parcial ou total a função do produto e metas de desempenho. Como regra, a descrição de um modo de falha deve consistir de um substantivo e um verbo⁽⁸⁾.

Os efeitos de falhas expõem o que acontece quando um modo de falha ocorre⁽⁵⁾. Os efeitos das falhas são de que forma os modos de falha afetam o desempenho do sistema analisando o ponto de vista do cliente⁽⁸⁾.

Ao acontecer uma falha, alguma consequência irá ocorrer no meio em que este ativo está instalado, sendo classificada em três categorias: Segurança e meio Ambiente, Operacionais e Não Operacionais. As consequências devido à Segurança e meio Ambiente são morte, ferimento e poluição; Operacionais são produção operacional, qualidade do produto, serviço de atendimento ao cliente, custo operacionais; Não Operacionais são perdas de oportunidade, perdas de competitividade e problema econômicos⁽⁵⁾.

Após de realizar FMEA e FTA é momento de selecionar o método de manutenção a fim de antecipar a alguma falha funcional dos equipamentos controlados, podendo escolher entre as manutenções preventivas, corretivas e preditivas⁽⁷⁾.

Devem-se elaborar os planos de manutenção para cada equipamento, a fim de manter o desempenho do equipamento. Posteriormente a execução destas atividades, pode-se considerar que a Manutenção Centrada em Confiabilidade está implementada, porém deve-se manter a melhoria contínua, revisando os planos a fim de verificar a eficiências das tarefas para aumentar a qualidade da manutenção executada⁽⁹⁾.

A FMEA é uma ferramenta utilizada na Engenharia de Confiabilidade por ser prática e apresentar dados quantitativos⁽¹⁰⁾.

Análise de produtos ou processos servem para apontar os possíveis modos potenciais de falhas e especificar o defeito de cada um sobre o objeto em estudo, a partir de análises dedutivas quanto à ocorrência, severidade, detecção e risco, sendo o risco o resultado da multiplicação da ocorrência, severidade e detecção⁽⁸⁾. É uma metodologia que visar documentar registros de falhas e padronizar procedimentos, a fim de ter material de consultas futuras com intuito de realizar revisões em produtos ou processos ou determinar prioridades para melhorias de projetos⁽¹¹⁾.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo teve como objetivo, avaliar qual o melhor método de manutenção a ser empregado nos equipamentos do processo de uma Microcervejaria.

A primeira etapa do trabalho consistiu em realizar visitas técnicas à empresa e reuniões com responsáveis para gerar o fluxograma do processo produtivo, para apontar os equipamentos que deverão ter seus planos de manutenção atualizados.

A segunda etapa do trabalho compreendeu a realização de levantamento do histórico de falhas dos equipamentos, com base no banco de dados do *software* de gestão, que foram compilados em planilhas (*software Excel*).

A terceira etapa do trabalho se respaldou da análise das falhas enumeradas e fundamentadas na pesquisa bibliográfica, onde se elaborou um tutorial com as técnicas de monitoramento de cada equipamento.

A quarta etapa do trabalho abarcou a padronização das tarefas a serem realizadas e a elaboração dos procedimentos de manutenção que fizeram uso de ferramentas como o Diagrama de Blocos ou Fluxograma.

A quinta etapa deste estudo determinou as metas e os indicadores de manutenção, fazendo uso da pesquisa bibliográfica, do histórico de falhas, dos tipos das prováveis falhas, do fluxograma do processo e de reuniões com responsáveis.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a conclusão do referencial teórico, foram realizadas visitas técnicas com o intuito de quantificar os equipamentos presentes no processo produtivo da Microcervejaria e quais deles realmente necessitavam planos de manutenção. Foi formulada a Tabela 1 que apresenta um resumo de equipamentos que necessitam de planos de manutenção versus a área produtiva.

Analisando a Tabela 1, constatou-se que a empresa contém 113 equipamentos instalados e que estão divididos em três etapas produtivas: cozimento, maturação e geração de vapor.

Após a análise o histórico de falha evidenciou-se a falta de informação sobre o evento, pois apenas existiam as informações de qual era o tipo de equipamento que falhou e o custo.

Na indústria normalmente os equipamentos são identificados por uma codificação específica, denominadas como TAG. A identificação de um inventário pode

conter, em suas siglas, informações quanto a sua localização, posição ou conjunto⁽¹²⁾.

Tabela 1: Quantidade de equipamentos presentes na Microcervejaria.

		Classe de equipamentos								Total de eq. por processo	
		Agitadores	Bombas cent.	Controladores	Eq. De processo	Redutores	Tanques	Válvulas manuais	Válvulas de segurança		Válvulas solenóides
Processo	Cozimento	2	4	3	4	2	5	11	0	3	34
	Maturação	0	2	11	3	0	12	27	0	11	66
	Geração vapor	0	1	3	2	0	1	2	1	3	13
Total de eq.		2	7	17	9	2	18	40	1	17	113

A empresa não tinha nenhum padrão de codificação dos equipamentos com o intuito de melhorar este processo de registro. Foi necessário realizar a elaboração da identificação de cada equipamento, a partir de um código padrão, conforme a Figura 1.

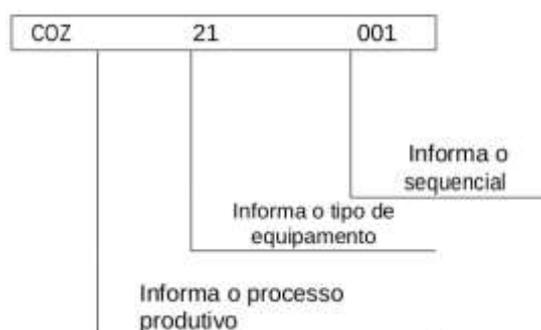


Figura 1: Sistemática para identificação dos inventários.

A Figura 1 ilustra um exemplo do novo método de identificação dos equipamentos adotado pela empresa onde os três primeiros dígitos correspondem ao processo em que ele está envolvido. A Tabela 2 apresenta o significado das três siglas existentes.

Tabela 2: Siglas para diferenciar o processo produtivo.

Sigla	Descritivo
COZ	Cozimento
MAT	Maturação
VAP	Geração de Vapor

Os numerais, do quarto e quinto dígitos, da Figura 1, fazem a referência à classe de equipamentos, conforme a Tabela 3.

Com os equipamentos devidamente identificados, iniciou-se o processo de análise de falhas. Primeiramente foi idealizado analisar as falhas que já haviam ocorrido, mas, devido ao problema de poucas informações, foi utilizado a FMEA para realizar o levantamento das falhas e seus efeitos por tipo de equipamento.

Os maquinários foram agrupados considerando suas características semelhantes, sendo possível dividir os inventariados em oito classes de equipamentos diferentes, conforme descrito previamente na Tabela 1.

Tabela 3: Sigla para diferenciar a classe de equipamentos.

Sigla	Tipo de equipamento
21	Tanque
25	Agitador
27	Redutor
28	Equipamento de Processo
34	Bombas Centrífugas
LIC	Controlador e Indicador de Nível
PIC	Controlador e Indicador de Pressão
PSV	Válvula de Segurança
TIC	Controlador e Indicador de Temperatura
VS	Válvula solenoide
V	Válvula manual

A Tabela 4 ilustra as características semelhantes, a partir da sua função genérica. Por exemplo, os tanques podem ser de construção simples ou dupla, com e sem isolamento térmico. Com isto, decidiu-se elaborar uma folha de informações padrão para cada tipo de classe de equipamento para padronizar as falhas funcionais dos equipamentos que contém as mesmas características físicas e dados operacionais.

Tabela 4: Descritivo dos tipos de Classes de Equipamentos por função genérica.

Classe de equipamentos	Função principal genérica
Agitadores	Realizar a homogeneização da mistura.
Bombas centrífugas	Transferir fluidos de um equipamento para outro.
Controladores	Realizar o controle e indicação de Pressão, Nível e Temperatura a partir de sensores.
Equipamentos de processo	Equipamentos Específicos para uma função, como: Caldeira, Seeler, Moinho, Compressor, Trocador de Calor.
Redutores	Fornecer torque necessário para os Agitadores.
Tanques	Armazenar fluidos e fornecer energia térmica para a mistura.
Válvulas manuais	Bloquear ou liberar o fluxo de um fluido.
Válvulas de segurança	Válvula de liberação de pressão em caso de emergência.
Válvulas solenóides	Regular o fluxo de um fluido.

Com intuito de facilitar a FMEA foram elaborados os fluxogramas de cada processo produtivo, baseando-se nos diagrama de tubulação e instrumentos⁽¹³⁾.

Com base na Análise de Risco utilizando a ferramenta FMEA em um gerador de vapor, utilizou-se a técnica para quantificar os Modos de Falhas, a partir dos componentes ou função⁽¹⁴⁾. A partir dos fluxogramas de processo elaborados com todos os equipamentos devidamente identificados, iniciou-se o processo de FMEA para levantamento das falhas funcionais dos equipamentos e suas medidas de controle.

Para especificar a falhas foi utilizado o método de Análise de Modos de Falhas e Efeitos, conforme a Tabela 5. Foi utilizado o FMEA para poder realizar a análise dos modos de falhas dos componentes; conhecendo se este apresentavam uma falha, tenderia a influenciar as funções do equipamento no processo, conforme ilustrada na fundamentação teórica referente à Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Tabela 5: Modelo de FMEA.

Componente	Função do Componente	Modos de falhas	Efeito	Ocorrência	Severidade	Deteção	Risco	Ação
Vedação	Estanqueidade	Não vedar	Vazamento de produto	2 – Menor A questão será pequena e distante, ocorrerá com pouca frequência.	3–Baixo As perdas existem, podem ser corrigidas.	2 – Fácil	12	Verificar se existe algum elemento entre borboleta esede
								Vedação rompida/ressecada
								Verificar se o'ring da conexão não está rompido

Ao realizar o FMEA, constatou-se que cada classe de equipamento apresentam falhas características, devido aos comportamentos operacionais destes inventariados. Houve um fator determinante para defini-las - o tempo de trabalho de cada equipamento. Por exemplo: as bombas e tanques do setor da cozinha operam por batelada em prazo curto de tempo, cerca de oito horas por campanha; mas no setor de maturação existe operação intermitente.

Com isto, foram definidas atividades de controle das possíveis falhas a fim de preveni-las, conforme na Tabela 6.

Tabela 6: Ações por tipos de equipamentos.

		Ação para evitar os modos de falhas							Total de Ação por Classe de Equipamentos	
		Medição de temperatura	Medição do nível global de vibração	Técnicas sensitivas	Limpeza superficial	Controlar sais mine trails e sujeiras	Purgar reservatórios	Serviços externos/contratação mo		Planos cronológicos
Equipamentos	Chillher	0	0	0	0	0	0	0	4	4
	Agitador	0	0	3	0	0	0	0	0	3
	Bombas Centrifugas	1	1	7	0	0	0	7	1	17
	Caldreira Flamotubular	0	0	3	0	0	0	0	3	6
	Compressor	1	1	6	2	0	1	0	1	12
	Redutor	2	2	3	0	0	0	0	0	7
	Tanque	1	1	4	0	0	0	0	0	6
	Trocador de Calor	0	0	2	2	2	0	0	0	6
	Válvulas Manuais	0	0	5	0	0	0	0	0	5
	Total por Ação	5	5	33	4	2	1	7	9	66

Deste modo, as atividades de controle foram divididas em:

Técnicas preditivas: medir temperatura, medição de nível global de vibração, controle de sais minerais e impurezas.

Técnicas sensitivas: inspeções visuais (olhar, tocar, ouvir).

Limpeza superficial: realizar limpeza de equipamentos.

Serviços contratados/Mão de obra: contratar serviços especializados.

Planos Cronológicos: calibração de válvulas de segurança, substituir componente periodicamente.

Analisando a Tabela 6, constatou-se que foram levantadas 66 ações para manter a funcionalidade dos equipamentos. Após a realização do FMEA, notou que 50 % das ações de prevenções sobre as falhas são as técnicas sensitivas nos equipamentos. No entanto, o Chiller e Controladores não foram realizados e FMEA, pois já existiam planos de manutenção, conforme as especificações do fabricante.

As válvulas solenóides não foram consideradas por não ter como identificar o progresso da falha.

Elaboraram-se diagramas de blocos para execução das inspeções ou coleta de dados necessários para evitar que a falhas estudadas ocorram e influenciem no produto final, conforme o exemplo da Figura 2.

Elaborou-se uma planilha para padronizar o método de registro das falhas dos equipamentos a partir dos novos “TAG”. Não foram gerados os indicadores, devido à falta de informação das falhas passadas.

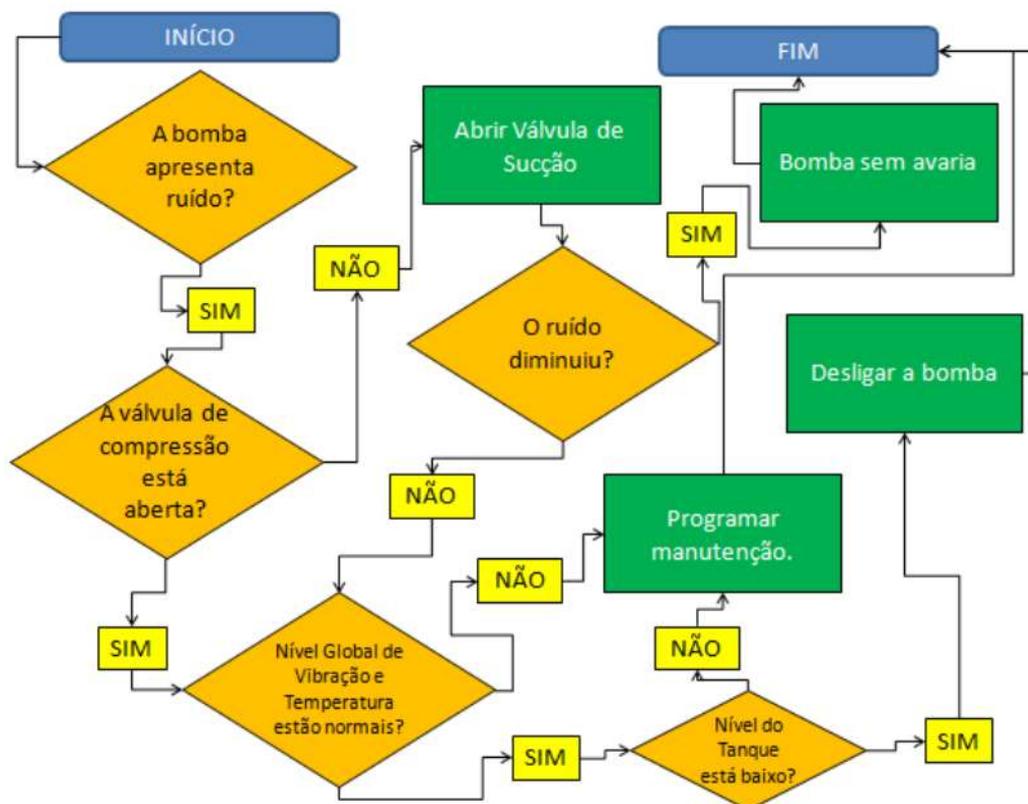


Figura 2: Diagrama de Tomada de Decisão de árvore de uma bomba centrífuga.

Não foi possível gerar indicadores de manutenção pela falta de informações passadas de manutenção, como: modos de falhas, data específica das falhas para elaboração do Tempo Médio Entre Falhas (MTBF) e Tempo Médio Para Reparo (MTTR), custo de manutenção por litro, dentre outros. No entanto, foi elaborada uma planilha a fim de registrar quando ocorreu, o modo de falha e custo para corrigi-la.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou, como problema norteador, estratégias de manutenção para garantir a disponibilidade dos equipamentos envolvidos no processo de fabricação de cerveja artesanal.

Para solução de tal problema foi necessário realizar visitas com o intuito de conhecer os processos e os equipamentos que estavam envolvidos nele. Desta forma, constatou-se que existiam 113 inventariados instalados no processo de cerveja artesanal, divididos em oito classes de equipamentos.

A empresa não possuía uma documentação específica de processo, como ex. fluxogramas de processo. Percebendo isso, foram elaborados três fluxogramas separados de três processos diferentes: cozinha, maturação e geração de vapor.

Estes fluxogramas identificam as funções principais de cada equipamento e são utilizadas para analisar os modos de falhas de cada equipamento a partir da FMEA.

Desta forma foram encontrados 30 modos de falhas e 66 ações para evitar que eles ocorram.

Este número é consideravelmente alto de ações mitigadoras, salientando a viabilidade de sua utilização, pois 50% deste total são referentes à inspeção sensível.

Para minimizar as falhas durante as inspeções foi elaborado um *checklist*, baseando-se nos diagramas de decisão.

REFERÊNCIAS

- 1 MOUBRAY, John. Reliability Centered Maintenance 2. New York: Industrial Press, 1992. 427 p.
- 1 NETHERTON, Dana. Standard To Define RCM. Disponível em: <<http://www.mtonline.com/current/06-99mm.html>> Acesso em: Set. 2019.
- 2 PINTO, ALAN KARDEC E XAVIER, JÚLIO NASCIF. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2012.
- 3 LEVERETTE, J. C. An Introduction to the US Naval Air System Command RCM Process and Integrated Reliability Centered Maintenance Software. In: RCM 2006 – The Reliability Centred Maintenance Managers' Forum. 2006. Anuais...: p. 22-29.
- 4 MOUBRAY, J. Manutenção Centrada em Confiabilidade (Reliability-Centered Maintenance – RCM). Trad. Kleber Siqueira. São Paulo: Aladon, 2000.
- 5 PRÁ, E. B. A manutenção industrial sob a perspectiva da manutenção centrada em confiabilidade (MCC) em uma empresa da área de compressores herméticos. 2010. 72f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Estado de Santa Catarina UDESC, Joinville, Santa Catarina.
- 6 LAFRAYA, J.R. Barusso Manual da Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro: Qalitmark Petrobrás, 2001.
- 7 HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P. Análise de falhas (aplicação dos métodos de FMEA - FTA). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995.

- 8 XENOS, H. G. Gerenciando a manutenção produtiva. Belo Horizonte: DG, 1998.
- 9 SMITH, Anthony M. Reliability Centered Maintenance. Boston: McGraw-Hill, Inc. 1993.
- 10 ZAIONS, D. R. Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em Uma Planta de Celulose e Papel – Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção Departamento de Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2003.
- 11 SOUZA, V.C. Organização e gerência de manutenção. São Paulo: Allprint, 2013.
- 12 THE INSTRUMENT, SYSTEMS AND AUTOMATION SOCIETY. ISA 5.1: Instrumentation Symbols and Identification. 2009
- 13 SILVA,R.L.A. SOARES, P.R.F.T. SILVA, A.K.B. Análise de risco utilizando a ferramenta FMEA em um gerador de vapor. ENEGEP, v. 28, n. 1, p. 1-14, out. 2008.

TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: IMPLANTAÇÃO NO PROCESSO DE ELETROEROSÃO POR PENETRAÇÃO

De Barba Jr., D. J.¹

Bork, C.A.S.²

Melgar, A. D.³

Duarte, M. O.⁴

¹ Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.

¹ Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Engenheiro, Alexandre Dutra Melgar, IFSul.

³ Engenheiro, Maikel Oliveira Duarte, IFSul.

Resumo

O processo de eletroerosão por penetração é uma alternativa para usinagem de materiais com geometrias complexas, de difícil usinagem e com muita precisão. Este processo é utilizado para fornecer a peça o perfil desejado. A Troca Rápida de Ferramentas (TRF) é uma ferramenta diretamente ligada à melhoria no processo produtivo. Envolve a separação e conversão de operações de *setup* internas em externas, visando à redução do tempo total e padronização do *setup*. Este estudo tem o propósito de aplicar a metodologia TRF em uma máquina de eletroerosão por penetração, muito utilizada em ferramentaria de moldes, e que lida com constantes *setups* de peças em seu processo produtivo. O objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de melhoria para redução dos tempos de *setup* e padronização das operações. Durante o estudo foi realizado um mapeamento das operações que compõe o *setup* por meio de conversas com os ferramenteiros, cronometragem dos tempos e filmagens. Diante da análise da situação anterior do *setup*, buscou-se por meio da aplicação da TRF, reduzir a sua duração e criar um procedimento formal com a padronização em sequencia das atividades. Com a aplicação dessa metodologia atingiu-se um tempo 38% menor na usinagem com eletrodos e de até 83% no tempo de máquina parada somente no *setup* da máquina de eletroerosão.

Palavras-chave: Troca Rápida de Ferramentas; Eletroerosão por penetração; *Setup*.

QUICK TOOL EXCHANGE: IMPLEMENTATION IN THE PENETRATION ELECTRO-EROSION PROCESS

Abstract

The penetration electro-erosion process is an alternative for machining materials with complex geometries that are difficult to machine and very accurately. This process is used to provide the part with the desired profile. Rapid Tool Change (RTC) is a tool directly linked to improvement in the production process. It involves the separation and conversion of internal and external setup operations, aiming at reducing total time and standardizing setup. The purpose of this study is to apply the RTC Methodology in a penetration electro-erosion machine, widely used in mold tooling, which deals with constant part setups in its production process. The objective of this work was to present an improvement proposal to reduce setup times and standardize operations. During the study was performed a mapping of the operations that make up the setup through conversations with the toolmakers, timing of the footage and filming. Given the analysis of the previous situation of the setup, it was sought through the application of the RTC,

reduce its duration and create a formal procedure with the standardization in sequence of activities. The application of this methodology resulted in a 38% shorter time in electrode machining and up to 83% in machine downtime only in the electro-erosion machine setup.

Key words: Rapid Tool Change (RTC); Penetration Electro-erosion; Setup.

1 INTRODUÇÃO

Um dos métodos criados para tornar a produção mais enxuta foi a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), proposto por Shigeo Shingo, que tornou-se uma técnica muito divulgada entre empresas de todos os portes. Inventor do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) ou troca de ferramentas em tempo inferior a dez minutos, Shingo⁽¹⁾ propôs uma nova metodologia para realização dos setups com procedimentos e estratégias até então nunca abordados. Embora nem todo e qualquer tempo de preparação seja realizável em menos de dez minutos, este é o objetivo do SMED. Ele pode ser atingido em uma surpreendente porcentagem de casos⁽¹⁾.

O conceito de TRF tende a buscar, simultaneamente, por vantagens que provocam maior flexibilidade, velocidade de entrega, confiabilidade, menor custo, qualidade elevada e constante inovação. Atendimento a estes critérios e suas implicações é fator decisivo para a melhoria dos sistemas de produção.

A empresa que foi estudada neste trabalho é uma Ferramentaria de Moldes de Injeção e não possuía nenhum tipo de controle nos processos de fabricação dos componentes do molde. Desta forma, verificou-se que a implantação da TRF poderia ser eficaz na criação de padrões que permitissem o controle de fluxo e planejamento destes processos, reduzindo tempos de fabricação das peças e, também, consequentemente os custos.

A máquina de eletroerosão por penetração funciona com um eletrodo de cobre ou grafite que precisa ser moldado com o perfil a ser gerado no bloco metálico. O processo de eletroerosão não provoca atrito entre as peças, pois o eletrodo se aproxima da peça imersa (que fica dentro em óleo) e produz descargas elétricas, que vão escavando o metal. Este processo de usinagem é utilizado por fabricantes de moldes de diversos setores industriais⁽²⁾.

O Objetivo deste trabalho foi de implantar e consolidar procedimentos padrões de *setup*, para a máquina de eletroerosão por penetração, focados na redução dos tempos do processo de produção das peças.

Entende-se por *setup* tudo que antecede a uma operação, ou seja, preparação, regulagem, troca de ferramenta, dispositivos e outros⁽¹⁾.

Tempo *setup* entende-se como o tempo necessário para que todas as tarefas necessárias, desde o momento em que se tenha completado a última peça do lote anterior, até o momento em que se tenha feita a primeira peça do lote posterior⁽³⁾.

A operação de *setup* não agrega valor ao produto e, portanto, seu tempo ideal de execução deve tender a zero. À medida que o tempo é otimizado, passa-se a disponibilizar maior capacidade produtiva para processamento e, consequentemente, eleva-se a produtividade⁽⁴⁾⁽⁵⁾.

Shingo⁽¹⁾ afirma que durante suas observações, percebeu que as operações de *setup* são, na verdade, de dois tipos diferentes: **Setup Interno** (TPI – Tempo de Preparação Interno) – são atividades que somente podem ser executadas quando a

máquina está parada, tais como remoção das matrizes do lote anterior, instalação, fixação das matrizes, ferramentas e testes de fabricação do novo lote; **Setup Externo** (TPE – Tempo de Preparação Externo) – são atividades que podem ser executadas em paralelo a produção do lote anterior, enquanto a máquina ainda está funcionando. A movimentação das matrizes e a preparação de ferramentas que serão utilizadas são alguns exemplos de atividades que independem da máquina estar ou não em funcionamento, portanto podem ser antecipadas.

Os sistemas modernos da produção com base na gestão de métodos e conceitos apresentam uma ampla diversidade de modelos. Abordagens como a do Sistema Toyota de Produção (STP) da manufatura enxuta buscam, sistematicamente, pela implantação de sistemas produtivos cada vez mais maleáveis e focados nas demandas de mercado⁽⁶⁾.

De acordo com Shingo⁽¹⁾, a Troca Rápida de Ferramenta pode ser definida como o menor tempo que se precisa para mudar um tipo de atividade para outro tipo de atividade, e tem como objetivo principal a diminuição do tempo desta troca ao máximo possível.

A metodologia de Shigeo Shingo é referência quando se trata de redução dos tempos de *setup* em um processo produtivo. Seu desenvolvimento ocorreu na década de 70 e foi batizada por ele como SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que ao traduzir para o português recebe o nome de Troca Rápida de Ferramentas. É reconhecidamente uma ferramenta eficiente para a redução do tempo de *setup*⁽¹⁾.

Shingo⁽¹⁾ alcançou resultados muito significativos, possibilitando reduções do tempo de *setup* de prensas de 1000 toneladas de 4 horas para 3 minutos. Os princípios da metodologia SMED podem ser aplicados em qualquer sistema produtivo⁽¹⁾.

A metodologia da TRF proposta por Shingo⁽¹⁾ consiste em quatro estágios conceituais, conforme ilustrados pela Figura 1 e definidos a seguir.

Estágio inicial: consiste no estudo e análise da atual situação do *setup*, na qual *setup* interno e externo não se distinguem e resultam em desperdício de tempo com máquinas paradas. Santos⁽⁷⁾ afirma que o que é desconhecido não pode ser melhorado e, portanto, é necessário conhecer o processo, suas variações e as causas destas variações. Shingo⁽¹⁾ propõe algumas opções para estudar detalhadamente o chão-de-fábrica e compreender o processo de *setup*: (i) análise contínua da produção com cronômetro – estudo de tempos e movimentos; (ii) análise do trabalho por amostragem; (iii) filmagem das operações de *setup* e posterior análise juntamente com os operadores.

Estágio 1: considerado o estágio mais importante da implementação da TRF, nesta etapa ocorre a distinção entre *setup* interno e externo. Como demonstrado na Figura 1, inicialmente atividades internas e externas não são diferenciadas e, portanto, executadas pelo operador de forma aleatória. Somente por separar estas tarefas, pode-se reduzir o tempo de *setup* interno – (realizado com a máquina parada) - de 30% a 50%⁽¹⁾.

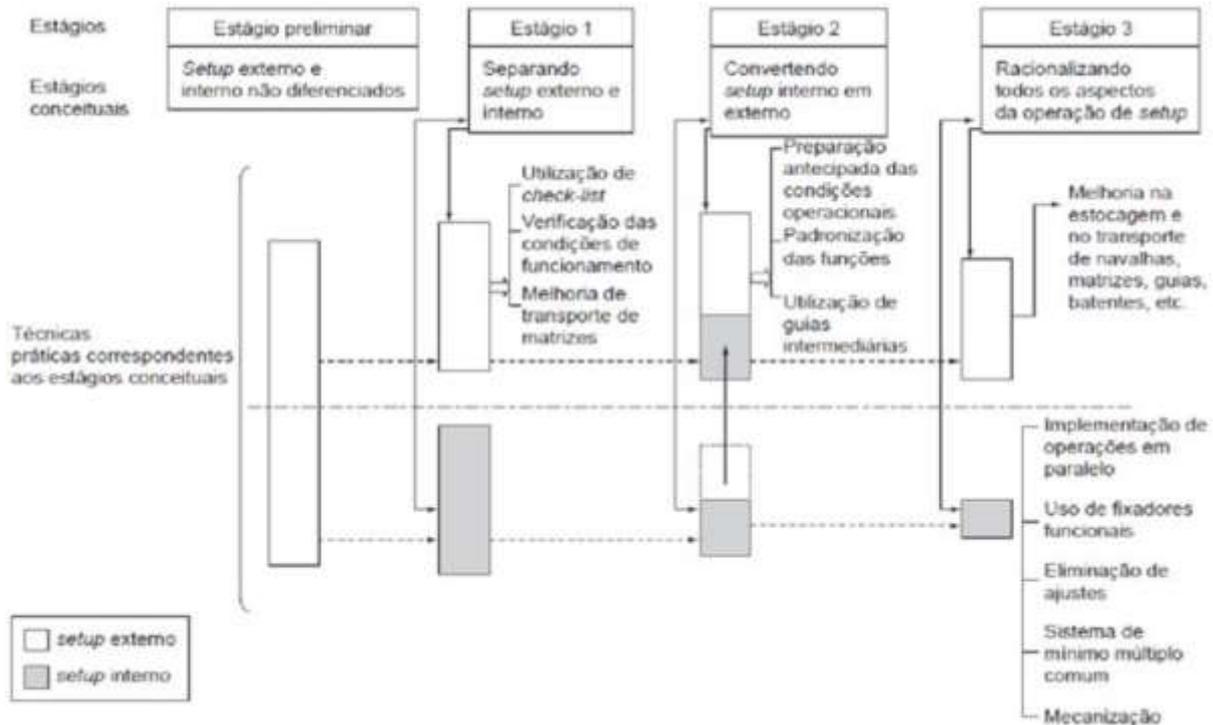


Figura 1: Metodologia SMED⁽¹⁾.

Estágio 2: o primeiro estágio proporciona uma redução significativa nos tempos de *setup*, porém é insuficiente para atingir os objetivos da TRF. O Estágio 2 prima por transformar operações internas e externas, por meio de dois aspectos importantes: (i) reavaliar o *setup* interno e verificar se nenhum passo foi erroneamente considerado como interno; (ii) buscar por alternativas de tornar parcialmente ou totalmente externas atividades realizadas enquanto a máquina está parada (*setup* interno). Grande parte das alternativas que surgem nesta etapa e necessitam de investimentos financeiros e, portanto, se torna necessário uma análise da viabilidade econômica das implementações, bem como estudo do novo processo e possibilidades de novas operações, tanto externas como internas. O efetivo desenvolvimento deste estágio, em muitos casos, pode resultar em *setups* próximos a um dígito de minuto (< 10 minutos)⁽¹⁾⁽⁷⁾.

Estágio 3: neste estágio é feita uma análise detalhada de cada ação executada durante o *setup*, buscando sua racionalização por meio da eliminação de ajustes e aspectos desnecessários. Os Estágios 2 e 3 não precisam necessariamente serem executados sequencialmente, e podem sim, serem simultâneos. Estágio 3 ainda há espaço para melhorias e otimização das atividades. Sugere-se a metodologia 5S para auxiliar na organização das ferramentas, de modo que estejam acessíveis sempre que os operadores as necessitem. Os estágios apresentados deixam claro que a TRF é composta por duas ações principais, análise e implementação⁽¹⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾.

Para a aplicação dos estágios conceituais da TRF, existem oito técnicas que auxiliam na redução dos tempos de *setup*⁽¹⁰⁾. Cada técnica será explicada em seguida e pode ser melhor visualizada e compreendida por meio do fluxograma da Figura 2.

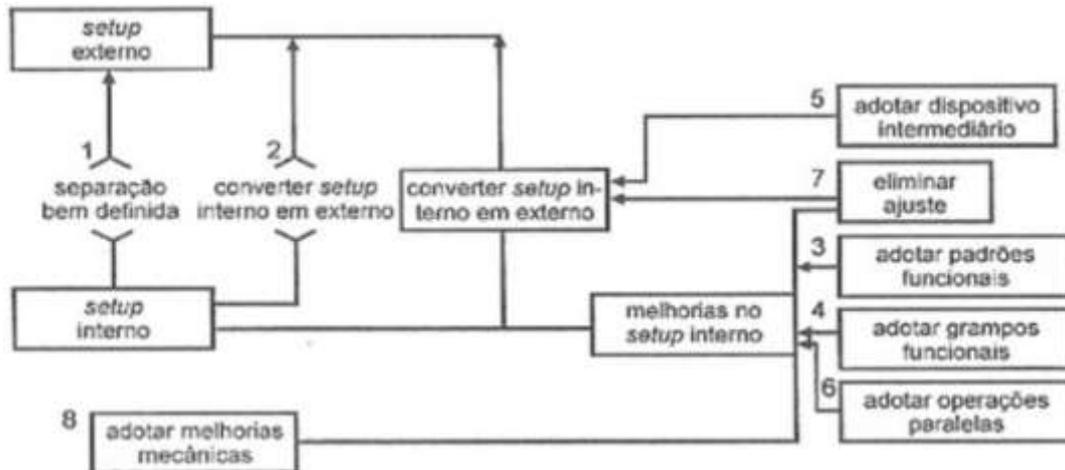


Figura 2: Fluxograma para aplicação das oito técnicas TRF⁽⁹⁾.

Técnica 1 – separação das operações de *setup* internas e externas: nesta etapa ocorre a identificação das operações que são executadas enquanto a máquina está parada (*setup* interno) e quais podem ser executadas com a máquina em funcionamento (*setup* externo). Toda preparação e transporte de matrizes, gabaritos, dispositivos de fixação, ferramentas e materiais pode ser feito enquanto a máquina ainda está produzindo o lote anterior. Portanto, o *setup* interno deve ficar limitado à remoção da matriz ou ferramenta antiga e fixação da nova matriz⁽⁹⁾.

Técnica 2 – converter *setup* interno em externo: envolve o reexame das operações a fim de verificar todas etapas que podem ser convertidas em operações externas. A possibilidade de efetuar pré-aquecimentos (*setup* externo) nas matrizes antes das mesmas estarem instaladas nas máquinas, resultando em redução do tempo para iniciar a produção das primeiras peças com qualidade. A conversão do *setup* interno em externo é o princípio mais importante da TRF. Sem ele, tempos de *setup* inferiores à 10 minutos não poderiam ser atingidos⁽⁷⁾⁽⁹⁾.

Técnica 3 – padronizar a função, não a forma: significa igualar certas medidas das peças e matrizes utilizadas para criar uniformidade na operação de *setup*. Por exemplo, adicionar uma placa ou bloco à borda de fixação de uma matriz, faz com que suas dimensões se igualem as outras matrizes, proporcionando maior facilidade e padronização em diferentes *setups*. A padronização da forma também resulta em redução de tempo de *setup*, porém, neste princípio, todas as matrizes deveriam se adequar às dimensões daquela com maior tamanho, o que resultaria em custos desnecessários. A padronização das funções busca somente normalizar as partes cujas funções são necessárias para o *setup*. Neste caso, as matrizes não necessitam se tornarem maiores ou mais elaboradas, e os custos tem apenas um pequeno aumento⁽⁹⁾.

Técnica 4 – utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos: busca pela eliminação ou redução do uso de parafusos, pois estes demandam muito tempo para fixação e retirada. Parafusos com rosca não são, de alguma maneira, a única opção para fixar objetos. Em muitos casos sua utilização não se faz necessária. Deve-se buscar mecanismos de fixação de um único toque e de fácil encaixe⁽⁹⁾.

Técnica 5 – usar dispositivos intermediários: a utilização de dispositivos padronizados para preparar a próxima peça/lote enquanto o lote anterior está sendo processado, é uma opção para reduzir tempos com ajustes⁽⁹⁾.

Técnica 6 – adotar operações paralelas: o tempo e a complexidade do *setup* podem ser reduzidos consideravelmente com a utilização de operações paralelas, que podem ocorrer por meio da participação de mais um operador na atividade de *setup*. Em grandes máquinas, como injetoras de plásticos ou grandes prensas, um operador sozinho desperdiça muito tempo com movimentação em torno da máquina. Quando dois operadores realizam operações paralelas e simultâneas, o *setup* pode ser reduzido em 50%, devido à economia de movimentos. É conveniente utilizar um *checklist* padrão com o mapeamento do processo de *setup*, sendo que o mesmo deve informar aos operadores a ordem das atividades e quais delas podem ser executadas em paralelo⁽⁷⁾⁽⁹⁾.

Técnica 7 – eliminar ajustes: ajustes devem ser vistos como desnecessários e, portanto, eliminados sempre que possível. Na maioria dos casos, ajustes e testes-piloto representam 50 a 70% do tempo de *setup* interno. Os ajustes podem ser eliminados quando empregados padrões para determinar as precisões requeridas, por meio de réguas graduadas, relógios comparadores, sensores de proximidade magnética ou dispositivos numéricos de controle⁽⁹⁾.

Técnica 8 – mecanização: a opção por mecanizar o processo de *setup* deve ser considerada somente após a implementação de todas as demais técnicas descritas. As 7 primeiras técnicas podem proporcionar reduções de 2 horas para 3 minutos em *setups*, sendo que a mecanização reduziria este tempo em apenas mais 1 minuto. Investir em mecanização, em um primeiro momento pode trazer economia de tempo, porém, não irá melhorar as ineficiências de um *setup* que já foi mal planejado⁽⁹⁾.

Bertelli et al.⁽¹¹⁾ desenvolveram um trabalho sobre a aplicação dos conceitos de Troca Rápida de Ferramentas em um processo de forjamento de ponteiros de eixo, onde o tempo médio de *setup* inicial era entre 78 a 115 minutos. Depois de finalizada a implementação, o tempo gasto com a troca de ferramentas atingiu um tempo médio de 41,3 minutos, mostrando uma redução de aproximadamente 50%.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

As evidências resultantes de um estudo de caso pode vir de seis fontes distintas: documentos, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Cabe ao pesquisador saber utilizar estas seis fontes, que exigem conhecimento de habilidades e procedimentos metodológicos diferentes⁽¹²⁾.

Neste estudo, a coleta de dados foi realizada por meio de observações diretas, documentos, registros em arquivo, entrevistas e conversas informais com os ferramenteiros responsáveis pela máquina de eletroerosão por penetração. Também foram utilizadas filmagens, cronoanálises, análise de documentos e *checklists* para contribuir no processo de coleta de dados.

A coleta de dados foi realizada utilizando como materiais de auxílio os seguintes itens: Cronômetro; Câmera filmadora, Planilhas e *checklists*.

Os sujeitos envolvidos na pesquisa foram: o autor e os ferramenteiros que executam a operação de *setup*.

Neste estudo de análise dos dados, procurou-se sempre que a análise fosse a mesma e simultânea à aplicação do método. No entanto, ao fim da pesquisa, todos os resultados foram sintetizados, gerando as melhorias efetuadas, propostas de

melhorias e possibilidade de replicação para as demais máquinas que a empresa possui.

O estágio de apresentação dos dados possibilita a utilização de instrumentos analíticos para organizar, sumarizar e relacionar os dados. Figuras, mapas, matrizes, diagramas e redes são instrumentos que contribuem para análise, interpretação e apresentação dos mesmos em um estudo de caso, sobretudo quando o pesquisador tem como objetivo transcender o nível exploratório de investigação⁽¹³⁾.

Para apresentar os dados e realizar a análise final deste estudo, o autor fez uso dos instrumentos recém descritos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Evidenciando-se a falta de procedimentos, padronização e sincronismo entre as tarefas a serem executadas durante a realização do *setup* nesse processo e, tendo como base referencial a literatura apresentada, chegou-se a um procedimento de trabalho, que possibilitou à aplicação das técnicas de TRF, com objetivo de trazer um resultado satisfatório para o setor. Como ponto inicial, tem-se a filmagem do *setup*, cronoanálise, passando pela padronização dos procedimentos, verificação dos resultados e finalizando com a sistematização dos procedimentos implantados.

3.1 Entendendo as funcionalidades da eletroerosão

A máquina possui um magazine para troca automática de eletrodos capaz de executar a usinagem com até 20 eletrodos dentro da programação de uma determinada peça. Permite colocar diversas peças na mesa de trabalho e executar programas de acordo com o posicionamento de cada peça.

Cada componente que entra em máquina não tem ao certo o seu tempo de usinagem por que, dependendo de sua complexidade, este tempo pode variar de acordo com o número de eletrodos necessários para o seu processo de fabricação.

A ferramenta utilizada para erodir as peças é chamada de eletrodo, que neste caso, é feito a partir de um bloco de grafite que possui geometrias muito complexas e é fabricado por uma máquina de usinagem CNC exclusivamente para ser utilizado na eletroerosão por penetração. Cada peça que será erodida na máquina precisa antes ter seu kit de eletrodos fabricados na usinagem CNC.

3.2 Filmagem do *setup*

A filmagem do *setup* da eletroerosão por penetração foi realizada, afim de facilitar o gerenciamento e a divisão dos tempos de *setup* interno e externo, conforme sugerido em Shingo⁽¹⁾. Outra técnica utilizada foi a da reunião dos operadores da máquina para esclarecimento do trabalho, bem como um explicativo dos conceitos da TRF que devem ser realizados para melhorar as condições atuais da troca de ferramentas e tempo atual de *setup*⁽¹⁴⁾.

Nesse momento, foram elucidadas todas as dúvidas e questionamentos feitos pelos colaboradores relativos ao trabalho a ser desenvolvido, bem como a explicação da metodologia que será adotada para a realização do trabalho.

O processo de *setup* da máquina foi filmado uma única vez, e para comprovação do tempo total gasto em cada atividade, foram cronometrados mais três *setups*. Após cronometrados os tempos de cada atividade, calculou-se uma média

aritmética e comparou-se com os tempos obtidos na filmagem para corroborar a veracidade do tempo medido.

Seguindo o modelo SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e os conceitos de perdas em seu estágio inicial, identificou-se o tempo total de cada atividade realizada na troca de um modelo para outro até a execução de apenas um eletrodo, devido a cada peça requerer o seu número de eletrodos.

3.3 Análise de dados

De acordo com o pilar *Just in Time*⁽¹⁵⁾, seguindo o conceito de fluxo e operações propostas por Ohno e Shingo, evidenciou-se várias formas de desperdício na filmagem:

Perda de superprodução antecipada: O ferramenteiro não tinha todos os eletrodos, provenientes da máquina CNC, para realizar o serviço.

Perda por espera: A máquina e o operador ficaram ociosos aguardando a confecção dos demais eletrodos.

Perda por processamento: Peças que não requeriam o acabamento superficial de altíssima qualidade eram produzidas da mesma forma que outras que necessitavam de maior qualidade, agregando valor desnecessário a sua fabricação.

Perda por estoque disponível: Um armário ocupando um espaço desnecessário com grande estoque de eletrodos que já foram utilizados em outras ocasiões, sendo guardados para futuras usinagens.

Perda por movimento: A demora para se colocar e retirar determinadas peças na máquina de eletroerosão caracterizaram este tipo de desperdício de tempo, ferramentas, acessórios e dispositivos utilizados para fixação das peças estavam longe no momento do setup.

Perda por produtos defeituosos: Discutido por meio do diálogo entre os ferramenteiros, devido à falta de padronização de dispositivos de fixação para o *setup*, cada ferramenteiro usava o dispositivo que julgava ser o adequado para fixar a peça, possibilitando erros e eventual defeito no produto.

Perda por subutilização da capacidade humana: Foi percebida esta perda, devido a nunca se ter ouvido dos operadores os problemas relacionados ao dia a dia no processo, flagrada nas reuniões devido ao alto nível de informações relatadas por eles, contribuindo muito para todas as decisões tomadas na implementação.

3.4 Separar atividades internas e externas

Depois de realizada a análise de dados, o estágio 2 do modelo proposto por Shingo⁽¹⁾ sugere agrupar todas as operações executadas para a usinagem na eletroerosão em *setup* interno e *setup* externo. Desta forma, todas as atividades realizadas na troca de ferramentas foram compiladas e transferidas para a Tabela 1.

Essa demonstração de tempos e atividades é muito importante, pois facilita a visualização das operações críticas da troca de ferramentas, ou melhor, atividades onde oportunidades de melhoria na situação atual ou podem até ser eliminadas.

Por meio desse procedimento, visualizou-se que 65 minutos eram gastos com atividades relacionadas de acompanhamento da execução de usinagem de desbaste

e de acabamento de dois eletrodos pelo ferramenteiro, tempo este que em percentual, corresponde a 52,42% do tempo total medido e padronizado na Tabela 1.

Tabela 1: Padrão de Trabalho A.

		Padrão de Trabalho - Eletroerosão					
		Máquina: FORM			Atualização: 15/09/2015		
Atividade	Tempo de	00:00:00	00:25:00	00:50:00	01:15:00	01:40:00	02:05:00
Limpar a mesa e colocar a peça	00:05:00	█					
Fixar a peça e alinhar com relógio	00:05:00		█				
Colocar o Eletrodo de desbaste e pressetar	00:05:00		█				
Ajustar Pto. Zero Peça	00:10:00		█	█			
Ajustar Parâmetros de usinagem	00:10:00			█	█		
Acompanhar Usinagem de desbaste	00:40:00				█	█	
Retirar Eletrodo desb, colocar o de acab. e pressetar	00:10:00				█	█	
Ajustar Parâmetros de Usinagem	00:02:00					█	
Acomp. Usinagem de acabamento	00:25:00					█	█
Retirar Eletrodo de acabamento	00:02:00						█
Retirar limpar a peça	00:05:00						█
Encaminhar para medição	00:05:00						█
TOTAL	2:04:00						
Legenda:		█	Máquina Parada	█	Execução	█	Setup externo

Somando a isso, os ferramenteiros desperdiçavam muito tempo procurando chaves e equipamentos na realização da limpeza e do *setup* na troca de cada peça.

O tempo total gasto com limpeza das peças e da mesa da máquina, fixação da peça e dos eletrodos e alinhamento da peça foi de 42 minutos. Os ferramenteiros relataram que o tempo para colocar as peças mais pesadas na máquina, às vezes, era superior ao mostrado na Tabela 1.

O tempo total consumido com a programação dos parâmetros de usinagem para um par de eletrodos, um de desbaste e um de acabamento foi de 12 minutos. Com a finalização dessa etapa do trabalho, observou-se que: o *setup* externo não existia. Todas as atividades eram realizadas com o recurso produtivo parado, onde os operadores começavam o *setup* somente após a parada da máquina.

O investimento financeiro na aquisição de um sistema de paletização chamado sistema EROWA CleverClamp, da empresa suíça EROWA *System Solutions*, para a realização de *setup* externo das peças, foi apresentado para a gerência e alta direção da empresa como uma das melhorias para a otimização no processo de *setup*.

Este processo chamado de EROWA CleverClamp permite realizar, externamente, operações como a fixação das peças fora da máquina e transferir as peças de lugar.

3.5 Converter elementos internos em externos

Conforme foi evidenciado, todas as atividades realizadas durante o setup antes da implantação dessa metodologia eram atividades internas sendo realizadas com recurso produtivo parado. Portanto cada uma das oito técnicas de Shingo⁽¹⁾ passaram a ser implementadas:

Técnica 1 - Separação das operações de *setup* internas e externas: As peças que antes eram colocadas em máquina para a realização do *setup*, passaram a ser colocadas na máquina de medir coordenadas. Esta recebe o mesmo dispositivo EROWA, executa a medição do posicionamento da peça e emite um relatório para a inserção nos parâmetros de trabalho na máquina de eletroerosão.

Técnica 2 - Converter *setup* interno em externo: O planejamento na preparação dos eletrodos, para cada modelo de peça, precisou ser readequado à nova metodologia, onde todos devem estar disponíveis, com um período de um dia de antecedência para a peça entrar em máquina, no intuito de não ocorrer ociosidade e qualquer imprevisto decorrente de eletrodos. Para esta melhoria foi adequado um sistema de entrada e saídas de peças e eletrodos chamado *flow rack* ao lado da máquina.

Técnica 3 - Padronizar a função, não a forma: Com objetivo de uniformizar procedimentos e medidas, os modelos foram separados por grau de complexidade dentro de sua funcionalidade no molde. As peças menos complexas passaram a ter seus parâmetros de usinagem mais dinâmicos, tornando o processo mais rápido, reduzindo o tempo de usinagem e mantendo o dimensional da peça dentro do especificado.

Técnica 4 - Utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos: esta técnica proposta por Shingo⁽¹⁾ foi apurada, neste caso, na implementação de parafusos e porcas padronizados com lugar de fácil acesso para estar próximo no momento do *setup*.

Técnica 5 - Usar dispositivos intermediários: seguindo rigorosamente a metodologia de utilização de dispositivos padronizados para preparar a peça fora da máquina, aproveitando o novo recurso adquirido, os dispositivos de fixação de peças por paletização foram padronizados para reduzir os tempos com ajustes em máquina.

Técnica 6 - adotar operações paralelas: Este procedimento também foi questionado, diante da metodologia, por não existirem condições necessárias de mais de um operador na atividade do *setup*.

Técnica 7 - Eliminar ajustes: Discutiu-se esta técnica para aplicação na melhoria sobre perda por transporte, no caso uma paleteira, para colocar e retirar os dispositivos em máquina. Reduziu-se em 50% o tempo deste processo e, no ponto de vista ergonômico, foi necessária sua implantação por sanar as dificuldades relatadas pelos ferramenteiros quanto à colocação das peças mais pesadas na máquina.

Técnica 8 - Mecanização - Com esta última técnica, após nova medição dos tempos do *setup*, o grupo obteve resultados inferiores ao obtido por Shingo⁽⁹⁾, que reduziu o *setup* de 2 horas para 3 minutos. Neste caso, o tempo que a máquina ficava parada no *setup*, representado pela legenda vermelha na Tabela 2, passou para 10 minutos.

Tabela 2: Padrão de Trabalho B.

		Padrão de Trabalho - Eletroerosão					
		Máquina: FORM		Atualização: 15/11/2015			
Atividade	Tempo de	00:00:00	00:25:00	00:50:00	01:15:00		
Limpar dispositivo e colocar a peça	00:05:00	■					
Fixar a peça e medir coordenadas na Tridimensional	00:10:00		■				
Avaliar liberação de Eletrodos	00:05:00		■				
Programação CNC da peça	00:10:00			■			
Colocar Eletrodos no magazine	00:10:00			■			
Retirar dispositivo peça anterior e limpeza da mesa	00:05:00				■		
Fixar dispositivo com a peça na mesa	00:05:00				■		
Acompanhar usinagem de desbaste e acabamento	01:05:00	■	■	■	■		
TOTAL	1:55:00						
Legenda:		■	Máquina Parada	■	Execução	■	Setup externo

A medição dos tempos antes e depois da implementação das melhorias serve como um indicador para comprovar a eficácia da metodologia. Entende-se que com as demais ações implementadas aliadas à melhoria contínua (kaizen) do processo e dedicação dos envolvidos, pode-se obter reduções de tempos ainda mais satisfatórios.

Uma grande mudança, não somente na forma de trabalhar, mas também na forma de pensar, de todas as pessoas envolvidas durante e após a implantação da metodologia, é mostrada na comparação das operações da Tabela 3. Antes da implantação das técnicas e após a primeira filmagem dos tempos, o padrão de trabalho era composto por 12 etapas para a fabricação de cada peça. Após a segunda filmagem, o processo para a fabricação, da mesma peça, passou para 8 etapas.

A operação de retirar, limpar, colocar, fixar a peça e alinhar a mesma com relógio apalpador, que levavam em média 15 minutos, deram lugar à operação de colocar a peça no dispositivo e medir as coordenadas enquanto a máquina de eletroerosão por penetração está trabalhando na peça anterior.

As operações de ajuste do ponto zero peça, parâmetros de usinagem e *presset* de eletrodos, de acordo com a Tabela 2, eram realizadas em 25 minutos para apenas um eletrodo, passando para a operação de programação CNC da peça, feita também com a máquina trabalhando na peça anterior.

Tabela 3: Comparativo de operações.

	Limpar a mesa e colocar a peça	➔	Limpar dispositivo e colocar a peça	
	Fixar a peça e alinhar com relógio		Fixar a peça e medir coordenadas na	
	Colocar o Eletrodo de desbaste e pressetar		Avaliar liberação de Eletrodos	
	Ajustar Pto. Zero Peça		Programação CNC da peça	
	Ajustar Parâmetros de usinagem		Colocar Eletrodos no magazine	
	Acompanhar Usinagem de desbaste		Retirar dispositivo peça anterior e limpeza da mesa	
	Retirar Eletrodo desb, colocar o de acab. e pressetar	Fixar dispositivo com a peça na mesa		
	Ajustar Parâmetros de Usinagem		Acompanhar usinagem de desbaste e acabamento	
	Acomp. Usinagem de acabamento			
	Retirar Eletrodo de acabamento			
	Retirar limpar a peça			
	Encaminhar para medição			

As operações de retirar eletrodo, retirar a peça, limpar e encaminhar para a medição que levava aproximadamente 15 minutos, passando para a operação de fixar dispositivo na mesa.

As operações de acompanhamento de usinagem de desbaste e acabamento, que antes não eram aproveitadas, passaram a ser o período de *setup* da próxima peça, transformando em um ciclo de *pré-setup* para a próxima peça.

Conforme a Tabela padrão A (Tabela 1) o tempo total de usinagem de um eletrodo era de 2 horas e 5 minutos. Na Tabela padrão B (Tabela 2), após as melhorias, esse tempo baixou para 1 hora e 15 minutos, uma redução de 38%, e o tempo de máquina parada, somente para o *setup*, reduziu de 1 hora para 10 minutos, uma redução de 600%.

O número médio de eletrodos por peça era 10, o que requeria 13 horas para finalizar todo o processo. Após as melhorias, a média do tempo total passou a ser de 8 horas, obtendo-se um ganho de 5 horas por peça em média. Portanto, a redução nos tempos de troca de peça e usinagem completa foi superior a 38%.

Considerando o ganho com a redução dos *setups* realizados, mensurados neste estudo de caso, projeta-se que seja implementado o conceito de TRF e o sistema EROWA para as 6 máquinas de usinagens CNC, visando o transporte paletizado de uma operação para outra.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho respondeu quais são os ganhos proporcionados pelo sistema de Troca Rápida de Ferramentas, proposto por Shigeo Shingo, na usinagem realizada por eletroerosão por penetração.

Utilizando das técnicas de TRF em uma eletroerosão por penetração, foram estabelecidos objetivos, tendo como principal, consolidar procedimentos padrões de

setup. Para o alcance desse objetivo, quatro etapas (objetivos específicos) necessariamente foram cumpridos. A primeira etapa iniciou com a filmagem do processo atual de *setup*. A segunda ocorreu após mapear e efetuar um estudo dos tempos, descrevendo na Tabela padrão A, sendo estas as etapas do *setup* realizados na máquina. Com a obtenção de dados captados e mencionados e pelas análises de formas de desperdício, a terceira etapa foi exercer as oito técnicas de Shingo⁽¹⁾ propondo e implantando as melhorias, efetuando uma segunda filmagem que deu origem à Tabela padrão B.

As dificuldades presentes na aplicação das 8 técnicas foram: (1) Falta de treinamento de operação da máquina de medir coordenadas para os operadores foi solucionado por meio de treinamento do técnicos da qualidade como instrutor para os ferramenteiros; (2) Demora de uma semana na adequação do sistema de planejamento para que fosse possível todos os eletrodos estarem disponíveis para o *pré-setup* da eletroerosão por penetração; (3) Diferenças de ponto zero do dispositivo presente na máquina de medir por coordenadas em relação ao dispositivo presente na eletroerosão, gerando problemas de qualidade nas peças foi resolvido por meio de uma verificação na fixação do dispositivo que estava na eletroerosão de forma errada, causando um empenamento no dispositivo. Após a melhor fixação, manteve o dimensional das peças produzidas conforme especificado.

Depois das melhorias implantadas, a quarta e última etapa era fazer a comparação dos tempos de *setups* e elencar os resultados obtidos, o que de fato respondeu a pergunta inicial, tendo os ganhos de 40% no tempo de *setup* calculado com base em um eletrodo, reduzindo de 2 horas e 5 minutos para 1 hora e 15 minutos, o que de fato se assemelha ao tempo médio de 10 eletrodos, que calculado, teve como resultado um ganho de 38%, reduzindo de 13 horas para 8 horas por peça. Houve o ganho de utilização de máquina, diminuindo o tempo de máquina parada de 1 hora para 10 minutos por *setup* e o tempo de máquina parada, somente para o *setup*, reduziu de 1 hora para 10 minutos, uma redução de 83%.

Para se obter resultados positivos neste estudo, se faz necessário um alto comprometimento por parte de todos os envolvidos. O treinamento e a capacitação dos operadores devem ser focados na redução e/ou eliminação de todo e qualquer desperdício. Ficou evidenciado que estas ações trouxeram ganhos na duração do *setup* e que ao aplicar a metodologia TRF e reduzir o tempo do *setup*, além de padronizar os procedimentos, gera-se um incremento na capacidade produtiva.

REFERÊNCIAS

- 1 SHINGO, Shigeo. Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- 1 CIMM; eletroerosão por penetração CNC disponível em: <http://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/5298-eletroerosao-por-penetracao-cnc>. Acesso em: Set. 2019.
- 2 MOURA, R. A.; Redução do tempo de setup: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas. São Paulo: IMAN, 1996.
- 3 SANTOS, T. A.; ELIAS S. J. B.; Filho, A. N. M.; Aumento da produtividade e flexibilidade do processo spunbonded através da redução do tempo de preparação de máquinas. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, SC, 2004.

- 4 MULLER, R. M. Integração do método SMED ao método de custeio ABC no diagnóstico de prioridades de melhoria nas operações de setup. Curitiba, PR, 2007. Disponível em: <http://www.pgmecc.ufpr.br/dissertacoes/dissertacao_081_roger_mario_muller.pdf>. Acesso em: Set. 2019.
- 5 ANTUNES, Junico. Sistemas de Produção: conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- 6 SANTOS, J.; WYSK, R. A.; TORRES, J. M. Improving Production with Lean Thinking. New Jersey, EUA: John Willey & Sons, 2006.
- 7 PELLEGRINI, Silvia. Study and Implementation of Single Minute Exchange of Die (SMED) Methodology in a Setup Reduction Kaizen. International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. Istanbul, Turquia. Jul. 2012.
- 8 SHINGO, Shigeo. O Sistema Toyota de Produção: do ponto de vista da engenharia de produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- 9 FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. Troca Rápida de Ferramentas: Proposta Metodológica e Estudo de Caso. Gestão & Produção. Ago. 2003.
- 10 WILSON, Lonnie. How to Implement Lean Manufacturing. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2010.
- 11 YIN. R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3 ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.
- 12 GIL, Antonio C. Estudo de caso. São Paulo: Atlas, 2009.
- 13 SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3. ed. Atlas, 2009.
- 14 MONDEN, Yasuhiro. Toyota Production System: an integrated approach to just in time. Norcross, GA. 3. ed. New Jersey, EUA: Engineering & Management Press, 1998.

AUTOMAÇÃO DA ETAPA DE MOSTURAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL COM ARDUINO

De Barba Jr., D. J.¹

Bork, C.A.S.²

Silva, L. B.³

¹ Doutor, Durval João De Barba Junior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br.

¹ Doutor, Carlos Alberto Schuch Bork, IFSul, bork@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Engenheiro, Lucas Bernardes da Silva, IFSul, lucasbernardess95@gmail.com

Resumo

A mosturação, uma das etapas da produção de cerveja, é a infusão do malte em determinadas faixas de temperatura para ativar enzimas que proporcionam a quebra das proteínas em aminoácidos e peptídeos, e do amido em açúcares menores. Cada uma dessas enzimas produz um efeito diferente na cerveja, como aroma, aparência, retenção de espuma e corpo. Conhecendo isto, o controle de temperatura se torna um fator determinante para a eficácia do processo, como sistemas de micro cervejarias automatizados, que possuem um valor muito alto no mercado. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sistema automatizado de controle e regulação de temperatura na etapa de mosturação. A escolha dos componentes foi feita com base em requisitos de projeto, visando o objetivo de um sistema de baixo custo. Para a construção do sistema físico, utilizou-se a plataforma Arduino e seus módulos, como sensores de temperatura, módulo para controle de tempo e relés para ligar equipamentos elétricos necessários. Para o desenvolvimento da lógica de funcionamento, utilizou-se o software Arduino IDE. Com o sistema físico e lógico finalizados, comprovou-se que o objetivo geral do trabalho foi alcançado, validando o uso de plataforma Arduino para esse tipo de automação.

Palavras-chave: Cerveja artesanal; Mosturação; Plataforma Arduino; Automação.

AUTOMATION OF THE MASHING STEP OF THE ARTISAN BEER MANUFACTURING PROCESS WITH ARDUINO

Abstract

The mashing, one of the stages of beer production, is the infusion of malt in certain temperature ranges to activate enzymes that break down proteins into amino acids and peptides, and amide into smaller sugars. Each of these enzymes has a different effect on beer, such as aroma, appearance, foam retention, and body. Knowing this, temperature control becomes a determining factor for process efficiency, such as automated micro-breweries systems, which have a very high value in the market. The objective of this work was to develop an automated temperature control and regulation system in the mashing step. The choice of components was made based on design requirements, aiming at the goal of a low cost system. For the construction of the physical system, the Arduino platform and its modules were used, such as temperature sensors, time control module and relays to connect necessary electrical equipment. To develop the operating logic, the Arduino IDE software was used. With the physical and

logical system completed, it was proved that the overall objective of the work was achieved, validating the use of Arduino platform for this type of automation.

Key words: Artisan Beer; Mashing; Arduino Platform; Automation.

1 INTRODUÇÃO

A produção artesanal de cerveja vem se popularizando, cada vez mais nos últimos anos, no Brasil e no mundo. O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja mundial, atrás apenas de Estados Unidos e China, respectivamente. O aumento nesse setor é notável na última década, onde consolidou o Brasil dentre os grandes produtores. Em 2017 existiam 610 cervejarias no Brasil e a produção anual ficou em um patamar de 1,40 trilhões de litros. Esse crescimento impulsionou o mercado de cerveja como um todo, principalmente a parte de cervejas artesanais, representando 1% da produção brasileira⁽¹⁾.

Junto a esse cenário, ocorreu, também, o crescimento da fabricação da cerveja caseira. Fabricar a própria cerveja é uma atividade atraente por toda a história que a envolve, onde se pode colocar em prática vários conceitos, além de aprender coisas novas para ajudar no procedimento; pela liberdade na criação, pois pode-se fugir das cervejas convencionais e criar a cerveja que desejar, de acordo com receitas já utilizadas no mundo, ou ainda, fazer uma adaptação para satisfazer o próprio gosto⁽²⁾.

Na produção artesanal de cerveja, o processo de mosturação é geralmente executado com a utilização de um termômetro e regulagem manual do fogareiro para aumentar ou diminuir a temperatura do mosto, método esse que não representa um controle adequado de temperatura.

A mosturação, uma das etapas mais importantes do processo, é a infusão do malte em determinadas faixas de temperatura para ativar enzimas que proporcionam a quebra das proteínas em aminoácidos e peptídeos, e do amido em açúcares menores. Cada enzima, que é ativada nesses intervalos de temperaturas, possui um impacto diferente, como aroma, aparência, retenção de espuma e o quão encorpada a cerveja vai ficar⁽³⁾.

Existem, no mercado, sistemas completos de produção de cerveja artesanal que são chamados de microcervejarias automatizadas, porém o alto custo de investimento e manutenção acaba tornando-os inviáveis para a legítima produção artesanal, com foco mais caseiro do que comercial.

Em face disto, este trabalho desenvolveu a automatização do controle de temperatura na mosturação, no qual a solução proposta, baseada na plataforma de uso livre “Arduino”, foi implementar um sistema de controle de temperatura do mosto, de modo que o usuário possa determinar a faixa de temperatura e o intervalo de tempo desejado, de acordo com a receita de cerveja que pretende produzir. O sistema de controle foi de baixo custo, possibilitando que os produtores de cerveja artesanal caseiros possam automatizar seu processo e aumentar sua eficiência energética sem um grande investimento. Sendo assim, o objetivo deste artigo foi desenvolver um sistema automatizado de controle e regulagem da temperatura na etapa de mosturação para que possa ser utilizado em fabricação de cerveja artesanal.

Arduino é uma plataforma eletrônica de código aberto (licenciamento livre) baseada em *hardware* e *software*. Essa ferramenta foi criada para ser um fácil instrumento para desenvolvedores de projeto que não possuíssem tal experiência com programação e eletrônicos em geral. O Arduino consiste em um microcontrolador na

placa que lê sinais de entrada, trabalhando-os de acordo com a programação feita pelo usuário e gerando dados de saída. Os dados de entrada são lidos por sensores de 'n' tipos possíveis, como de temperatura, luminosidade, proximidade etc., e, então, o microcontrolador transforma em um sinal de saída, de acordo com a programação baseada na linguagem C⁽⁴⁾.

A grande vantagem do Arduino, em relação a outras plataformas, é a facilidade e praticidade em seu uso, motivando mais pessoas, que nunca tiveram esse contato com tecnologia, a entrar nesse meio tão fundamental para evolução da sociedade⁽⁵⁾.

Para fazer cerveja, necessita-se de 4 (quatro) ingredientes principais que são processados e combinados, de acordo com cada receita⁽⁶⁾:

1. **Malte de cevada:** proveniente do grão de cevada, convertido em açúcares fermentáveis que, na fermentação, definem características da cerveja como, teor alcoólico, cor e aroma.

2. **Lúpulo:** são flores verdes cônicas que são usadas na fabricação de cerveja, há mais de 200 anos, devido ao seu aroma floral que, junto da doçura do malte, entregam um ótimo equilíbrio no sabor da cerveja.

3. **Água:** mais de 90% da cerveja é composta de água e, por esse motivo é considerada um importante ingrediente. Como a água potável, hoje, é algo comum, torna mais fácil o acesso a uma boa água para a produção de cerveja.

4. **Levedura:** são microrganismos vivos que se alimentam de açúcar no seu ciclo de vida, e são responsáveis pelo teor alcoólico e estado final da cerveja.

Segundo Morado⁽⁷⁾, o processo de fabricação de cerveja artesanal consiste em 3 etapas principais, sendo elas:

1. **Mosturação:** processo onde se extrai os açúcares e outros componentes do malte, por cozimento.

2. **Fervura:** processo onde ocorre a esterilização do malte e definição de aroma e sabor da cerveja.

3. **Fermentação:** processo onde a levedura é adicionada com o objetivo de transformar os açúcares em etanol, dióxido de carbono.

A mosturação é o processo onde se aquece a mistura de água e malte da cevada em certas temperaturas, com o objetivo de ativar enzimas específicas que transformarão o amido em açúcares fermentáveis e não fermentáveis. Quanto mais amido for hidrolisado, melhor o resultado, pois haverá mais açúcares para a levedura transformar em etanol na fermentação. Três processos são esperados na mosturação: gelatinização, liquefação e sacarificação. A gelatinização consiste no inchamento dos grânulos do amido, por aquecimento da água, com o objetivo de romper esses grânulos para permitir que as enzimas interajam com o amido. A liquefação consiste na quebra das moléculas do amido, que são feitas ou no meio da molécula pela enzima alfa amilase, produzindo dextrina ou nas extremidades da molécula pela enzima beta amilase. A sacarificação é a conversão do amido em açúcar que a levedura poderá aproveitar na fermentação⁽⁸⁾.

Vários parâmetros devem ser considerados durante a mosturação, como tempo de aquecimento, quantidade de água, ingredientes, pH e temperatura. Esses critérios são ajustados conforme o tipo de cerveja, disponibilidade de ingredientes e disponibilidade de equipamento, qualquer erro em um desses critérios prejudicará o

produto final, como uma cor ou aroma indesejável na cerveja⁽⁹⁾. O fator mais importante e o que será foco deste trabalho é a temperatura.

O controle de temperatura da mosturação é muito importante, pois em cada faixa de temperatura uma enzima diferente é ativada e cada enzima implica em um efeito diferente na cerveja. Isso faz com que o intervalo de tempo, em cada faixa de temperatura, e quais faixas serão utilizadas, sejam determinantes para o resultado final da cerveja. Um processo comum de mosturação é utilizar rampas de temperatura para usufruir de cada enzima, conforme a cerveja desejada.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia deste trabalho seguiu 5 (cinco) etapas:

(1) As definições dos componentes foram feitas com o objetivo de atender os requisitos gerais da automação proposta no melhor custo benefício possível, aliando baixo custo e qualidade. Portanto, a partir dos requisitos de projeto, que restringiam os componentes disponíveis, se fez a escolha.

(2) O *layout* físico do sistema foi montado diretamente na bancada, de acordo com os componentes escolhidos e instalação real do sistema. A distribuição dos componentes foi feita de modo que eles não interferissem um no outro, já que são vários sensores que poderiam atrapalhar a leitura de dados.

(3) A parte lógica do sistema foi feita no *software* Arduino IDE permitindo que o microcontrolador saiba como trabalhar com as informações que serão fornecidas pelo usuário ao utilizar o sistema. O usuário entrará com os dados de temperatura e tempo do processo e, a partir desses dados, a placa deverá regular a passagem de gás para efetuar o controle de temperatura.

(4) Os testes, tanto do sistema lógico como do físico, foram feitos simulando a etapa de produção de cerveja utilizando água quente e fria, e a válvula solenoide de gás liquefeito de petróleo (GLP) e o sistema de ignição da chama, foram substituídos por 2 (dois) leds - azul e vermelho - respectivamente. Para fins de estudo de custo e *layout* do sistema instalado se utilizou dos componentes práticos.

(5) Após os testes, foram feitas as devidas correções, assim como a calibração dos sensores de temperatura e do sensor de gás, para melhor confiabilidade no processo. A calibração foi realizada utilizando o termômetro de líquido em vidro como padrão de referência⁽¹⁰⁾.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo será discutido os resultados obtidos durante o desenvolvimento desse projeto, divididos em definição dos componentes, desenvolvimento do *software*, construção do sistema físico e calibração dos sensores.

3.1 Definição dos componentes

A definição dos componentes se deu, primeiramente, pela escolha do uso de resistência elétrica ou efetuar o controle de chama/gás no sistema, que foi base para a escolha do Arduino e dos seus módulos.

Definição entre resistência elétrica e controle de chama/gás: O ponto de partida do trabalho foi escolher entre efetuar o aquecimento por resistência elétrica ou por

controle de chama em um fogão convencional. O sistema utilizado foi o de controle de chama/gás devido a alguns pontos consideráveis:

(1) Dependendo do dimensionamento de projeto da resistência elétrica, a dissipação de calor superficial pode ser muito alta, o que poderia acarretar no malte queimado se aderindo à resistência⁽¹¹⁾.

(2) No caso de resistências elétricas comuns, como as que são utilizadas para aquecer água no cotidiano, teria que deixar a panela consideravelmente aberta, além da fiação elétrica que estaria em contato com a panela quente, o que poderia ocasionar aquecimento do fio⁽¹²⁾. Já no caso de resistências elétricas especializadas para este fim, o que se necessitou fazer foi uma alteração física na panela utilizada para efetuar a ligação elétrica externamente e permitir a tampa fechada, porém isso limitou a quantidade de cerveja a ser produzida⁽¹³⁾.

(3) Outro fator contrário à escolha da resistência elétrica, foi o preço médio, visto que a resistência elétrica mais utilizada nesse tipo de sistema custa de R\$ 100,00 a R\$ 150,00 (40cm de diâmetro), dependendo da sua potência. Outro impeditivo foi que a potência necessária para a resistência elétrica varia de acordo com a quantidade de litros de cerveja a ser produzida e, portanto, se quiser produzir a mais, teria que refazer todo o processo novamente ou adquirir uma resistência de maior potência.

Definição dos módulos Arduino e demais componentes do sistema: Para definir os componentes utilizados, primeiramente foram estabelecidas algumas restrições de projeto:

- Os sensores de temperatura utilizados na mistura deveriam ser impermeáveis e suportar temperaturas entre 0 e 100°C.
- O sensor de temperatura utilizado como sensor de chama deveria ser de um material resistente ao calor e que suportasse altas temperaturas, pois o sensor ficaria próximo a chama do fogão, que tem temperatura em torno de 1.200 °C.
- O sensor de gás deveria atender GLP.
- A válvula solenoide a ser instalada na mangueira de gás deveria ser apropriada para GLP.
- Preferência por módulos do Arduino que já contenham biblioteca.

A Tabela 1 apresenta os componentes utilizados e seus preços médios no Brasil.

Tabela 1: Tabela de custos dos componentes utilizados.

Componente	Preço médio
Arduino UNO R3	R\$40,00
2x DS18B20	R\$20,00
Módulo MQ-5	R\$15,00
RTC DS3231	R\$15,00
Termopar + módulo max6675	R\$30,00
Usina ignição fogão (usado)	R\$25,00
Válvula solenoide GLP	R\$60,00
Fios/resistores/relês	R\$10,00
Total	R\$215,00

Durante a definição de componentes, aliou-se essas restrições com o melhor custo benefício possível.

O Arduino escolhido foi o UNO R3, versão menor se comparado com o Arduino MEGA, pois tanto fisicamente como logicamente, se apresenta suficiente ao projeto, visto que as portas disponíveis são suficientes e o tamanho da memória interna também.

O sensor de temperatura utilizado para a mistura foi o DS18B20, por ter as características necessárias e também por já ter sido utilizado, com sucesso, em outros projetos semelhantes, como o de FAÉ⁽¹³⁾.

Utilizou-se o sensor de gás MQ-5 com módulo de leitura que atende, exatamente, o requisito de projeto “captar GLP”.

Para o controle de tempo das rampas de temperatura fez-se uso do módulo RTC DS3231 que contempla a forma de programação utilizada no sistema.

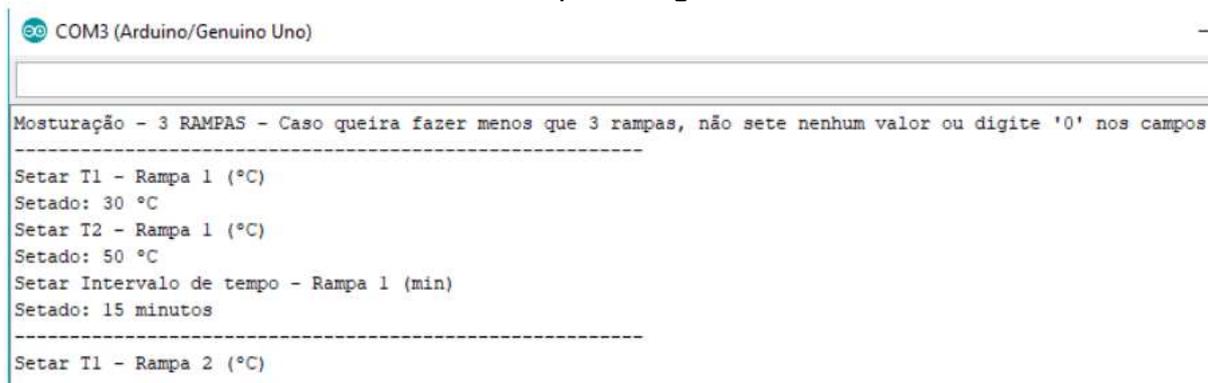
Para o sensor de chama foi utilizado o termopar tipo K junto do módulo de leitura MAX6675, que suporta de 0 a 1.024°C. Existem outros modelos tipo K que suportam até 1.250°C, porém, devido ao sensor não ficar em contato com a chama, e por questões econômicas, se fez a escolha desse sensor de variação menor de temperatura⁽¹⁴⁾.

Para o queimador do sistema, utilizou-se uma usina de ignição usada de um fogão, que atende a funcionalidade pretendida no sistema.

Empregou-se, para o controle de fluxo de gás, uma válvula solenoide GLP 1/8” instalada na mangueira de gás do fogão.

3.2 Software

A Figura 1 apresenta a interface inicial do programa onde o usuário digita os dados de temperatura inicial e final de cada rampa (máximo 3) e o intervalo de tempo a ficar nessa rampa, caso o usuário queira fazer menos de 3 rampas, bastando colocar o valor “0” nas variáveis restantes ou apenas aguardar.



```
COM3 (Arduino/Genuino Uno)
-----
Mosturação - 3 RAMPAS - Caso queira fazer menos que 3 rampas, não sete nenhum valor ou digite '0' nos campos
-----
Setar T1 - Rampa 1 (°C)
Setado: 30 °C
Setar T2 - Rampa 1 (°C)
Setado: 50 °C
Setar Intervalo de tempo - Rampa 1 (min)
Setado: 15 minutos
-----
Setar T1 - Rampa 2 (°C)
```

Figura 1: Interface inicial do programa.

Após o programa receber os dados do usuário, se inicia o processo de leitura dos sensores de temperatura (da mistura e da chama). Os sensores de temperatura são lidos constantemente, pois são vitais para o controle do sistema. O sensor de chama é trabalhado no momento em que o método de acender o fogo é chamado dentro do código, para saber se a chama já está ligada ou não e para quando desligar o queimador (da usina de ignição). A leitura do sensor de chama é feita a cada cinco

segundos, pois valores menores não fariam diferença, devido ao tempo de resposta do termopar⁽¹⁵⁾.

O sensor de gás também é lido dentro do método de acender o fogão, pois em caso do queimador estar ligado e não ter acendido a chama e o gás continuar saindo, ele detectará e fechará a solenoide do gás emitindo um alerta e uma mensagem de erro.

Durante o processo, o programa mostra a temperatura média dos dois sensores, que estão contidos na mistura, e os intervalos de temperaturas da rampa que está sendo executada no momento.

A Figura 2 apresenta o fluxograma de toda parte lógica do sistema.

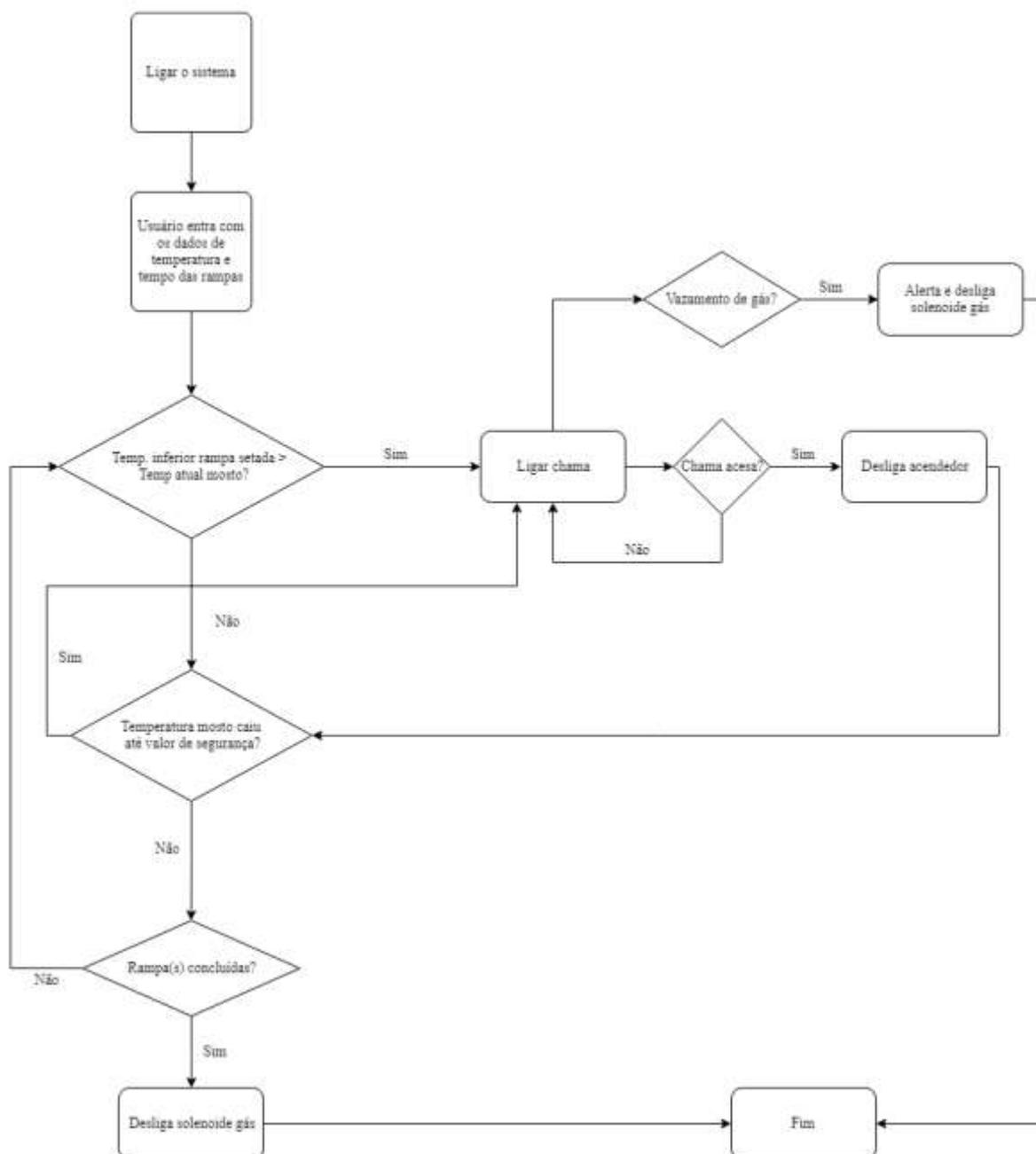


Figura 2: Fluxograma da parte lógica do sistema.

3.3 Montagem do sistema

A montagem do sistema se dividiu no esboço de instalação do sistema e do esquema de ligações entre o Arduino e seus módulos.

Esboço do sistema instalado: A Figura 3 mostra o esboço de instalação do sistema, permitindo que os módulos conectados ao Arduino trabalhem em conjunto de forma eficaz para o controle de temperatura proposto no sistema.

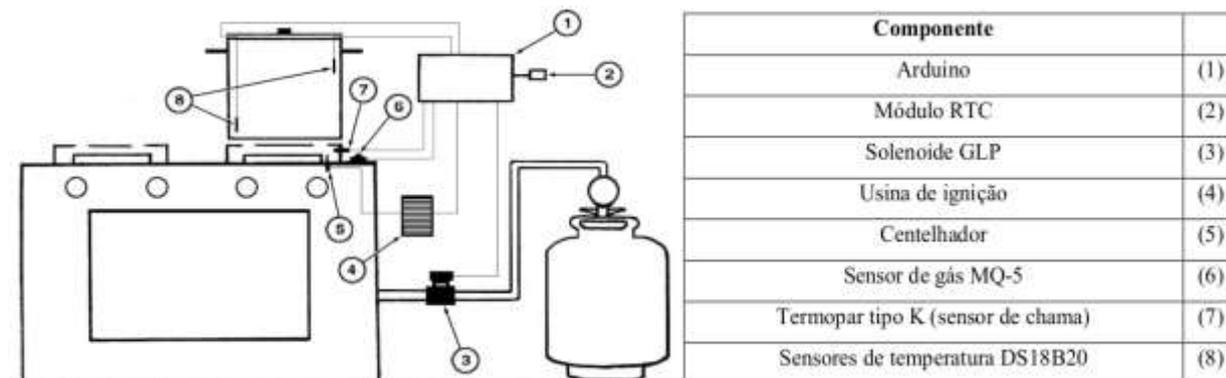


Figura 3: Esboço de instalação do sistema e a lista de componentes.

Para obter maior precisão no controle de temperatura da mistura e compensar o fato de não possuir um misturador no sistema, os dois sensores foram fixados em pontos diferentes e, com isso, é feita a compensação da variação de temperatura dentro da mistura⁽¹⁶⁾. Na programação se trabalhou com a média aritmética da temperatura entre os dois sensores.

O termopar tipo K utilizado possui faixa de leitura entre 0 e 1.024°C e, por isso, foi instalado cerca de 3cm distante da chama. Como a temperatura da chama não é um dado requerido para o sistema, e sim, apenas saber que ela está ligada ou não, o componente se tornou eficaz.

O sensor de gás MQ-5 foi fixado perto da boca do fogão de maneira que não fosse afetado pela temperatura da chama e que fizesse a leitura normal do vazamento ou não de gás.

Para que os testes fossem feitos de forma segura, não se utilizou do esboço mostrado na Figura 3 e se fez o uso de dois leds representativos para a usina de ignição (led vermelho) e a válvula solenoide (led azul), pois ambos são componentes de dois estados, HIGH ou LOW, assim como os leds, não causando nenhuma interferência de projeto nos testes e calibrações.

Depois dos testes, foram instalados dois relés no lugar dos leds, deixando o sistema pronto para ser utilizado.

Esquema ligações módulos x Arduino: A ligação entre o controlador e os módulos foi feita com o auxílio de uma *proto board*, como mostrado na Figura 4.

As ligações do módulo RTC DS3231 ao Arduino foram feitas de acordo com a bibliografia⁽¹⁷⁾.

As ligações dos sensores de temperatura DS18B20 ao Arduino foram executadas de acordo com a folha de dados do módulo, onde os dois sensores utilizados tiveram sua ligação unificada, devido ao fato deles possuírem um endereço exclusivo, possibilitando a utilização de mais de um sensor no mesmo barramento.

As demais ligações (módulo MAX6675, módulo Relé e módulo MQ-5) seguiram as folhas de dados de cada um.

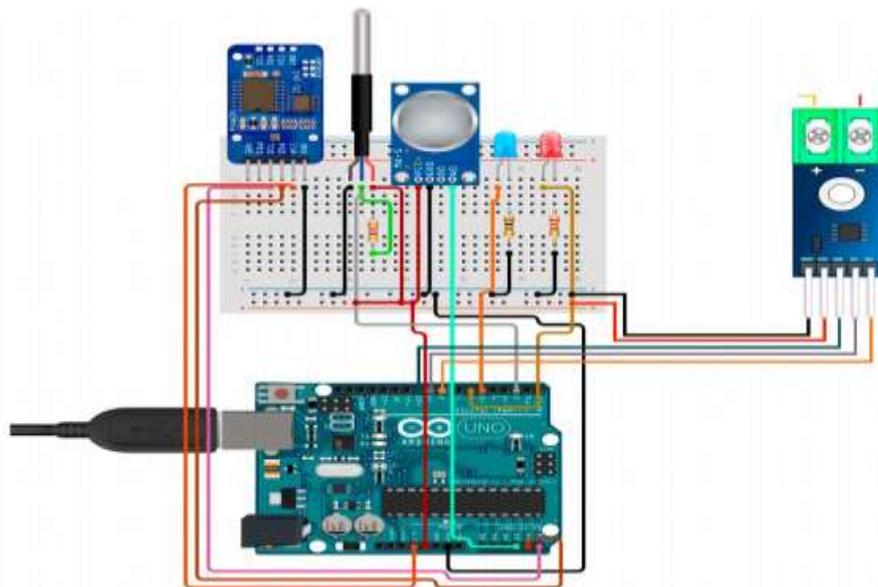


Figura 4: Esquema ilustrativo das ligações dos componentes ao Arduino

3.4 Calibração

Neste capítulo será abordado a verificação e calibração dos sensores de temperatura da mistura e do sensor de gás.

Calibração sensores de temperatura: Para calibrar os dois sensores de temperatura foram utilizados dois termômetros da Incoterm modelos 6338 e 5393, ambos de imersão total⁽¹⁰⁾. A calibração ocorreu com a imersão dos dois termômetros e os dois sensores de temperatura em um recipiente com água. Foram realizadas dez leituras nos sensores de temperatura para cada temperatura de referência medida pelos termômetros, a partir da variação controlada no aumento e diminuição de temperatura.

A diferença entre as médias de temperatura dos sensores e os valores de referência dos termômetros está dentro da variação prevista na folha de dados do sensor ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) e, por isso, o erro sistemático não precisa ser corrigido e o erro aleatório é corrigido pelo software, pois o sistema trabalha com a média de temperatura dos dois sensores.

Calibração sensor de gás: A forma correta para efetuar a calibração do sensor de gás MQ-5 seria em um ambiente limpo e controlado. Como isso, não foi possível sua calibração. Esta calibração ocorreu de forma prática, pela abertura da válvula de gás, simulando um vazamento e ajustando o potenciômetro presente no módulo. Esse ajuste pode ser feito pelo usuário de acordo com a sua instalação.

4 CONCLUSÃO

A definição dos componentes do sistema de automação do processo de mosturação, baseada no custo benefício foi adequada, pois existem componentes de valores baixos que exerceram muito bem suas funcionalidades nesse projeto, fazendo com que a ideia de um sistema eficiente de baixo custo fosse alcançada.

O desenvolvimento do sistema lógico utilizando o software Arduino IDE se mostrou adequado, visto que, com conhecimento intermediário de programação, é possível realizar a configuração dos módulos de maneira descomplicada, ajustando o que se necessita de cada componente para o sistema, com a ajuda de bibliotecas já existentes.

A verificação dos sensores de temperatura, principais componentes no sistema, mostrou que eles estão de acordo com a faixa de erro especificada pelo fabricante, não tendo erro sistemático, e para compensar o erro aleatório, foi utilizado a média dos dois sensores, que estão posicionados em alturas diferentes dentro do recipiente, demonstrando a importância da calibração desse tipo de componente.

A partir dos resultados, constatou-se que foi possível desenvolver um sistema automatizado de controle e regulação de temperatura na etapa de mosturação para a fabricação de cerveja artesanal de baixo custo, onde a plataforma Arduino se mostrou eficiente, de acordo com os componentes necessários nesse sistema e, assim, atingindo o objetivo geral do trabalho.

REFERÊNCIAS

- 1 CERVBRASIL. Associação Brasileira da Indústria da Cerveja – Anuário. Brasil [online], 2016. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasilAnuario2016_WEB.pdf>. Acesso em: Set. 2019.
- 1 LAMAS BREW SHOP. 10 motivos para se tornar um homebrewer. Lamas Brew Shop [online], 2017. Disponível em: <<http://www.lamasbrewshop.com.br/10-motivos-para-se-tornar-um-homebrewer/>>. Acesso em: Set. 2018.
- 2 CONERVEJA. Mash out: para que fazer e como ele afeta o perfil da cerveja. Brasil [online], 2017. Disponível em: <<https://concerveja.com.br/2017/08/23/mash-out/>>. Acesso em: Set. 2019.
- 3 ARDUINO. Introduction. Arduino [online], 2018. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: Set. 2019.
- 4 EVANS, M.; NOBLE, J.; HOCHENBAUM. Arduino In Action. Nova Iorque: Manning, 2013.
- 5 PAPIAZIAN, C. The Complete joy of Homebrewing. Nova Iorque: Harper Collins Publishers Inc, 2003. 3ed
- 6 MORADO, R. Larousse da cerveja. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.
- 7 BARTH, R. The chemistry of beer. Nova Jersey: Wiley, 2013.
- 8 EßLINGER, H. M. Handbook of Brewing. Alemanha: Wiley-VCH, 2009.
- 9 Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). Orientação para acreditação de laboratórios para o grupo de serviços de calibração em temperatura e umidade – DOQ-CGCRE-009. Brasil [online], 2010. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/Arquivos/CGCRE/DOQ/DOQ-CGCRE-9_02.pdf>. Acesso em: Set. 2019.
- 10 BORGES, J.C.; FROLICH, T. Desenvolvimento de dispositivo de controle automático para os processos de mosturação e fervura da fabricação de cerveja artesanal. 2015. 109f. Trabalho de Conclusão de Curso (Mecatrônica Industrial) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – IFSC, Joinville, Santa Catarina.

- 11 OLIVEIRA, S, P. Desenvolvimento de um sistema de controle digital de temperatura para mosturação no processo de fabricação de cervejas artesanais. 2016. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Eletrônica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, Campo Mourão, Paraná.
- 12 FAÉ, R.B. Monitoramento e controle do processo de brasagem na fabricação de cervejas artesanais. 2016. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciência da Computação) - Universidade do Vale do Itajaí - UNIVALI, São José, Santa Catarina.
- 13 MELO, L.F. Sensores de Temperatura: Termopares. Universidade Estadual de Londrina - UEL, 2015.
- 14 OMEGA. Termopar - OMEGA Engineering. Brasil [online], 2018. Disponível em: <<https://br.omega.com/prodinfo/termopares.html>>. Acesso em: Set. 2019.
- 15 CALEGARI, R. Estrutura de testes para uma microcervejaria: concepção, dimensionamento e construção. 2013. 21f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- 16 MCROBERTS, M. Arduino Básico. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2011.

INFLUÊNCIA DOS PARÂMETROS DE PELOTIZAÇÃO NO GRAU DE ESFERICIDADE E ARREDONDAMENTO DE PARTICULADOS CERÂMICOS

Wurzel, G. B.¹
Calcagno, C. I. W.²

¹ Estudante de Engenharia Mecânica, Gabriela Brehm Wurzel, IFSul - campus sapucaia do sul, gabriela.wurzel@gmail.com

² Doutora, Carmen Iara Walter Calcagno, IFSul - campus sapucaia do sul, carmencalcagno@sapucaia.ifsul.edu.br

Resumo

A pelletização é uma estratégia muito utilizada na geração de particulados esféricos e arredondados a partir de materiais finos. Esse método foi proposto para a produção de propantes, elementos cerâmicos utilizados na exploração de petróleo. O objetivo desse trabalho foi analisar modificações de parâmetros de pelletização a fim de obter pelotas com alto grau de esfericidade e arredondamento. Para isso, os requisitos foram elencados tomando como base a norma da ABNT referente a propantes e processos que já haviam sido consolidados no laboratório. Diferentes procedimentos para a inserção de materiais sólidos e líquidos no prato de pelletização foram investigados, associando-os ao rendimento em pelotas e padrões geométricos especificados para aplicação como propantes. Os resultados demonstraram grau de esfericidade e arredondamento satisfatórios, por outro lado foram observadas a formação de partículas com baixo grau de compactação e a redução na produção.

Palavras-chave: Pelotização; Cerâmicos; Sílica

INFLUENCE OF PELLETIZING PARAMETERS ON THE SPHERICITY AND ROUNDING OF CERAMIC PARTICULARS

Abstract

Pelletizing is a widely used strategy in the generation of spherical and rounded particulates from fine materials. This method was proposed for the production of proppants, ceramic elements used in oil exploration. The objective of this work was to analyze modifications of pelletizing parameters in order to obtain pellets with high sphericity and roundness. For this, the requirements were listed based on the ABNT standard regarding propellants and processes that had already been consolidated in the laboratory. Different procedures for the insertion of solid and liquid materials in the pelletizing plate were investigated, associating them to the yield in pellets and geometric patterns specified for application as propellants. The results showed satisfactory degree of sphericity and rounding, on the other hand, the formation of particles with low degree of compaction and the reduction in production were observed.

Key words: Pelletizing; Ceramics; Silica

1 INTRODUÇÃO

Os propantes são materiais cerâmicos granulares que, a partir de uma geometria especificada em norma, são utilizados em operações de fraturamento hidráulico para sustentar a fratura, obtendo-se um canal permanente. Para isso, é de fundamental importância que possuam resistências mecânicas suficientes para suportar as pressões de operação do poço^(1, 2).

A norma para propantes exige que as pelotas cerâmicas possuam esfericidade e arredondamento classificados pelo comparador visual de Krumbein-Sloss, apresentada na Figura 1, de, no mínimo, 0.7 em cada eixo^(3, 4). É fundamental que possuam essa geometria específica para garantia de permeabilidade e condutividade máxima do meio preenchido da fenda⁽⁵⁾. Além disso, a maior uniformidade dos grãos influencia no arranjo deles no interior da fissura, distribuindo a pressão de forma mais homogênea, diminuindo o esmagamento e a geração de finos⁽⁶⁾.

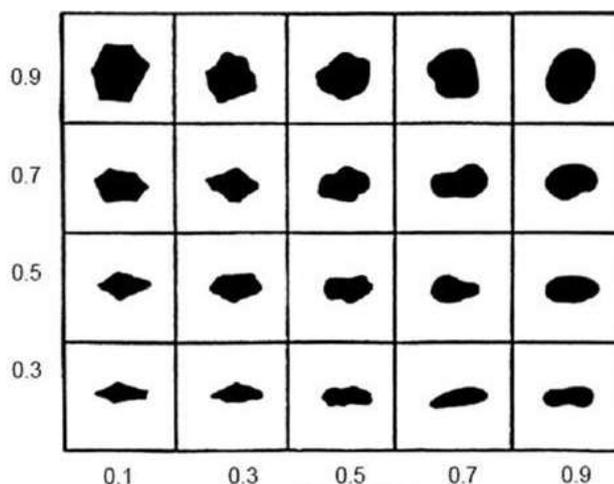


Figura1: Fator de forma desenvolvido por Krubein e Sloss para a caracterização dos grãos⁽³⁾.

O eixo y da tabela determina esfericidade do propante, ou seja, ao analisar visualmente todas as distâncias entre o centro e as bordas, devem se assemelhar ao raio de um círculo. O eixo x, por sua vez, apresenta arredondamento, ou seja, mostra se há arestas ou como as bordas estão arredondadas^(2, 3).

Os materiais que são comumente utilizados como propantes podem ser classificados em 3 camadas de condutividade, sendo elas cerâmica, areia revestida com resina e areia não revestida, em ordem decrescente de condutividade. Atendendo essa classificação são encontrados diversos materiais como: areia de sílica, cascas de noz, areias naturais, vidro, bauxita sinterizada, caulim e fundido zircão⁽⁷⁾. Alguns desses materiais possuem o tamanho menor dos que exigidos em norma, necessitando a criação de estratégias para a aglomeração.

Para a produção de particulados cerâmicos a estratégia utilizada nesse trabalho foi a de pelletização. Esse procedimento é muito utilizado na geração de particulados esféricos e arredondados a partir de materiais finos. Comumente a pelletização é aplicada em minérios de ferro para a compactação e reutilização de um material dado como dispensável^(8, 9, 10). Todavia, com a modificações de parâmetros, pode ser aplicada em materiais cerâmicos⁽¹¹⁾.

O objetivo desse trabalho foi analisar modificações de parâmetros de pelletização a fim de obter pelotas com alto grau de esfericidade e arredondamento.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O principal material utilizado como matéria prima na pelotização foi a sílica Comercial Zeosil 1165MP (98% de pureza). Além dele, foi utilizado bentonita, conhecida como argila branca, e água como aglomerantes.

A máquina pelotizadora conta com três pás fixas e um disco móvel. As pás estiveram em um ângulo de aproximadamente 120° e o conjunto de pás e disco esteve com uma inclinação de 45° em relação à base da máquina, como apresentado na Figura 2. O disco possui um diâmetro de 150mm e o eixo gira em uma rotação de 3Hz. A máquina está apresentada na Figura 3.

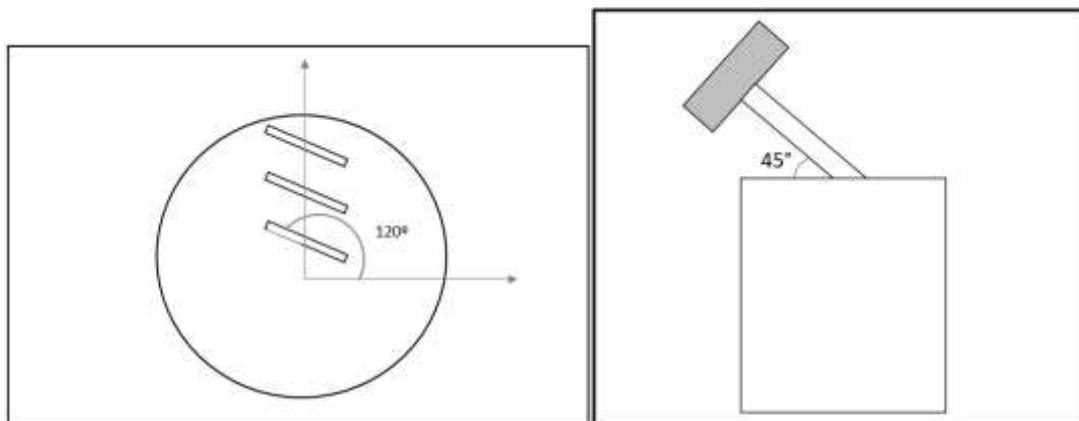


Figura 2: Vista superior e lateral do prato

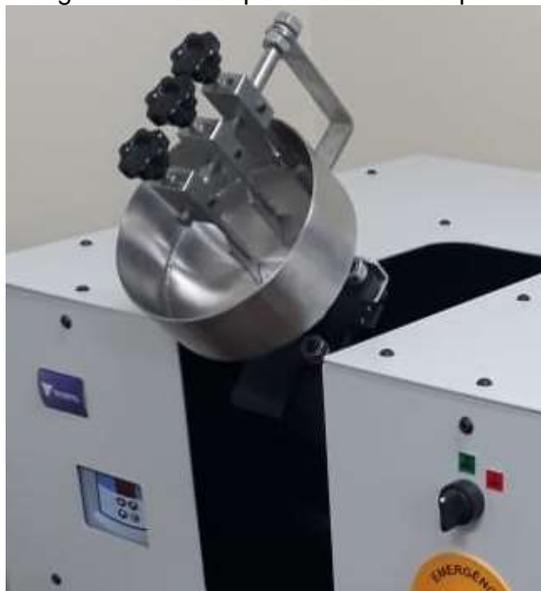


Figura 3: Máquina pelotizadora em escala laboratorial

Foram realizados dois testes diferentes para a comparação de resultados. Um difere do outro essencialmente pela forma como a mistura inicial é incluída no processo. No primeiro ela é colocada seca, enquanto no segundo a base inicial é umidificada.

O primeiro teste iniciou a partir da pesagem das massas de cada matéria-prima com o auxílio da balança analítica, em uma proporção de 9:1 de sílica e aglomerante, respectivamente. Essa mistura foi levada para o disco de pelotização já em movimento. O cronometro foi iniciado junto à primeira adição de água, que foi de 2ml a cada 2 minutos. O procedimento se deu até a saturação da massa.

O segundo teste se diferencia do primeiro unicamente na forma como a água está presente na mistura inicial. As massas mantiveram a mesma proporção e contaram com uma umidificação prévia de 10% do peso inicial⁽¹⁰⁾, antes de ser levada ao disco. Os grumos formados foram desfeitos manualmente. Após isso, todas as etapas se deram da mesma forma.

A sinterização das pelotas se deu em um forno. A curva de aquecimento está representada na Figura 4.

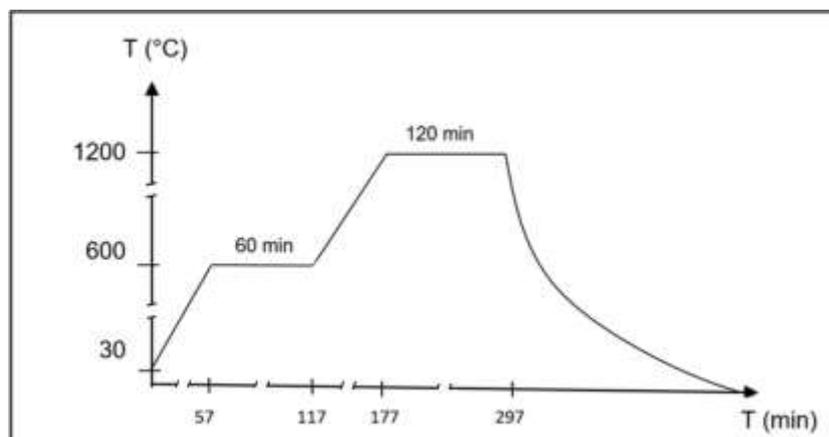


Figura 4: Curva de aquecimento da sinterização

O processo de sinterização se iniciou em 30°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C/min e alcançou uma temperatura de 600°C. Nessa temperatura ocorreu a primeira isoterma, quando manteve-se constante durante 60 minutos a mesma temperatura. Aqueceu-se até 1200°C, com uma taxa de 10°C/min, onde iniciou a segunda isoterma por mais 120 minutos. Após essa etapa o forno foi desligado e o resfriamento se deu de forma natural.

A classificação granulométrica foi realizada em agitador de peneiras eletromagnético Bertel equipado com as malhas 20/25/30/35/40 durante 2 minutos. As massas retidas em cada *mesh* foram pesadas e incluídas em uma tabela.

A análise de microscópio iniciou com a separação de 20 partículas retidas em cada *mesh*⁽⁴⁾. Cada conjunto foi fotografado e analisado quanto a esfericidade e arredondamento tomando como base a tabela de Krubein-Sloss. Os dados foram incluídos em uma tabela e calculadas as médias e desvios-padrão de cada *mesh* e geral.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de pelletização foi utilizado como estratégia para aglomerar a sílica comercial, cujo tamanho de partícula é inferior ao desejado para aplicação em propantes, e gerar particulados cerâmicos com esfericidade e arredondamento especificados para essa aplicação. Com o intuito de aprimorar essa qualidade das pelotas, foram testadas diferentes mudanças nos parâmetros que eram utilizados.

O primeiro teste iniciou com a mistura de pós secos de sílica comercial e bentonita. Após todo o processo de pelletização, sinterização e classificação granulométrica, as pelotas foram pesadas e apresentaram um rendimento de 4,03% de massa inicial de pelotas dentro das especificações. A massa e rendimento de cada classificação estão dispostas na Tabela 1.

Tabela 1: Massas da análise granulométrica - Base seca

Categorias	Massa (g)	Rendimento da massa inicial (%)
Grossos	1,6355	16,36
mesh 25	0,0878	0,88
mesh 30	0,1516	1,52
mesh 35	0,0809	0,81
mesh 40	0,0815	0,82
Finos	0,3188	3,19
Σ	2,3561	23,58

O alto percentual de grossos pode estar relacionado ao modo como as pelotas foram retiradas da pelotizadora. A ferramenta utilizada e a forma como o procedimento de retirada é realizado propicia o contato com a lateral do disco, fazendo com que material acumulado e não pelotizado seja também retirado do processo. Esta observação pode ser um indicativo para a necessidade de pesquisas adicionais incluindo, por exemplo, métodos para automatizar o procedimento e evitar variáveis que ainda não são possíveis controlar. A quantidade de finos, que possuem tamanho inferior a especificação, também pode ser originada pelo modo como as pelotas foram retiradas. Isso porque antes da sinterização as pelotas ainda são frágeis e facilmente fragmentam e perdem a sua forma. Outra hipótese é em relação à etapa de sinterização, na qual as pelotas que estavam dentro das especificações de tamanho, após esse processo reduziram e não ficaram retidas no *mesh* 40.

O valor de rendimento determinado é referente a massa inicial que entrou no disco de pelotização. Portanto, aproximadamente 76,42% entrou em estado de saturação antes de ser convertido em pelotas. É importante ressaltar que esse material saturado, assim como os finos, pode ser pelotizado novamente, não havendo perdas do material.

Amostras de cada *mesh* grifado foram escolhidas aleatoriamente e analisadas no microscópio a partir de uma comparação visual com a tabela de Krubein-Sloss⁽³⁾. As imagens capturadas pelo microscópio estão apresentadas na Figura 5.

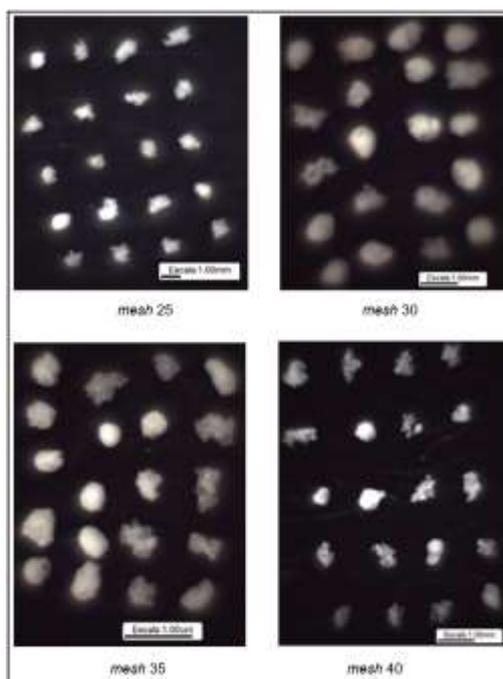


Figura 5: Imagens capturadas pelo microscópio – Base seca

Cada pelota recebeu valores quanto esfericidade e arredondamento que compuseram a tabela responsável pela formação dos gráficos contidos na Figura 6 e na Figura 7. Além disso, é possível observar que mesmo após a sinterização, as pelotas apresentaram um grau de compactação baixo, que o pode gerar fragilidade em futuros ensaios de resistência ao esmagamento.



Figura 6: Grau de esfericidade – Base seca

A partir dos gráficos é possível observar que, em geral, o grau de esfericidade das pelotas aumenta à medida que o tamanho de partícula aumenta. Isso porque no *mesh 40* pode ser identificada a presença de muitas pelotas com tamanho inferior ao da especificação, que é 0,7⁽⁴⁾. Conforme o tamanho das partículas aumentou, o número de pelotas dentro faixa de aprovação para propantes cresceu.

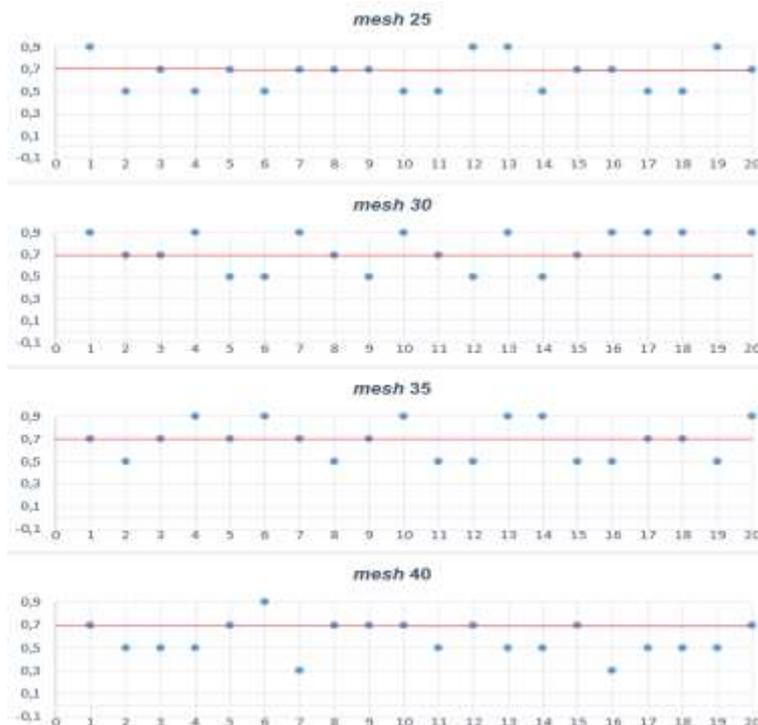


Figura 7: Grau de arredondamento – Base seca

Assim como observado no grau de esfericidade, o grau de arredondamento apresentou os valores mais baixos em partículas menores. Todavia, os outros *meshs* não apresentaram mudança significativa relacionada ao tamanho da partícula.

A média geral de todas as amostras resultou em $0,7 \pm 0,2$ para esfericidade e arredondamento, o que significa que está dentro das especificações de propantes à base de cerâmicas. A linha vermelha em 0,7 contida na Figura 6 e na Figura 7 representa o valor exigido em norma para média geral dos *meshs* para ambos os eixos⁽⁴⁾.

Um problema identificado no procedimento partindo da base seca foi a dispersão de finos no ambiente no momento em que os pós secos entravam na pelletizadora. A estratégia encontrada para diminuir essa dificuldade foi a implementação de uma base úmida^(10, 11) como mistura inicial.

Portanto, o segundo teste se difere do primeiro unicamente no acréscimo inicial de água, antes de entrar no processo de pelletização. Essa modificação gerou um aumento de formação de pelotas de aproximadamente 79,59% no intervalo de 0 a 10 minutos do processo. O aumento está ilustrado na Figura 8.

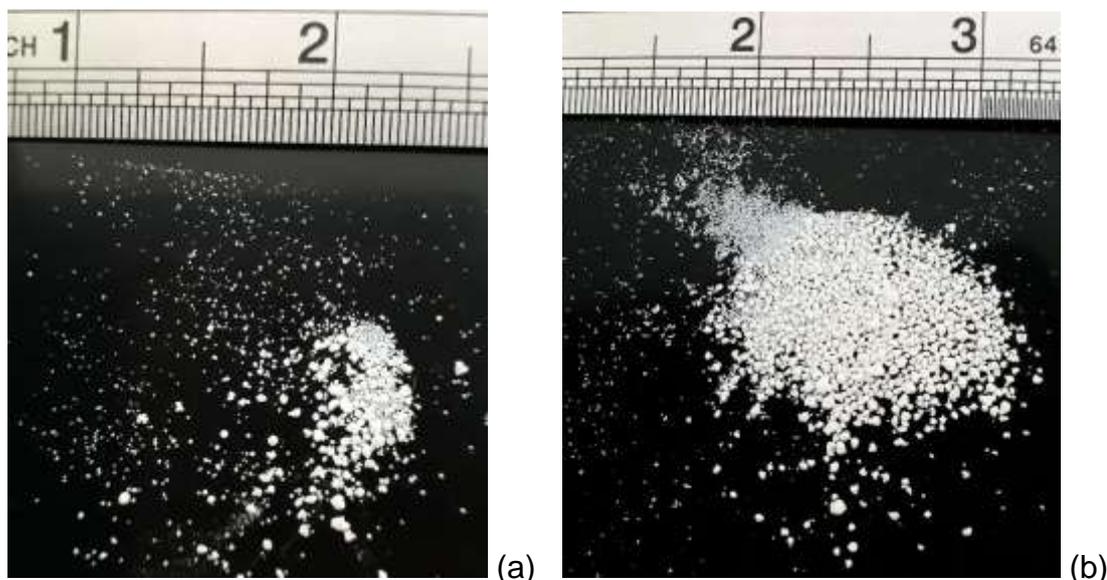


Figura 8: Pelotização, 0 a 10min – Base seca (a) e úmida (b)

Semelhantemente às etapas executadas com as pelotas obtidas a partir da base seca, após finalizado todo o processo de pelotização, sinterização e classificação granulométrica, a massa de partículas formadas foi medida e resultou um rendimento de 3,1% sobre a massa inicial, que estão dentro das especificações dos *meshs* 20/40. A massa e o rendimento de cada classificação estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Massas da análise granulométrica - Base úmida

Categorias	Massa (g)	Rendimento da massa inicial (%)
Grossos	0,2514	2,5
<i>mesh</i> 25	0,0698	0,7
<i>mesh</i> 30	0,0905	0,9
<i>mesh</i> 35	0,0662	0,7
<i>mesh</i> 40	0,0831	0,8
Finos	0,1080	1,1
Σ	0,6690	6,7

Semelhante ao comentado anteriormente, o alto percentual de grossos e finos pode estar relacionado à execução dos procedimentos tanto na pelotização como na etapa de sinterização. O rendimento, em relação a massa de mistura inicial de sílica e bentonita que entrou no disco de pelotização, também foi baixo e, aproximadamente 93,3% da massa total entrou em saturação antes de ser pelotizada.

Os percentuais de massa dentro das especificações foram de 4,03% e 3,1% para a base seca e úmida, respectivamente. Esses percentuais mostram que embora a pelotização nos 10 primeiros minutos de processo seja maior para a base úmida, em geral, a base seca apresenta alguma vantagem no rendimento total que também é baixo.

A esfericidade e arredondamento foram determinados e as imagens capturadas pelo microscópio estão apresentadas na Figura 9.

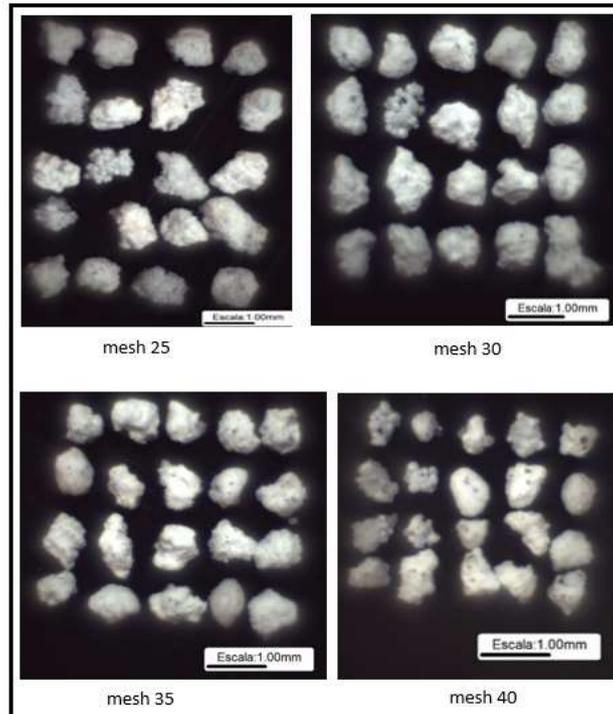


Figura 9: Imagens capturadas pelo microscópio – Base úmida

Nos gráficos apresentados na Figura 10 e na Figura 11 é possível visualizar a dispersão das medidas em torno da especificação geométrica para propantes. Além disso, nas imagens é possível visualizar que o grau de compactação das amostras produzidas a partir da base úmida é maior do que aquela produzida a partir da base seca. Isso pode ser um indicativo de que em testes futuros essas partículas podem apresentar maior resistência em ensaios esmagamento, também importantes para aplicação como propantes.

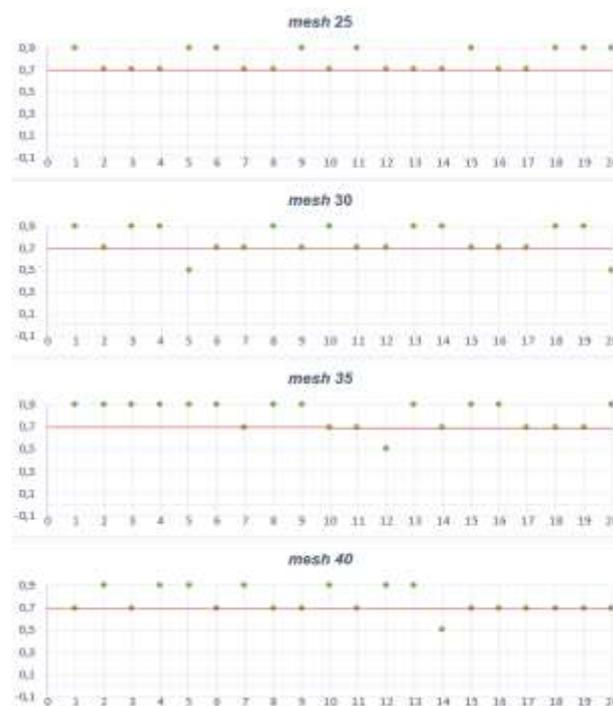


Figura 10: Grau de esfericidade - Base úmida

A partir dos gráficos é possível observar que o grau de esfericidade melhorou com a base úmida. Isso porque somente 5% das amostras de todo o conjunto analisado esteve abaixo da faixa de especificação. Enquanto que a base seca apresentou 35% fora dessa faixa, isso significa que a implementação da base úmida gerou uma melhoria de 85,71% na quantidade de partículas com alto grau de esfericidade.

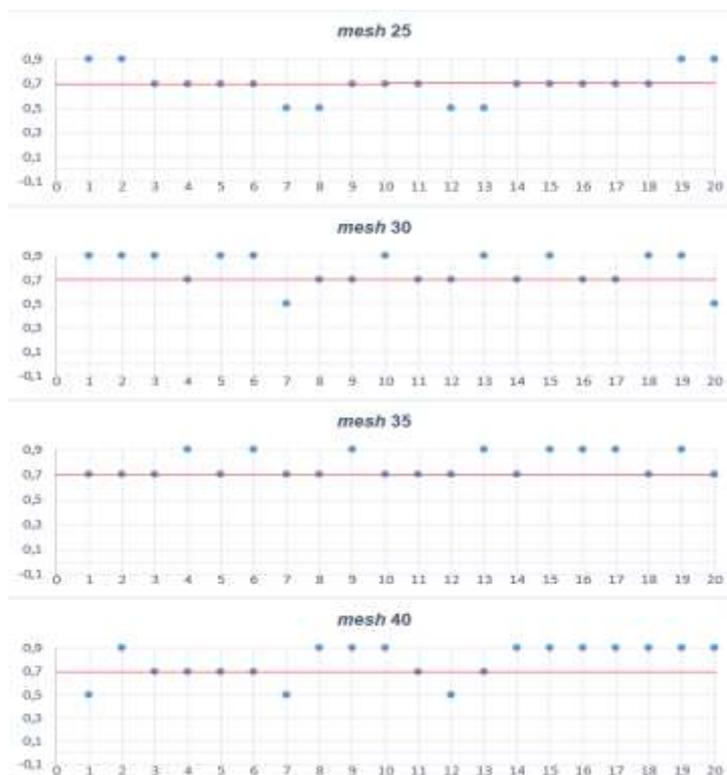


Figura 11: Grau de arredondamento – Base úmida

O grau de arredondamento, assim como o de esfericidade, também apresentou melhorias no segundo teste. O primeiro teste, de base seca, apresentou uma quantidade de 40% do conjunto total fora das especificações. Com a implementação da base úmida, esse número reduziu para 11,25%, apresentando uma melhoria de 71,88% na quantidade de pelotas dentro dos requisitos da norma. Importante ressaltar também que no *mesh 35* nenhuma pelota ficou fora da especificação.

A média geral de todas as amostras resultou em $0,8 \pm 0,1$, o que significa que está dentro das especificações de propantes à base de cerâmicas⁽⁴⁾.

Além das diferenças apontadas entre os dois testes, outra variação foi quanto a velocidade com que ocorreu a saturação. No segundo teste, a saturação foi alcançada mais rapidamente, o que pode ser atribuído ao maior percentual de água inicial.

A saturação é uma variável importante no processo de pelletização e deve ser objeto de análise em estudos posteriores, pois determinar a melhor frequência de incorporação de água pode favorecer para que a massa seja aproveitada ao máximo, com uma melhor produtividade na formação de pelotas. Ela ocorre quando há muita água presente no procedimento e, com isso, impede a formação de novas pelotas. A massa fica com uma característica pesada e densa e não há mais pós

que circulam livremente pela face do prato. Na Figura 12 está apresentada essa característica.



Figura 12: Massa saturada

Outro aspecto desigual entre as duas testagens está relacionado à aparência inicial da incorporação da massa. Ao adicionar água previamente, como no segundo teste, ocorreu a formação de grumos, que foram desfeitos manualmente. A Figura 13 apresenta essa diferença de bases iniciais e os grumos gerados.



Figura 13a: Mistura inicial – seca



Figura 13b: Mistura inicial – úmida

A base úmida apresentou melhorias significativas em relação à base seca e proporcionou uma maior produção de pelotas no intervalo dos 10 primeiros minutos (79,59%). Além disso apresentou maior número de pelotas com grau de esfericidade e arredondamento maior/igual a 0,7. Essa quantidade representa uma melhoria de 85,71% para esfericidade e 71,88% para arredondamento. Além disso, o grau de compactação das amostras foi maior com a utilização da base úmida.

4 CONCLUSÃO

Esse trabalho visou apresentar a influência dos parâmetros de pelotização na obtenção de particulados cerâmicos. O objetivo principal do trabalho foi analisar modificações de parâmetros de pelotização a fim de obter pelotas com alto grau de esfericidade e arredondamento. A forma como a mistura de matérias primas e o teor de água inicial entram no processo influenciou o resultado final. De forma geral, a pelotização partindo de uma base umidificada inicialmente apresentou resultados superiores em relação à outra testagem. Mostrou produção maior nos 10 primeiros minutos de procedimento e o grau de compactação foi aparentemente maior nas amostras de base úmida, o que pode ser um indicativo de uma maior resistência em testes de esmagamento. Além disso, o grau de esfericidade e arredondamento, principais especificações buscadas nesse estudo, foi melhorado com a mudança para o procedimento com base úmida, destacando-se que a maior parte das pelotas atendeu as especificações, não somente a média geral do conjunto.

Agradecimentos

Ao IFSul – Câmpus Sapucaia do Sul pela disponibilização da infraestrutura de laboratório e concessão de bolsas de estágio.

REFERÊNCIAS

1. CARVALHO, R. L. Estimulação em reservatórios carbonáticos. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Petróleo) - Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
2. BARRETO, M. N. Caracterização de materiais para garantir a condutividade de fraturas hidráulicas induzidas em poços de petróleo e gás. 2010. Rio de Janeiro, RJ. Tese de Doutorado. PUC –Rio.
3. American Petroleum Institute, Prática Recomendada 19C (API-RP-19C). Measurement of Properties of Proppants Used in Hydraulic Fracturing and Gravel-packing Operations, 2008.
4. Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). NBR/ISO 13503-2: Indústria do petróleo e gás natural – Fluidos e materiais de completção. Parte 2: Medição das propriedades de propantes usados em operações de fraturamento hidráulico e gravel-packing. Rio de Janeiro, 2011.
5. WARWICK KERR DE PAIVA CORTES, Gabriel; DE PAIVA CÔRTEZ, Guilherme. **Propante cerâmico esférico para fraturamento hidráulico de poços de petróleo ou de gás e processo para formação de cavidades na superfície de propantes cerâmicos esféricos**. Depositante: Propante cerâmico esférico para fraturamento hidráulico de poços de petróleo ou de gás e processo para formação de cavidades na superfície de propantes cerâmicos

- esféricos. Procurador: Propante cerâmico esférico para fraturamento hidráulico de poços de petróleo ou de gás e processo para formação de cavidades na superfície de propantes cerâmicos esféricos. PI 0502622-9 A2. Depósito: 24 jun. 2005. Concessão: 13 fev. 2007.
6. J.M.Economides et al., Unified Fracture Design, Estados Unidos, OrsaPress, 2000 Apud L.T. Velozo, Estudo da estabilidade do material de sustentação de fraturas estimuladas hidráulicamente em poços de petróleo. 2006. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
 7. MORAES, F. F. Comparação de diferentes tipos de propantes visando maximizar o índice de produtividade. 2016. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia de petróleo) – Escola de engenharia da Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro.
 8. MARTINS, Jader. Procedimentos para avaliação de aglomerantes na pelotização. XXII ENTMMME I VII MSHMT, Ouro Preto, p. 499-502, Novembro 2007.
 9. GARCIA, E.A.S; SILVA, A.C.; SILVA, E.M.S; BARROS, M.R. Pelotização de finos de calcário utilizando água e cal virgem como agentes aglomerantes. **XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa**, Poços de Caldas-MG, 18 a 22 de outubro 2015.
 10. MOURÃO, José Murilo. **Aspectos conceituais relativos à pelotização de minérios de ferro**. 1. ed. Vitória ES – Brasil, Novembro 2017.
 11. SEO, Emília Satoshi Miyamaru; ACEVEDO, Maria Teresa Perez de; PACHOAL, José Octávio Armani. **Estudo do processo de pelotização do óxido de Zircônio e de Zirconita**. Ipen – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, p. 746-760.

IMPRESSÃO 3D POR MÉTODO FDM COM FILAMENTO DE PEAD

Zedes, G. R. ¹
Calcagno, C. I. W. ²
Fagundes, E. C. M. ³

¹ Estudante de Engenharia Mecânica, Geórgia Régia Zedes, IFSul – Campus Sapucaia do Sul, georgiazedes@gmail.com

² Doutora, Carmen Lara Walter Calcagno, IFSul – Campus Sapucaia do Sul, carmencalcagno@sapucaia.ifsul.edu.br

³ Doutor, Enio César Machado Fagundes, IFSul – Campus Sapucaia do Sul, eniofagundes@sapucaia.ifsul.edu.br

Resumo

A impressão 3D utilizando a tecnologia FDM tem sido cada vez mais utilizada na fabricação de protótipos e produtos. Na literatura facilmente são encontradas informações sobre parâmetros de impressão com filamentos de PLA e ABS, o que não é frequente para o PEAD. O presente artigo teve como objetivo principal definir parâmetros para impressão 3D com filamento de PEAD com diâmetro de 1,75 mm. Para alcançar esse objetivo, o PEAD ainda em seu estado granuloso foi processado em uma extrusora de rosca simples. O fio extrudado foi enrolado por um bobinador com controle de velocidade que garantiu o diâmetro adequado do filamento. O filamento produzido foi testado na confecção de um protótipo em impressora 3D. Após os testes de impressão, foi possível determinar os parâmetros para impressão 3D com o filamento de PEAD, bem como as condições que resultaram na maior qualidade das peças. As condições básicas para impressão 3D por método FDM foram, com a mesa aquecida em 100°C e temperatura do bico de extrusão em 230°C. Durante esse estudo foi possível produzir protótipos e determinar os parâmetros de obtenção do filamento de PEAD. O processo foi repetível e a adição de pigmento não influenciou na sua execução.

Palavras-chave: Impressão 3D, PEAD, Extrusão, Filamentos.

3D PRINTING BY FDM METHOD WITH HDPE FILAMENT

Abstract

3D printing using FDM technology has been increasingly used in the manufacture of prototypes and products. In the literature, information on printing parameters with PLA and ABS filaments is easily found, which is not frequent for HDPE. The main objective of this article was to define parameters for 3D printing with HDPE filaments with a diameter of 1.75 mm. To achieve this objective, HDPE still in its granular state was processed in a single thread extruder. The extruded wire was wound by a speed-controlled winder that ensured the adequate diameter of the filament. The filament produced was tested in the manufacture of a prototype in 3D printer. After the printing tests, it was possible to determine the parameters for 3D printing with the HDPE filament, as well as the conditions that resulted in the highest quality of the parts. The basic conditions for 3D printing by FDM method were, with the table heated at 100°C and the temperature of the extrusion nozzle at 230°C. During this

study it was possible to produce prototypes and determine the parameters for obtaining the HDPE filament. The process was repeatable and the addition of pigment did not influence its execution.

Key words: 3D printing, HDPE, Extrusion, Filaments.

1 INTRODUÇÃO

A Modelagem por Fusão e Deposição, mais conhecida como método FDM (*Fused and Deposition Modeling*) é um dos processos mais utilizados para a construção de protótipos através da impressão tridimensional descrito originalmente em uma patente americana depositada em 1989⁽¹⁾. A FDM é realizada por uma impressora 3D que é composta por um cabeçote extrusor que se movimenta no plano horizontal no eixo X e Y e realiza a deposição de um material termoplástico extrudado através de um orifício no cabeçote que traça os perímetros da seção transversal e os preenche camada por camada, que aderem uma a outra e imprime a peça até o final⁽²⁾.

De acordo com Pereira (2014)⁽³⁾, a tecnologia FDM possui algumas vantagens, como facilidade de fabricação de partes funcionais, facilidade da troca de insumos a serem utilizados na impressora, desperdício mínimo de material e facilidade de pós-processamento do protótipo impresso. Ainda, segundo o autor, a FDM também possui suas desvantagens como: a lentidão em relação aos demais tipos de impressoras e o encolhimento ou retração dos objetos impressos que ocorre de forma variável, devido ao resfriamento rápido do material depositado. O ajuste correto dos parâmetros de processo pode compensar o problema de encolhimento.

As Impressoras 3D são alimentadas por filamentos, que são compostos de polímeros termoplásticos e são utilizados como insumo para impressoras 3D na forma de um fio contínuo que é enrolado em um carretel. Na impressora o polímero é plastificado, por aquecimento, e extrusado formando o objeto final. Existem filamentos de diversos materiais e cores, segundo Borah (2014)⁽⁴⁾ os mais utilizados são o ABS - Acrilonitrila Butadieno Estireno, PLA - Poli Ácido Lático e o Nylon (poliamida). O diâmetro do fio depende do padrão da impressora a ser utilizada, os principais são 1,75 mm e 3 mm de espessura⁽⁵⁾.

O Polietileno de Alta Densidade é um termoplástico que é utilizado em diferentes segmentos da indústria devido ao seu baixo custo, boa resistência química, flexibilidade, fácil manuseio, excelentes propriedades mecânicas e resistência a impacto e altas temperaturas⁽⁶⁾. O filamento com o polímero PEAD ainda não é muito utilizado para impressão 3D e não existem ainda muitos estudos nesta área. De acordo com Novoa (2014), é possível sua utilização para impressões 3D do tipo FDM, com o ponto de extrusão entre 160° e 260°C⁽⁷⁾.

O presente artigo tem como objetivo principal definir os parâmetros para impressão 3D com filamento de PEAD - Polietileno de Alta Densidade, com diâmetro de 1,75 mm.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O filamento de Polietileno de Alta Densidade foi fabricado na extrusora AX Plásticos LAB 16. A quantidade de material utilizada foi 100 g de PEAD granulado SHE150, Braskem (Índice de Fluidez – 190°C/2,16 kg – ISO 1133, g/10 min – 1,0),

que foi pesado na balança analítica Pantec Electronic Balance FA2104N e processado na extrusora nas seguintes condições: Zona 1: 170°C, Zona 2: 180°C, Zona 3: 200°C, rpm (rotações por minuto): 14/15 e Torque: 45/50.

Para o enrolamento do material extrudado no carretel, as velocidades do bobinador AX Plásticos VF-S7 foram ajustadas a cada 10 minutos, sendo elas sete velocidades: 2,9 rpm, 3,5 rpm, 4,0 rpm, 4,5 rpm, 5,6 rpm, 6,0 rpm e 7,0 rpm. Também foram realizadas 20 aferições ao longo do fio obtido em cada velocidade, para mensurar o diâmetro, que deve ser de 1,75 mm com desvio padrão permitido de até $\pm 0,05$ mm⁽⁸⁾ e dessa forma determinar a velocidade ideal para a produção do filamento.

A ovalização do fio foi determinada medindo cerca de 10 cm de filamento em intervalos de aproximadamente 1 cm, nas duas direções do fio: vertical – na direção do enrolamento do carretel e horizontal – perpendicular ao enrolamento do carretel. Logo foram obtidos 10 valores para cada direção. Destes valores, o maior e o menor são descartados e calculou-se a média para cada direção. A diferença entre as duas médias foi considerada como a ovalização do filamento⁽⁹⁾. Para a realização das medidas de diâmetro foi utilizado o paquímetro analógico Digimess – Stainless Hardened com resolução de 0,02 mm.

O filamento produzido foi testado na Impressora 3D (3DCloner DH). As temperaturas no bico extrusor foram, respectivamente: 200°C, 210°C, 220°C e 230°C, para que se possa identificar a temperatura inicial de extrusão do material. A peça escolhida para ser impressa foi um cubo de tamanho 10x10 mm, que foi impresso com nível de preenchimento de 40% em seis superfícies diferentes: mesa de vidro da impressora, spray adesivo, papel A4, cortiça de 1 mm de espessura, cortiça 3 mm de espessura e papelão 1 mm de espessura.

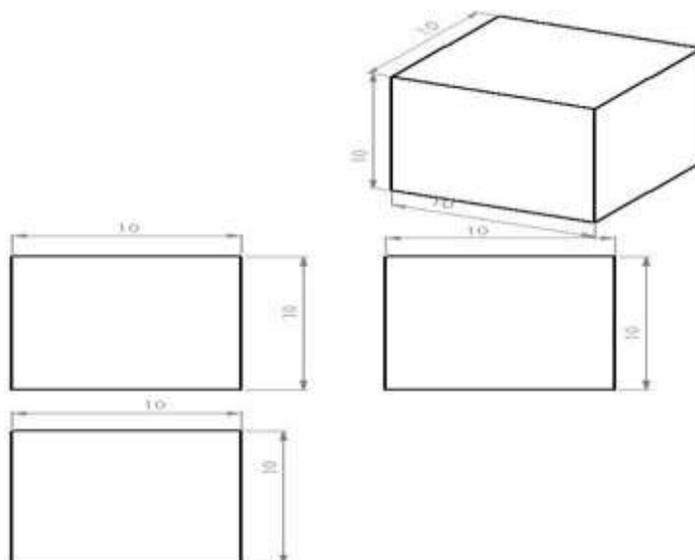


Figura 1: Cotas em mm do cubo impresso.

A impressão foi realizada em quatro velocidades: 6,10,30 e 60 mm/s e a mesa ajustada em sete temperaturas que variam entre 60°C e 120°C aumentando 10°C a cada mudança. A escolha das superfícies ideais se deu pela análise de dois fatores: aderência da primeira camada e da permanência da peça fixa à superfície até o final da impressão. Foram consideradas as duas superfícies com melhor aderência e nelas foi impresso o mesmo cubo 10x10 mm com níveis de

preenchimento de 60%, 80% e 100%, para definir o melhor nível de preenchimento da peça. Foram impressas 12 amostras, todas com preenchimento retilíneo e 3 camadas no topo, base e paredes.

Um cubo possui 6 faces e 12 arestas, totalizando 18 elementos. Cada um deles, se impresso com qualidade satisfatória, somou 1 ponto e a nota final foi o resultado do somatório dividido pelo total de elementos. As arestas e faces foram avaliadas de acordo com os seguintes critérios:

- Primeira camada regular;
- Aderência entre camadas durante toda a dimensão da peça e
- Níveis de contração do material que não prejudiquem o formato da peça (com pouco ou nenhum nível de empenamento (*warp*)).

Para determinar os valores das cotas de contração sofrida pelo material foi utilizado o paquímetro analógico Digimess – Stainless Hardened com resolução de 0,02 mm.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante a produção do filamento foram realizados testes com diferentes quantidades de material. A extrusora nas condições indicadas, no primeiro teste, extrusou cerca de 41 m de filamento a partir de 100 g de material. As velocidades do inversor, ajustadas a cada 10 minutos, possibilitaram que fosse obtido 5,85 m de filamento em cada uma das sete velocidades, com diâmetros (d) diferentes, como ilustra a Figura 2. Também foram realizados testes com outras quantidades, sendo estabelecido que 25 g são suficientes para estabilizar o processo e produzir 9 m de filamento em, no máximo, 20 minutos.



Figura 2: 5,85m de filamento de PEAD para impressão 3D obtido através da velocidade 4,5 rpm, com 1,75 mm de diâmetro.

Para estabelecer a relação entre o diâmetro do filamento e a velocidade de enrolamento do mesmo no carretel, foram analisadas as condições ao longo de todo o fio. A partir dessas medidas foi possível encontrar a média e o desvio padrão do diâmetro e determinar a velocidade que garante um filamento dentro dos padrões desejados. Os dados constam na Tabela 1.

Tabela 1: velocidades ajustadas no inversor, média e desvio padrão diâmetro (d) do filamento

	VERTICAL	HORIZONTAL
DIÂMETRO MÉDIO (mm)	1,75	1,74
OVALIZAÇÃO (mm)		0,01

Apesar de estarem dentro dos limites de média e desvio padrão, os filamentos produzidos nas velocidades 3,5 rpm e 4,0 rpm possuem medidas abaixo ou acima do permitido, por exemplo 1,84 mm de diâmetro na velocidade 3,5 rpm e 1,68 mm de diâmetro na velocidade de 4,0 rpm, como ilustra o Gráfico da Figura 3.

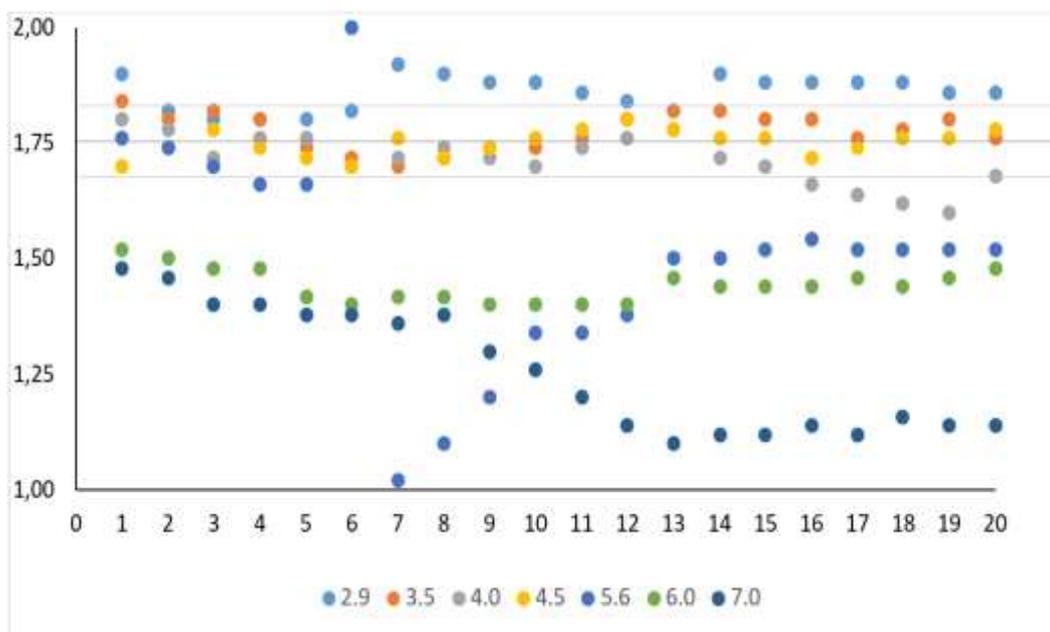


Figura 3: representação dos fios que atendem aos requisitos de média e desvio padrão. (Velocidades em rpm. Eixo y: medidas em mm, eixo x: 20 medidas realizadas ao longo do fio).

Após análise dos dados foi possível determinar a velocidade ideal para produção do filamento, que é 4,5 rpm, onde o material atende aos requisitos de média (1,75 mm) e desvio padrão ($\pm 0,05$ mm) sem ultrapassar os limites mínimo e máximo (1,70 e 1,80 mm).

Também foi possível encontrar a ovalização do filamento, medindo as duas direções do fio: vertical – na direção do enrolamento do carretel e horizontal – perpendicular ao enrolamento do carretel. A ovalização é uma taxa de variação existente no diâmetro do filamento, quanto menor o valor da ovalização, mais preciso é o filamento. Quanto maior a precisão do filamento melhor a qualidade de impressão⁽⁹⁾.

A ovalização do filamento de PEAD obtido é 0,01 mm, como representa a Figura 4.

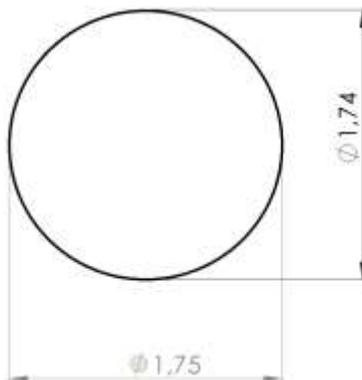


Figura 4: ovalização do filamento

O filamento produzido na velocidade 4,5 rpm foi separado e testado na Impressora 3D. A primeira parte do teste consistiu em observar o comportamento do material no bico extrusor em cada temperatura planejada considerando duas possibilidades: se o material consegue ou não ser expelido. O material foi expelido pelo bico nas quatro temperaturas propostas, porém nas três primeiras existiu uma pausa seguida de grande fluxo de material, portanto a temperatura de impressão escolhida foi 230°C, onde o material fluiu de forma uniforme e constante.

No teste de velocidade e temperatura da mesa foram obtidos os resultados que constam na Tabela 2, onde foram observadas a quantidade do material extrusado em cada uma das velocidades e sua aderência a mesa da impressora, respectivamente. Tanto a extrusão do material quanto a aderência à mesa foram avaliadas por ótimo (O), bom (B), regular (R) e péssimo (P).

Tabela 2: Relação da temperatura da mesa e velocidade do bico extrusor para impressão com PEAD

TEMPERATURA	VELOCIDADES							
	6 mm/s		10 mm/s		30 mm/s		60 mm/s	
60°C	B	P	R	P	R	P	P	P
70°C	B	P	B	P	R	P	P	P
80°C	B	R	B	R	R	R	R	P
90°C	B	R	B	R	R	R	R	P
100°C	O	B	O	R	B	R	R	P
110°C	O	B	O	R	B	R	R	R
120°C	O	B	O	R	O	R	B	R

Extrusão do material Aderência à superfície

A melhor condição encontrada foi com temperatura da mesa em 100°C na velocidade do bico extrusor de 6 mm/s, por apresentar melhor aderência do material à mesa, se comparado com as outras condições testadas.

Considerando que o PEAD tem um coeficiente de expansão térmica alto, é suscetível a empenamento (*warp*) excessivo, não tem boa aderência ao vidro e, além disso, que esta característica dificulta a realização da impressão desse polímero, sendo necessário o uso de superfícies que confirmam melhor aderência como a celulose, o papelão ou cortiça⁽¹⁰⁾, nesse estudo foram testadas seis superfícies diferentes para impressão do cubo 10x10 mm.

Conforme mencionado anteriormente, as 12 arestas e 6 faces de cada amostra foram avaliadas. Os dados gerais das peças impressas constam na Tabela 3, onde as amostras de 1 a 6 foram impressas com 40% de preenchimento e em diferentes superfícies: Amostra 1 (mesa de vidro), Amostra 2 (spray adesivo), Amostra 3 (papel A4), Amostra 4 (cortiça 1 mm espessura), Amostra 5 (cortiça 3 mm espessura) e Amostra 6 (papelão 1 mm espessura). As amostras 7, 8 e 9 foram impressas em papelão e as amostras 10, 11 e 12 em papel. As amostras 7 e 10 foram impressas com 60% de preenchimento, 8 e 11 com 80% de preenchimento e 9 e 12 com 100% de preenchimento.

Para avaliar a qualidade de cada amostra foram contabilizadas o número de arestas e faces boas, dividido pelo total de elementos (18).

Tabela 3: Percentual de qualidade das amostras impressas com filamento natural

AMOSTRAS IMPRESSAS	ELEMENTOS		DIVISÃO	PERCENTUAL DE QUALIDADE
	ARESTAS BOAS	FACES BOAS		
1	5	2	7/18	38%
2	5	2	7/18	38%
3	11	3	14/18	77%
4	4	1	5/18	27%
5	5	2	7/18	38%
6	9	3	12/18	66%
7	11	6	17/18	94%
8	11	3	14/18	77%
9	8	2	10/18	55%
10	4	1	5/18	27%
11	5	2	7/18	38%
12	10	4	14/18	77%

As peças impressas com o filamento natural que obtiveram menor qualidade dentro dos padrões estabelecidos e que apresentam todos os defeitos encontrados durante os testes de impressão foram as Amostras 4 e 10, ambas possuem 4 arestas e 1 face dentro dos critérios de qualidade e constam na Figura 5. Na amostra 4 a base de cortiça se rompeu no meio da impressão, o que ocasionou um deslocamento de deposição do material, tornando a peça irregular e a cortiça ficou presa à peça, característica também observada na Amostra 5.

A Amostra 10 permaneceu fixa à superfície até o fim da impressão, mas sofreu empenamento, característica observada nas amostras 1, 2, 3, 8, 9, 11 e 12, além disso a Amostra 10 também apresentou deslocamento de camadas e contração em toda a dimensão da peça prejudicando seu formato e apresentação, características observadas nas amostras 1, 2, 4, e 5.

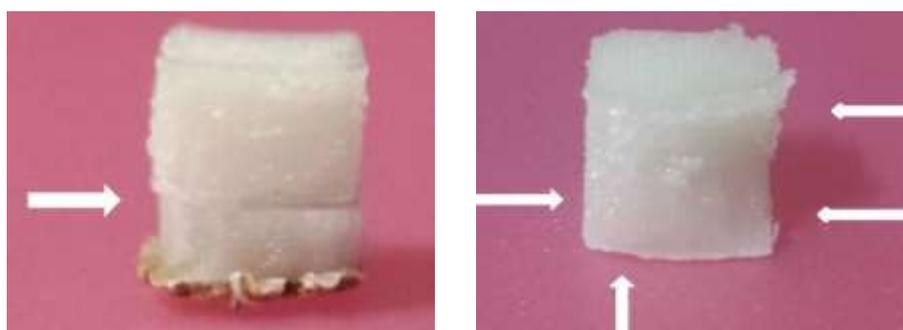


Figura 5: Amostra 4 e Amostra 10

O Gráfico da Figura 6 apresenta a variação do percentual de qualidade (expresso em cor azul) e o grau de contração das peças (expresso em cor laranja) impressas com 40% de preenchimento, em diferentes superfícies: Amostra 1 (mesa de vidro), Amostra 2 (spray adesivo), Amostra 3 (papel A4), Amostra 4

(cortiça 1 mm espessura), Amostra 5 (cortiça 3 mm espessura) e Amostra 6 (papelão 1 mm espessura).

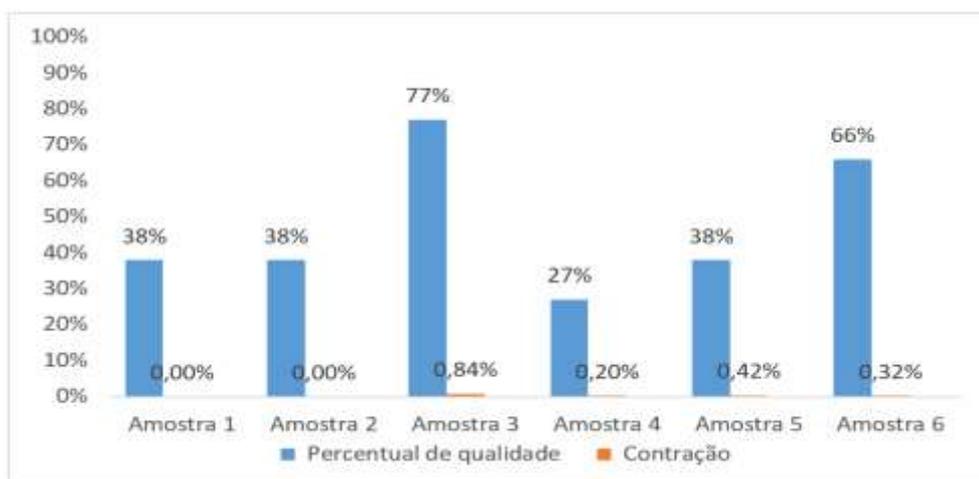


Figura 6: Percentual de qualidade e contração do material nas Amostras 1 a 6.

A amostra 3, impressa no papel, obteve melhor qualidade se comparada as demais, porém teve o maior nível de contração do material e parte da peça descolou da superfície. A amostra 6, impressa em papelão, teve melhor aderência à superfície, permanecendo fixa até o fim da impressão, porém foi a segunda colocada na avaliação do percentual de qualidade e nos níveis de contração, o que pode ser compensado, alterando os níveis de preenchimento nos parâmetros de impressão. Tendo em vista que os melhores substratos para impressão foram o papelão e o papel, os testes de impressão com diferentes percentuais de preenchimento foram realizados sobre essas duas superfícies.

O Gráfico da Figura 7 apresenta a variação do percentual de qualidade (expresso em cor azul) e o grau de contração (expresso em cor laranja) das peças impressas em papelão (Amostras 7, 8 e 9) e das peças impressas em papel (Amostras 10, 11 e 12) onde as amostras 7 e 10 foram impressas com 60% de preenchimento, 8 e 11 com 80% de preenchimento e 9 e 12 com 100% de preenchimento.



Figura 7: Percentual de qualidade e contração do material nas Amostras de 7 a 12.

A peça impressa com o filamento natural que mais se aproxima dos padrões de qualidade preestabelecidos foi a Amostra 7, que permaneceu fixa a superfície até o fim da impressão, não sofreu empenamento e teve uma contração mínima e uniforme na lateral esquerda que não prejudicou o formato da peça, como pode ser observado na Figura 8. A Amostra 7 possui 11 arestas e 6 faces aprovados pelos critérios de qualidade.

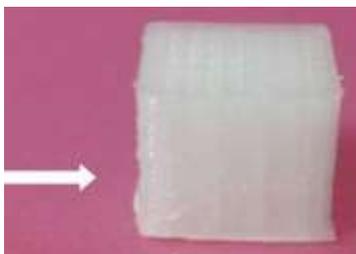


Figura 8: Amostra 7

O processo de produção do filamento de PEAD foi repetitivo e a adição de pigmento não interferiu no processo. Foram utilizados 25 g de PEAD granulado e 5% desse valor de pigmento amarelo.

A peça impressa com o filamento amarelo, denominada Amostra 1A, se aproxima dos padrões de qualidade da Amostra 7, permaneceu fixa a superfície até o fim da impressão, não sofreu empenamento e teve uma contração mínima e uniforme na lateral direita que não prejudicou seu formato. A Amostra 1A possui 11 arestas e 6 faces aprovados pelos critérios de qualidade e foi impressa nas condições apresentadas na Figura 9.

- Temperatura do bico extrusor: 230°C
- Temperatura da mesa: 100°C
- Velocidade: 6 mm/s
- Superfície: Mesa (100°C) + papelão (88°C)
- Cooler de ventilação: desligado
- Taxa de preenchimento: 60%
- Cotas: 10,00 x 9,42 mm
- Contração: 0,58%



Figura 9: Amostra 1A

4 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo principal definir os parâmetros para impressão 3D com filamento de PEAD (Polietileno de Alta Densidade). O experimento permitiu analisar e compreender as características do PEAD no processo de extrusão 3D tipo FDM, bem como obter o filamento dentro dos padrões desejados pela técnica. Também foi possível definir que 25 g são suficientes para estabilizar o processo de obtenção do filamento e produzir 9 m de filamento com diâmetro de 1,75 mm, no período máximo de 20 minutos.

Foi possível determinar os parâmetros para impressão 3D por método FDM com o filamento de PEAD, nas condições de temperatura do bico em 230°C, temperatura da mesa em 100°C e com a utilização de superfície de papelão em

88°C. Também foi possível estabelecer as condições que geram mais qualidade às peças, que são preenchimento de 60% e velocidade de deposição do material de 6 mm/s.

O processo de produção do filamento de PEAD foi repetitivo, mesmo com a adição de pigmento, que não interferiu no processo de fabricação. A peça impressa com o filamento amarelo se aproximou dos padrões de qualidade das amostras obtidas a partir do filamento natural, necessitando apenas de pequenos ajustes de parâmetros de impressão. Todos os objetivos propostos foram cumpridos durante a execução deste estudo.

Agradecimentos

Ao IFSul – *Campus* Sapucaia do Sul, pela disponibilização da infraestrutura e pela concessão de bolsas de estágio.

REFERÊNCIAS

- 1 GIBSON, I.; ROSEN, D.W.; STUCKER, B. Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. Springer, 2010.
- 2 SANTOS, L. M. DOS., CARNEIRO, M. L., LUZ, M. P., ROCHA, D. S. G. M. Tipos de polímeros utilizados como matéria prima no método de manufatura aditiva por FDM: uma abordagem conceitual. Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2018. Disponível em <http://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2018&c=36043> (Acesso em 31/07/2019 as 19h32min)
- 3 PEREIRA, F.D.A.S. Development of a Toolhead for Fused Filament Extrusion applied to Additive Manufacturing. 2014. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica – Departamento de Projeto Mecânico. Universidade Estadual de Campinas. São Paulo. 2014.
- 4 BORAH, Sharmila. 3D printer filament length monitor. International Journal of Science, Technology and Society, v. 2, n. 5, p. 129-132, 2014.
- 5 Wishbox technologies, contato@wishbox.net.br Disponível em <https://www.wishbox.net.br/filamentos-para-impressao-3d/> (Acesso em 12/06/19 as 17h58min)
- 6 Doak, K. W. – “Ethylene Polymers”. Em: Mark, H. M.; Bikales, N. M.; Overberg, C. G.; Menges, G. – “Encyclopedia of Polymer Science and Engineering”, John- Wiley & Sons, New York , Volume 6 (1986).
- 7 NOVOA, Danny Mesias Cháves. Avaliação físico-química do polietileno de alta densidade processado pelo método de impressão 3D por modelagem por fusão e deposição FDM. 2014. Tese de Doutorado. PUC-Rio. Disponível em <http://www.metallum.com.br/22cbecimat/anais/PDF/403-004.pdf> (Acesso em 27/07/2019 as 22h34min)
- 8 Quatro características do melhor filamento para impressão, 3D Disponível em <https://3dlab.com.br/melhor-filamento-para-impressao-3d/> (Acesso em 12/08/19 as 11h29min)
- 9 Como configurar um novo filamento – Parte 1, Disponível

- em <https://boaimpressao3d.com.br/tutoriais/como-configurar-um-novo-filamento- parte-1/> (Acesso em 10/08/2019 as 22h58min)
- 10 Os materiais de Impressão 3D, Disponível em <https://github.com/Patola/ebook/blob/master/guia-maker-da-impressao-3d-materiaisfff.adoc#os-materiais-de-impressao-3d-fff> (Acesso em 30/08/19 as 08h07min)
 - 11 CALCAGNO, Carmen Iara Walter. Plásticos / Carmen Iara Walter Calcagno, Ênio César Machado Fagundes. –Curitiba, PR: Editora LT, 2018.
 - 12 Coutinho, F. M. B. et al. - Polietileno: Principais tipos, propriedades e aplicações. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/%0D/po/v13n1/15064.pdf> (Acesso em 26/07/2019 as 14h31min)
 - 13 GLOSSÁRIO DE TERMOS APLICADOS A POLÍMEROS - Boletim Técnico 08 PVC Revisão 0 – jul/02 página 1/9 Adaptado e resumido de Agnelli, J. A. M. (2000)
 - 14 HAMOD, Haruna. Suitability of Recycled HDPE for 3D printing filament. 2014. Degree Thesis – Degree Program: Plastics Technology, Arcada University of Applied Science, Finlandia, 2014. Disponível em <https://www.coursehero.com/file/15776322/Thesis-final/> (Acesso em 29/07/2019 as 15h56min)
 - 15 SALINAS, Richard. 3D printing with rewrap cookbook. Birmingham: Packt Publishing, 2014.
 - 16 GROOVER, Mikell P. Introdução aos processos de fabricação. Rio de Janeiro, RJ LTC, 2014.

CORROSÃO EM DUTOS DE ÁGUA INDUSTRIAL

Zortéa, J.B.¹
Scienza, L.C.²
Martins, V.³
Hubert, H.M.K.⁴

¹ Engenheira Mecânica, Jéssica Balbinot Zortéa, PPGE3M, UFRGS, jessica.zortea@gmail.com.

² PhD, Lisete Cristine Scienza, PPGE3M, LAMATES, UFRGS, lisete.scienza@ufrgs.br.

³ Dr, Vinícius Martins, IFSUL/Sapucaia do Sul, vmartins@sapucaia.ifsul.edu.br.

⁴ Graduando em Engenharia dos Materiais, Hariel Marçal Kops Hubert, UFRGS, harielkops@gmail.com.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores.)

Resumo

A ação do meio sobre materiais metálicos oxidáveis, tais como o aço carbono, induz a perda de massa e geração de produtos de oxidação os quais, além de comprometer a integridade dos componentes, podem ocasionar problemas de contaminação em dutos de transporte de fluidos. A corrosão ocasiona perdas econômicas diretas (gastos com sistemas de proteção, substituição de componentes etc.) e perdas indiretas (paradas não previstas, contaminação de áreas, saúde humana etc.) sendo, por isto, um importante aspecto a ser considerado. No meio industrial é comum fazer recircular a água de processo e as linhas de transporte e distribuição, usualmente feitas de aço carbono, precisam ser continuamente monitoradas a fim de garantir a qualidade da água de processo. A composição da água, presença de substâncias dissolvidas, dureza, pH, temperatura, velocidade de fluxo, entre outros, são fatores importantes a serem considerados num estudo de corrosão em dutos, além da composição e microestrutura do metal. O presente estudo propõe um sistema de monitoração em campo, montado em uma empresa de tratamento de água. O sistema inclui o projeto e colocação de cupons de avaliação (de aço carbono) em pontos específicos no percurso de água clarificada que será conduzida para as torres de resfriamento de empresas próximas. No estágio inicial deste estudo está sendo analisado o potencial de corrosividade de todas as águas envolvidas no processo, a saber, água bruta, água clarificada, água potável e água desmineralizada. Os resultados obtidos até o momento é de que todas as águas analisadas apresentaram alto grau de corrosividade, avaliado através do índice de Saturação de *Langelier* (LSI) e do índice de estabilidade de *Ryznar* (RSI). Os resultados obtidos até o momento mostraram que todas as águas analisadas apresentam tendência forte ou muito forte de corrosão.

Palavras-chave: Dutos de água; Corrosividade da água; Aço carbono.

CORROSION IN INDUSTRIAL WATER PIPE

Abstract

The action of the medium on oxidizable metallic materials, such as carbon steel, induces mass loss and oxidation product generation which, in addition to compromising the integrity of components, can cause contamination problems in fluid transport ducts. Corrosion causes direct economic losses (protection system expenses, component replacement, etc.) and indirect losses (unforeseen downtime,

areas contamination, human health, etc.) and is therefore an important consideration. In industrial environments, it is common to recirculate process water, and transport and distribution lines, usually made of carbon steel, need to be continuously monitored to ensure the water quality. Water composition, presence of dissolved substances, hardness, pH, temperature, flow velocity, among others, are important factors to be considered in a pipe corrosion study, besides the metal composition and microstructure. This study proposes a field monitoring system, installed in a water treatment company. The system includes the design and placement of proof coupons (carbon steel) at specific points on the enlightened waterway that will be conducted to the cooling towers of nearby companies. In the initial stage of this study, the potential for corrosivity of all waters involved in the process, such as raw water, clarified water, drinking water and demineralized water, is being analyzed. The results obtained so far are that all waters analyzed presented a high degree of corrosivity, evaluated by the Langelier Saturation Index (LSI) and the Ryznar Stability Index (RSI). The results obtained so far have shown that all waters analyzed have a strong or very strong tendency to corrosion.

Key words: Water pipes, Water corrosivity; Carbon steel.

1 INTRODUÇÃO

O aço carbono é a liga ferro carbono contendo geralmente de 0,008% a 2% de carbono, além de certos elementos residuais resultantes do processo de fabricação. Esses aços constituem o mais importante grupo de materiais utilizados na engenharia e indústria, produzindo aproximadamente 90% das tubulações industriais, em virtude do seu baixo custo, alta resistência a impactos, ductibilidade, tenacidade e facilidade de soldagem. Entretanto, os aços carbono apresentam certas limitações, como resistência ao calor, resistência ao desgaste e resistência à corrosão (NOGUEIRA, 2002).

Os processos corrosivos atingem uma ampla quantidade de materiais de forma progressiva gerando inúmeros danos. Esses prejuízos atingem custos extremamente altos, tanto diretos como indiretos, resultando em consideráveis desperdícios de investimento, propiciando também acidentes ambientais e perdas de vidas humanas provocadas por contaminações, poluição e as possíveis falhas na segurança dos equipamentos (PONTE, 2013). Em função disso, grandes indústrias vêm investindo em pesquisas no sentido de repensar projetos e processos em busca de soluções combinatórias, ao mesmo tempo mais eficazes e menos onerosas. Mesmo com o avanço tecnológico no desenvolvimento de novos produtos químicos, materiais e processos, as técnicas tradicionais persistem, desencadeando problemas direta ou indiretamente ligados a corrosão, exigindo novos estudos.

A corrosão pode ser definida, em resumo, como um processo espontâneo de deterioração do metal originado por reações com o meio circundante. Sendo a água um dos fluidos mais comuns de transferência térmica, é de se esperar que muitos dos problemas associados à corrosão e depósitos estejam relacionados à água. Além disso, gases dissolvidos (tais como oxigênio, dióxido de carbono, amônia, cloro), íons dissolvidos (tais como cálcio, magnésio, cloretos, sulfatos, bicarbonatos) e sólidos suspensos tornam a água industrial ainda mais agressiva do que a água pura (NALCO, 1979).

As estações de tratamento de água (ETA) apresentam um sistema complexo cujo a confiabilidade é afetada por diversos fatores, incluindo a durabilidade dos materiais empregados. Grande parte das tubulações das ETAs são fabricadas de

aço carbono e com o tempo é possível encontrar corrosão externa e interna. A corrosão externa causa deterioração estrutural da rede e aumento da taxa de falhas do sistema, enquanto a corrosão interna causa deterioração funcional, alterando também a qualidade da água em função dos subprodutos produzidos (NUNES, 2007). A descamação da parede interna de tubulação origina pontos de depósito ao longo das linhas, impactando na eficiência de caldeiras e trocadores de calor, por exemplo.

Corrosividade é a capacidade da água de corroer materiais. A corrosividade da água é significativamente influenciada pelas concentrações de espécies dissolvidas, bem como pelas variáveis do processo (PRINCE, 1994). Dessa forma, podemos dizer que a corrosão nas tubulações das ETAs ocorre por fatores eletroquímicos, físicos, químicos, biológicos, metalúrgicos, além de outros como pH, dureza, gases dissolvidos e temperatura da água. Além disso, existem muitas variáveis que afetam o sistema de tratamento de água, como características e o tipo de metal utilizado na construção de dutos, velocidade de fluxo, dosagem de produtos químicos, concentração de oxigênio na água, aumento de dióxido de carbono livre e micro-organismos presentes (FERRAZ, 2007).

O comportamento agressivo ou incrustante das águas pode ser verificado através da correlação entre o pH da água e o pH calculado quando a mesma água estiver saturada com CaCO_3 (pHs). Essa tendência corrosiva/incrustante é avaliada pelo Índice de Saturação de *Langelier* (LSI - *Langelier Saturation Index*) e pelo Índice de Estabilidade de *Ryznar* (RSI - *Ryznar Stability Index*).

O índice de saturação de *Langelier* é um modelo de equilíbrio derivado de conceitos teóricos de saturação que indica o grau de saturação do carbonato de cálcio na água, sendo proposto por *Langelier* no ano de 1946. *Ryznar* (1944) determinou um Índice de Estabilidade, conhecido como Índice de Estabilidade de *Ryznar* (RSI), que permite uma melhor previsão da tendência incrustante ou corrosiva de uma água. Este índice atenta para a correlação entre uma tabela empírica de espessura observada na tubulação e o estado químico da água, que serve para quantificar a relação entre o estado de saturação do carbonato de cálcio e a camada formada.

A corrosão em água também pode ser monitorada através de cupons de corrosão e análise físico-química dos fluidos. Os resultados obtidos são analisados e correlacionados aos problemas de corrosão observados durante a inspeção gerando relatórios que possibilitam identificar, qualificar e quantificar as causas e os mecanismos de corrosão/incrustações favorecendo a proposição de soluções emergenciais ou de médio e longo prazo (TERZI & MAINIER, 2008).

Os cupons de corrosão são pequenas amostras de metal, depositados em um ambiente de interesse, por um certo período, para determinar a reação desse material com o meio de exposição (TERZI e MAINIER, 2008). Os cupons instalados são periodicamente retirados e submetidos a ensaios e análises em laboratório para quantificar as taxas de corrosão. Em geral, a perda de massa é convertida em perda de espessura total, ou taxa de corrosão generalizada.

Existem poucas publicações e pesquisas científicas que abordam a corrosão em tubulações de estações de tratamento de água, apesar de ser um problema muito corriqueiro, se restringindo normalmente em casos da indústria de petróleo e gás. O presente estudo propõe um sistema de monitoração de corrosão em campo, montado em uma empresa de tratamento de água. O sistema inclui o projeto e colocação de cupons de avaliação (amostras de aço carbono) em pontos específicos no percurso de água clarificada que será conduzida para as torres de resfriamento de empresas próximas. No estágio inicial deste estudo está sendo analisado o potencial de corrosividade de todas as águas envolvidas no processo, a saber, água bruta, água

clarificada, água potável e água desmineralizada, através do índice de saturação de Langelier (ISL) e do índice de estabilização Ryznar (IER).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada em uma estação de tratamento de água localizada no complexo do Polo Petroquímico de Triunfo-RS, focando no sistema de distribuição de águas.

2.1 Parâmetros Físico-químicos

Do ponto de vista da avaliação do processo corrosivo nas tubulações e equipamentos, as análises físico-químicas são utilizadas como ferramentas na identificação e quantificação dos constituintes geradores, diretos ou indiretos, dos processos corrosivos. A agressividade dos fluidos depende da sua origem e dos tratamentos realizados.

No presente trabalho será avaliado a influência de parâmetros físicos e químicos da água clarificada, como velocidade de fluxo, pH, dureza, condutividade elétrica e a presença de substâncias dissolvidas na corrosão do sistema, analisando a agressividade da mesma. Foi realizado um acompanhamento de abril a setembro de 2019.

As análises foram realizadas pelo laboratório da própria empresa seguindo as especificações das normas nacionais ou pela *International Standardization Organization (ISO)*, bem como a publicação *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, de autoria das instituições *American Public Health Association (APHA)*, *American Water Works Association (AWWA)* e *Water Environment Federation (WEF)*.

2.2 Índice de Saturação de Langelier e Índice de Estabilidade de Ryznar

O índice de saturação de Langelier (LSI) é calculado estabelecendo a diferença entre o pH medido da água (pH) e o pHe (Equação 1), quando esta mesma água estiver saturada com carbonato de cálcio (CaCO_3), parâmetro obtido pela relação entre os coeficientes A, B, C e D (Equação 2):

$$LSI = pH - pHe \quad (\text{Equação 1})$$

$$pHe = 9,3 + A + B - C - D \quad (\text{Equação 2})$$

Onde: $A = (\log_{10} [\text{STD}] - 1) / 10$

$B = -13,12 \times \log_{10} (T + 273) + 34,55$

$C = \log_{10} [\text{Concentração de cálcio como } \text{CaCO}_3] - 0,4$

$D = \log_{10} [\text{Alcalinidade como } \text{CaCO}_3]$

Notas: STD = Total de sólidos dissolvidos (mg/L) e T = Temperatura em °C.

Um valor positivo do índice de estabilidade de Langelier indica que a água está em condições de precipitar o CaCO_3 e tem tendência incrustante. Quando o índice for igual a zero, ocorrerá o equilíbrio de saturação, a água não dissolve, nem precipita calcários, não havendo formação de crostas. Um valor negativo no índice indica que a água tem tendência corrosiva (BETZ, 1991).

O índice de estabilidade de Ryznar (RSI) é obtido pela equação 3:

$$RSI = 2(pHe) - pH \quad (\text{Equação 3})$$

A Tabela 1 exemplifica as condições de águas em relação aos valores dos índices LSI e RSI:

Tabela 1. Condições referentes aos valores dos Índices de Estabilidade de Langelier (LSI), de Ryznar (RSI) (BETZ, 1991).

LSI	RSI	Condição
>3	>3	Intensa formação de incrustação
2	4	Incrustação severa
1	5	Incrustação forte
0,5	5,5	Incrustação moderada
0	6	Água estável
-0,5	7	Tendência leve para corrosão
-1	8	Tendência moderada para corrosão
-2	9	Tendência forte para corrosão
<-3	> 10	Tendência muito forte para corrosão

No estágio inicial deste estudo foi analisado o potencial de corrosividade de todas as águas envolvidas no processo: água bruta, água clarificada, água potável e água desmineralizada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram consideradas as seguintes variáveis: parâmetros físicos e químicos da água clarificada, como velocidade de fluxo, pH, dureza, condutividade elétrica e substâncias dissolvidas na corrosão do sistema, analisando a agressividade das águas tratadas.

A velocidade de fluxo tem uma influência muito grande nos processos de corrosão em tubulações de fluidos, uma vez que o aumento da velocidade geralmente resulta em um incremento da taxa de dissolução metálica. Esse aumento da velocidade de circulação acaba removendo as películas dos produtos de corrosão aderentes ao material que estavam retardando o processo e pode ainda predispor o material a um processo de deterioração chamado corrosão-erosão (GENTIL, 2003). Conhecendo a vazão média (Q) da bomba de água clarificada e o diâmetro da tubulação, é possível calcular a velocidade (v) utilizando a Equação 4:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (\text{Equação 4})$$

$$= \frac{950 \text{ m}^3/\text{h}}{0,1642 \text{ m}^2} = 5785,63 \text{ m/h} = 160,7 \text{ cm/s}$$

Gentil (2003) afirma que a velocidade de circulação ideal para os aços carbono é de 120cm/s, sendo aceitável a faixa de 80 – 180 cm/s. No sistema em estudo, a velocidade ficou dentro da faixa, próximo do limite superior.

Com relação ao efeito do pH, a faixa normal para um sistema de água de resfriamento é de 6,5 a 9,0, isto é, pH neutro ou acima (GENTIL, 2003). O parâmetro de controle da água clarificada (AC) da empresa em estudo é de 6,5 a 7,5. Na Figura 1 é possível verificar que, com exceção de alguns pontos, não há uma grande

oscilação de valores fora da faixa de controle, apresentando um pH médio de 6,81. Os valores acima da faixa de controle de 7,5 não provocam grande influência em relação a incrustações, pois não ultrapassam 9,0, conforme indica a literatura. Os valores analisados de pH abaixo da faixa de controle de 6,5 também não indicaram corrosividade elevada, pois a corrosão predominante uniforme se inicia em meios moderadamente ácidos (pH 5,0) e segue intensificada com o decréscimo do mesmo.

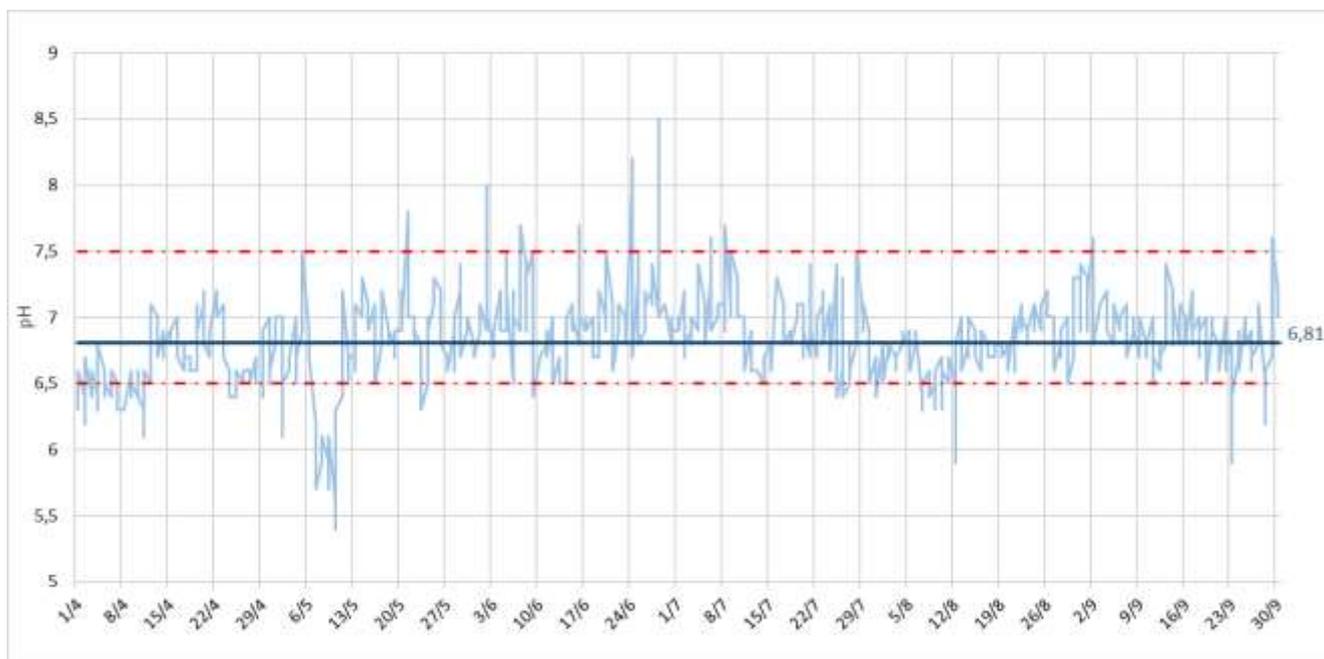


Figura 1. pH da água clarificada (AC).

Em relação a dureza, a AC apresenta um valor médio de 36,6 mg/l CaCO_3 , como pode ser visto na Figura 2, podendo ser classificada como água branda (< 50mg/l CaCO_3), de acordo com os limites padrões da dureza na água. A agressividade total da água é relatada em função de sua dureza e alcalinidade. Águas brandas, que estão com baixos teores de cálcio, são mais corrosivas do que águas duras. Por outro lado, águas muito duras podem promover maior ocorrência de incrustações sobre a superfície metálica e em regiões localizadas abaixo desses depósitos é possível encontrar corrosão localizada (pites), provenientes do desenvolvimento de células de aeração diferencial (FERRAZ, 2007). Com isso, em virtude da AC ser classificada como branda e por esse tipo acelerar a corrosão, a baixa dureza dessa água pode ser um agente causador da corrosão.

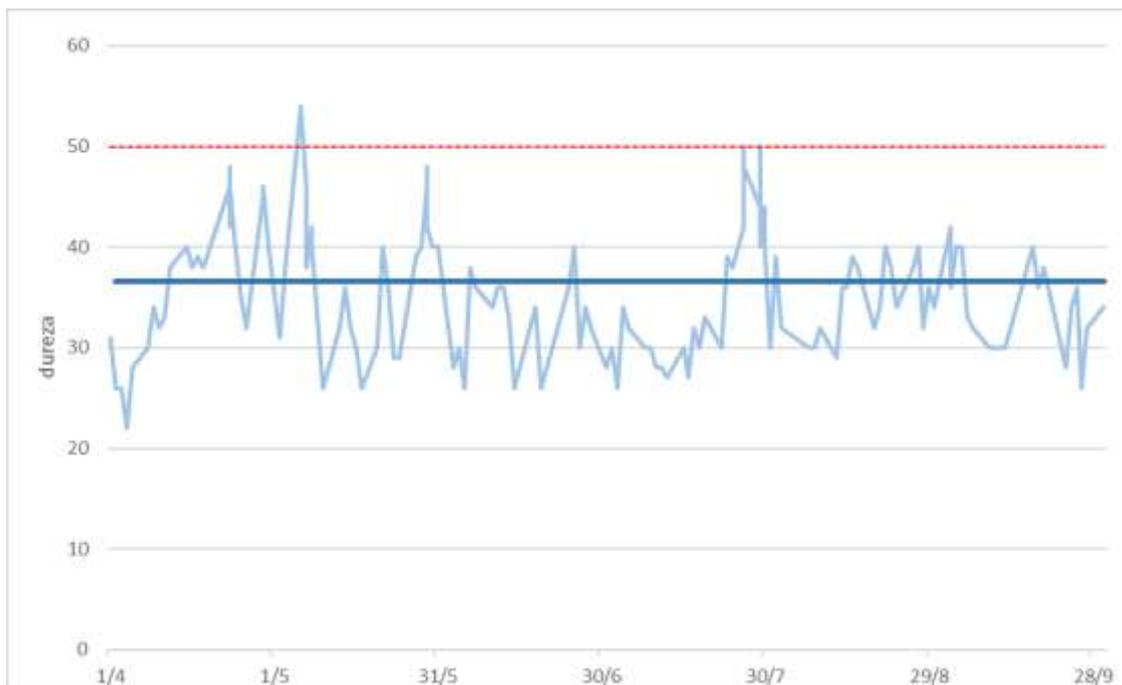


Figura 2. Dureza da água clarificada.

Sólidos suspensos (Ss) podem predispor o sistema à corrosão, principalmente se aliado a fatores mecânicos que provocam a sedimentação desses sólidos antes em suspensão. Estes materiais são geralmente leves e abrasivos. Eles são capazes de se depositar nas áreas de baixo fluxo, formando uma barreira física, evitando o oxigênio de alcançar a interface metal/solução. Esta barreira irá contribuir para a formação de células de aeração diferencial e irá promover, também, um ataque por corrosão localizada (FERRAZ, 2007). A Figura 3 demonstra a quantidade de sólidos suspensos na AC durante o intervalo de tempo estudado. É possível verificar que a água apresenta baixos teores de Ss, em médio inferiores a 4 mg/l. Como o valor da análise de Ss está ligado a turbidez da água, é possível verificar que o tratamento da água, através da clarificação está adequado.

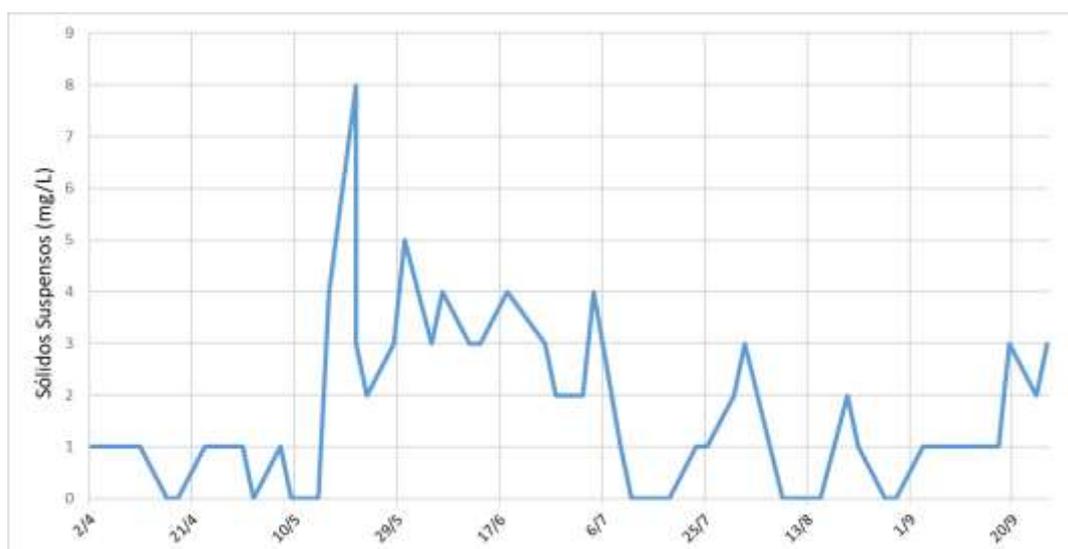


Figura 3. Sólidos suspensos da água clarificada.

Na Figura 4 estão demonstrados os valores da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$) da água clarificada durante o estudo. A dissolução de eletrólitos em água aumenta a sua condutividade e, dependendo da concentração de eletrólitos totais dissolvidos, pode conferir ao meio características eletroquímicas que o tornam altamente corrosivo. A manutenção de valores baixos de sólidos dissolvidos na água contribui para uma diminuição na condutividade elétrica, enquanto o aumento do teor de sais dissolvidos faz aumentar sua condutividade. Sais como o cloreto de sódio ocasiona elevação na condutividade devido ao fato de este sal ser um eletrólito forte, que é fundamental no mecanismo eletroquímico de corrosão. A maioria dos sais dissolvidos se ioniza e aumenta a condutividade da água, que por sua vez tende a concentrar a corrosão, originando ataque severo localizado (pite). A condutividade aumentada faz crescer as áreas catódicas e favorece a combinação dos produtos das reações do cátodo e do ânodo com a água.

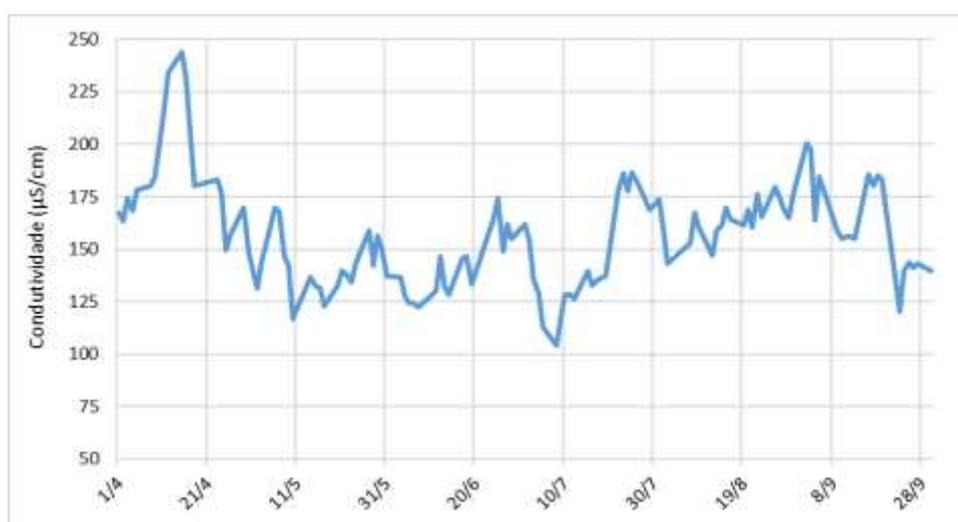


Figura 4. Condutividade da água clarificada.

Os íons responsáveis pela dureza (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e os íons HCO_3^- (bicarbonato) são geralmente inibidores e vão desacelerar o processo de corrosão, mas os íons Cl^- (cloreto) e SO_4^{2-} (sulfato) são agressivos e geralmente favorecem o ataque corrosivo. É possível verificar os valores dos íons Cl^- e SO_4^{2-} dissolvidos na AC, respectivamente, nas Figuras 5 e 6.

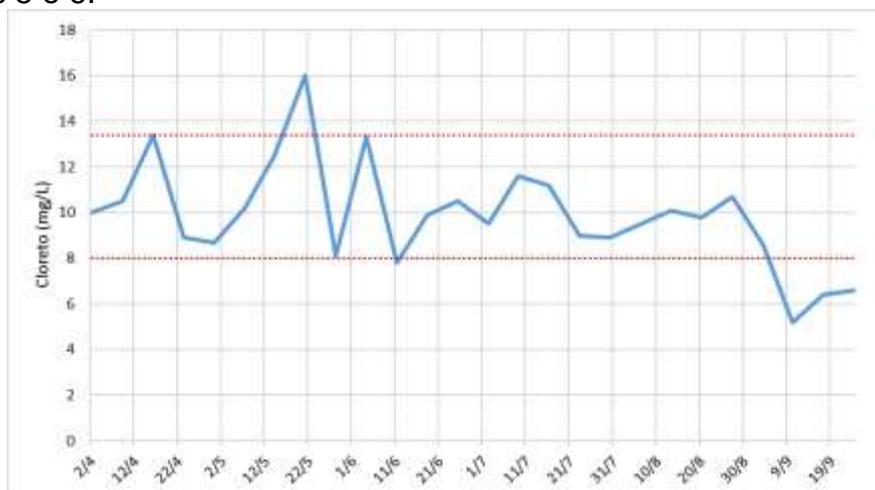


Figura 5. Íons cloreto presentes na água clarificada.

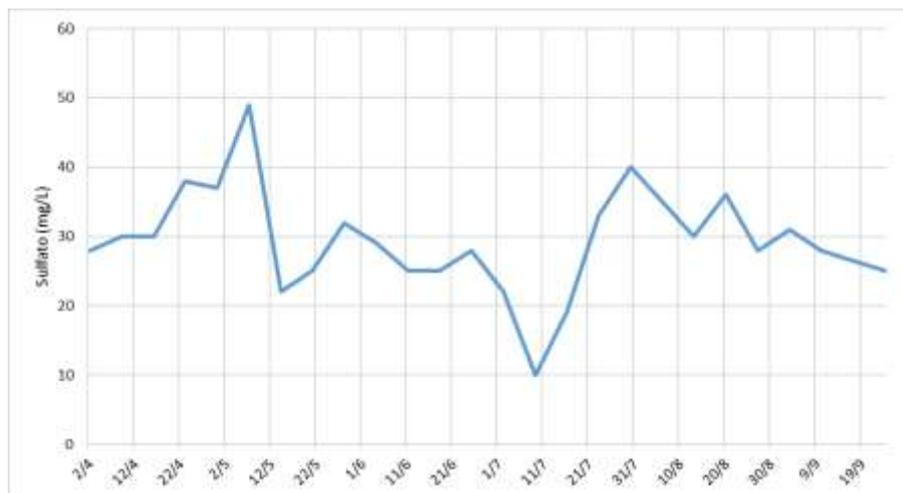


Figura 6. Íons sulfato presentes na água clarificada.

No caso da presença de íons de sulfato, deve-se considerar a possibilidade de ocorrência de corrosão microbiológica, originada por bactérias redutoras de sulfato acelerando o processo corrosivo. Esses organismos são anaeróbios e convertem compostos de enxofre dissolvidos em sulfeto de hidrogênio ou gás sulfídrico (H_2S). O aço-carbono é severamente corroído em presença de H_2S . O crescimento destas bactérias depende de um pH normalmente entre 5,5 e 8,5, presença de sulfato e nutrientes, incluindo matéria orgânica e temperatura acima de $25^{\circ}C$. Em geral, esses fatores estão presentes na AC, podendo a corrosão por bactérias redutoras de sulfatos (BRS) ser um agente corrosivo do sistema.

O ferro é encontrado na natureza na forma de óxido e em minerais onde ele aparece combinado com silício ou enxofre. A concentração de ferro interfere na turbidez e cor da água. Em sistemas que utilizam encanamentos de ferro, uma alta concentração desse elemento pode indicar corrosão. Altas concentrações em águas superficiais podem indicar a contaminação por efluentes industriais ou efluentes de minerações. O ferro também é um agente causador de incrustações em sistemas de refrigeração e geradores de vapor na indústria. A causa da precipitação de ferro, é um fenômeno diferente das demais causas de formação de outros depósitos. Inicialmente o íon ferroso (Fe^{2+}) encontra-se na forma solúvel, entretanto, ao ser aerado na torre de resfriamento, ou sob influência da cloração, é convertido a íon férrico (Fe^{3+}), insolúvel, o qual precipita-se (PONTE, 2003). Dessa forma, é muito importante controlar o ferro durante todas as etapas do processo.

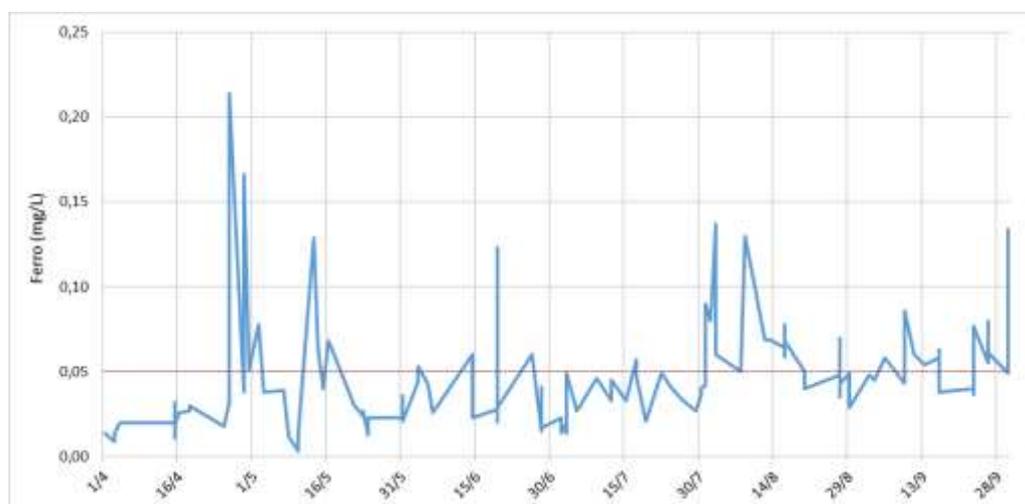


Figura 7. Ferro presente na água clarificada.

A Figura 7 apresenta os valores de ferro na AC. O limite de ferro definido pela empresa em estudo é 0,3mg/L. Todas as amostras analisadas ficaram dentro do limite, com uma média de 0,05mg/L.

Os valores dos Índice de Saturação de Langelier (LSI) e Índice de Estabilidade de Ryznar (RSI) calculados utilizando as equações 1, 2 e 3 estão demonstrados nas tabelas abaixo, em relação à água bruta (Tabela 4), água potável (Tabela 5), água clarificada (Tabela 6) e água desmineralizada (Tabela 7).

Tabela 4. ISL e IER da água bruta.

ÁGUA BRUTA						
Data	13/06	27/06	09/07	22/08	19/09	03/10
pH	6,82	6,92	6,88	6,86	7,1	6,82
STD (ppm)	109	92	103	133	107	98
T (°C)	20,6	19,5	20,8	20,8	20,1	20,8
Dureza cálcica (ppm CaCO ₃)	12	16	14	22	18	22
Alcalinidade (ppm CaCO ₃)	34,6	35,5	26,3	34	40,3	41,9
LSI	-2,54	-2,32	-2,52	-2,25	-2,03	-2,18
RSI	11,90	11,55	11,93	11,36	11,15	11,19

Tabela 5. ISL e IER da água potável.

ÁGUA POTÁVEL													
Data	07/03	21/03	04/04	18/04	07/05	17/05	30/05	13/06	27/06	09/07	22/08	19/09	03/10
pH	7,24	7	7,51	7,52	6,82	7,31	7,56	7,51	6,96	7,24	6,84	8,02	7,17
STD (ppm)	191	122	145	147	133	115	110	144	119	129	138	163	148
T (°C)	26,2	23,6	24,7	22,1	22,2	21,3	21,3	22	19,3	21	20,3	20,3	20,6
Dureza cálcica (ppm CaCO ₃)	20	14	28	23	28	12	28	14	18	16	22	24	16
Alcalinidade (ppm CaCO ₃)	41,5	57,6	37,6	11,1	26,8	56,6	31,3	42,8	46,1	43,3	31,1	54,3	32,3
LSI	-1,73	-2,02	-1,38	-2,03	-2,26	-1,82	-1,46	-1,67	-2,13	-1,90	-2,32	-0,87	-2,11
RSI	10,71	11,03	10,27	11,59	11,34	10,96	10,48	10,86	11,21	11,03	11,48	9,75	11,38

Tabela 6. ISL e IER da água clarificada.

ÁGUA CLARIFICADA													
Data	07/03	21/03	04/04	18/04	07/05	17/05	30/05	13/06	27/06	09/07	22/08	19/09	03/10
pH	6,5	6,54	6,71	6,86	6,37	7,22	7,2	6,8	7,52	7,16	6,89	7,1	7,32
STD (ppm)	167	79	161	164	166	117	129	115	153	85	156	147	133
T (°C)	25,9	22,8	24,2	22,7	22,2	21,1	21,4	21,8	19,1	21,2	20,4	20,2	20,6
Dureza cálcica (ppm CaCO ₃)	26	22	30	38	48	32	40	26	32	30	42	36	36
Alcalinidade (ppm CaCO ₃)	21,5	66,4	34,5	0,1	10,7	45,2	33,4	32,4	38,2	16,9	28,8	59,1	27,3
LSI	-2,65	-2,22	-2,20	-4,51	-2,88	-1,59	-1,64	-2,23	-1,41	-2,09	-2,02	-1,57	-1,67
RSI	11,79	10,97	11,11	15,89	12,14	10,40	10,49	11,26	10,35	11,34	10,94	10,24	10,67

Tabela 7. ISL e IER da água desmineralizada.

ÁGUA DESMINERALIZADA													
Data	07/03	21/03	04/04	18/04	07/05	17/05	30/05	13/06	27/06	09/07	22/08	19/09	03/10

pH	6,03	6,5	6,03	6,41	6,29	7,78	5,81	6,07	7,41	6,66	7,05	7	6,04
STD (ppm)	10	10	19	10	38	13	10	11	26	18	35	10	10
T (°C)	26	22,8	25,1	22,7	22,3	21	21,3	21,4	19,3	20,9	20,2	20,1	20,7
Dureza cálcica (ppm CaCO ₃)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Alcalinidade (ppm CaCO ₃)	9,47	21	15,1	0,1	4,76	16,3	1,66	9,37	19,2	0,1	2,17	1,8	20,7
LSI	-5,76	-5,01	-5,61	-7,42	-5,93	-3,88	-6,83	-5,82	-4,25	-7,23	-5,55	-5,63	-5,52
RSI	17,56	16,52	17,24	21,25	18,15	15,55	19,47	17,71	15,90	21,13	18,15	18,25	17,07

É possível verificar, que todas as águas analisadas apresentam tendência forte ou muito forte de corrosão, de acordo com a Tabela 1, que apresenta as condições das águas em relação aos indicadores.

No entanto, este índice não deve ser usado como medida quantitativa, porque duas águas diferentes, uma com baixa dureza e, portanto, corrosiva e outra com alta dureza e, portanto, incrustante, podem apresentar o mesmo índice de saturação ou de Langelier (BETZ, 1991). Isso fica evidente, pois a corrosão é um fenômeno complexo que pode ser devido a diversos fatores: físicos, eletroquímicos, metalúrgicos e outros que estejam presentes no sistema água-material metálico.

4 CONCLUSÃO

O processo corrosivo faz parte, direta ou indireta, do cotidiano profissional de vários setores, começando com o projeto, a montagem, a operação e inspeção dos processos. Evitar a deterioração dos equipamentos até a falha economiza dinheiro e preserva a segurança das pessoas e meio ambiente.

Os parâmetros físico-químicos das águas devem ser considerados em estudos da monitoração da corrosão e dutos de água, uma vez que podem intensificar os processos corrosivos. As águas avaliadas da unidade apresentaram características de corrosividade de acordo com os cálculos dos indicadores de tendência. Essas características ficam evidenciadas pelas condições: LSI < -2, RSI > 9. Esses índices são baseados no equilíbrio químico do cálcio, alcalinidade e pH. No entanto, ainda não foram incluídos alguns parâmetros importantes, tais como teores de cloretos, sulfatos, oxigênio dissolvido e velocidade do fluido nesses cálculos, os quais estão previstos no decorrer deste estudo.

É necessário um maior aprofundamento do caso de estudo para encontrar os agentes corrosivos do sistema. Futuramente, será calculado outros índices de corrosividade, como o Índice de Puckorius (PSI) e o índice de Larson (IL) que inclui a concentração de íons cloreto, sulfato, bicarbonato e carbonato no cálculo. A continuidade deste estudo irá considerar a determinação da taxa de corrosão do aço carbono, através da perda de massa, conforme introduzido nesse artigo, em meio corrosivo em campo e meio estagnado em laboratório.

REFERÊNCIAS

- 1 NOGUEIRA, P. M. Estudo da Viabilidade da Utilização de Filmes de Carbono Tipo Diamante como Camada de Revestimento Interno em Dutos de Transporte de Petróleo. Boletim Técnico PETROBRAS, Rio de Janeiro. n 45 (2), p. 63 – 113, 2002.
- 2 FERRAZ. F.C. “Avaliação de sistema alternativo de proteção contra a corrosão em circuito de água de refrigeração”, VII, 85p. 29,7cm. COPPE/UFRJ. M. Sc. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, 2007.

- 3 PONTE, A. H. Fundamentos da corrosão. Departamento de Engenharia Química, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, SC. 2003.
- 4 NALCO. Guide to Cooling Water System Failure Analysis, 1ª Edição, 1979
- 5 NUNES, L. P. Fundamentos de resistência à corrosão, Rio de Janeiro: Editora Interciência, 330p. 2007.
- 6 PRINCE, A. A., Estudo para o controle de corrosão interna de tubulações de aço do sistema de abastecimento de água da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH). In: Seminário Internacional: O problema da corrosão na engenharia sanitária e ambiental, Belo Horizonte: Sociedade Mineira de Engenharia. 1994;
- 7 FERRAZ, F.C. “Avaliação de sistema alternativo de proteção contra a corrosão em circuito de água de refrigeração”, VII, 85p. 29,7cm. COPPE/UFRJ. M. Sc. Engenharia Metalúrgica e de Materiais, 2007.
- 8 TERZI, R.; MAINIER, F. B. Monitoramento da corrosão interna em plataformas offshore. TECNOLÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 12, n. 1. Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2008.
- 9 LANGELIER, W. F. Journal of American Water Workers Association, Vol. 28, 1936, p 1500.
- 10 RYZNAR, J. W. Journal of American Water Workers Association, Vol. 36 (nº 4), 1944, p 472.
- 11 BETZ DEARBORN: Tratamento de Água de Resfriamento, 9ª Edição, 1991;
- 12 Norma NACE Standard RP0775. Preparation, Instalation, Analysis, and Interpretation of Corrosion Coupons in Oilfield Operations, item no 21017, ISBN 16 57590608666, 2005.
- 13 ASTM G1: Standard Praticce for Preparing, Cleaning and Evaluating Corrosion Test Specimens. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, 1999.
- 14 ASTM D2688: Standard Test Methods for Corrosivity of Water in the Absence of Heat Transfer (Weight Loss Methods). American Society for Testing and Materials, Philadelphia, USA, 2005.
- 15 GENTIL, V., Corrosão, 4ª Edição, Editora LTC, 2003.

CONFEÇÃO DE ROSCAS M10 EM IMPRESSORA 3D FDM COM VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DE EXTRUSÃO

Rigo, J. C. F.¹
Calcagno, C. I. W.²
De Barba Jr, D. J.³

¹ Estudante de Engenharia Mecânica, Júlio César Fantini Rigo, IFSul, juliorigo0@gmail.com

² Doutora, Carmen Iara Walter Calcagno, IFSul, carmencalcagno@sapucaia.ifsul.edu.br

³ Doutor, Durval João De Barba Júnior, IFSul, debarbajr@sapucaia.ifsul.edu.br

Resumo

Desde o início da impressão 3D, a confecção de roscas foi um desafio a ser superado pela dificuldade da impressão de uma peça com qualidade como em metal. Roscas contam com partes minuciosas, harmônicas e com a presença de ângulo de 45° do seu filete, fatores importantes que crescem o nível de dificuldade na peça e que não permitem negligências. Nesse aspecto, o objetivo do trabalho é determinar a temperatura para a impressão em FDM (*fusion deposition modeling*) de roscas M10 via impressão 3D em PLA (poliácido láctico). Para atingir este objetivo, ensaiaram-se peças com diferentes temperaturas de extrusão. Os resultados finais apresentam uma faixa de temperatura entre 180 e 190°C para a impressão dessas peças, além de uma série de configurações específicas da impressora. Diante disso, torna-se viável a existência de uma configuração padrão para a impressão dessas peças de grande importância.

Palavras-chave: Impressão 3D. Roscas. Temperatura de extrusão. FDM.

Abstract

Since the beginning of the 3D printing, the making of threads has been a challenge to be overcome by the difficulty of printing a piece with quality as in metal. Threads have small parts, harmonic and with the presence of a 45° angle of the fillet, an important factor that adds to the level of difficulty in the part and that do not allow negligences. In this respect, the objective of the work was a generalized solution for the FDM (*Fusion deposition modeling*) printing of threads M10 through 3d printing in PLA (lactic acid). To achieve this goal, parts with different extrusion temperatures were tested. The final results have a temperature range between 180 and 190°C for the printing of these parts, in addition to a series of printer-specific settings. Therefore, the existence of a standard configuration for the printing of these pieces of great importance becomes feasible.

Keywords: 3D printing. Threads. Extrusion temperature. FDM.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo teve por objetivo relatar a influência da variação de temperatura de extrusão na fabricação de roscas em impressão 3D, quais as características encontradas nas peças e, também, se influencia na qualidade final do objeto, afetando assim sua funcionalidade.

Atualmente, são vários os objetos que podem ser fabricados pela impressão 3D, no entanto, um dos principais problemas de confecção é em componentes de

acoplamento que contenham rosca. Nesse âmbito, por meio da prototipagem rápida podem-se testar os produtos desenvolvidos e auxiliar na tomada de decisões⁽¹⁾.

O processo de FDM (*Fused Deposition Modeling*, Modelagem por Fusão e Deposição) consiste em aquecer o material até seu ponto de fusão, depositá-lo em sucessivas camadas e sua posterior solidificação⁽²⁾. A técnica possibilita reprodução de protótipos com geometria complexa rapidamente em pouco tempo e com baixo custo⁽³⁾.

A tecnologia vem sendo utilizada desde 1980, em peças específicas para a linha automotiva e aeroespacial, em próteses, tanto médicas quanto dentárias, utensílios personalizados para o setor doméstico e, até mesmo, em peças de equipamentos que se encontram fora de linha⁽⁴⁾.

No processo de FDM, uma das maiores dificuldades de impressão é a de roscas. Isso se deve pela dificuldade da impressora de reproduzir com perfeição a geometria circular e com ângulo⁽⁵⁾. A impressão de roscas em 3D é vista como um problema pelo fato da impressora, nas configurações erradas, não conseguir imprimir uma rosca funcional sem cossinete.

Roscas são peças complexas que contém diversos detalhes em ângulo e padrões distintos. Os mais conhecidos são o padrão inglês (*Withworth*) e o métrico (ISO)⁽⁶⁾. No trabalho, fora utilizado o padrão métrico, configuração padrão. A Figura 1 mostra com detalhes as diversas divisões e parâmetros específicos da ISO.

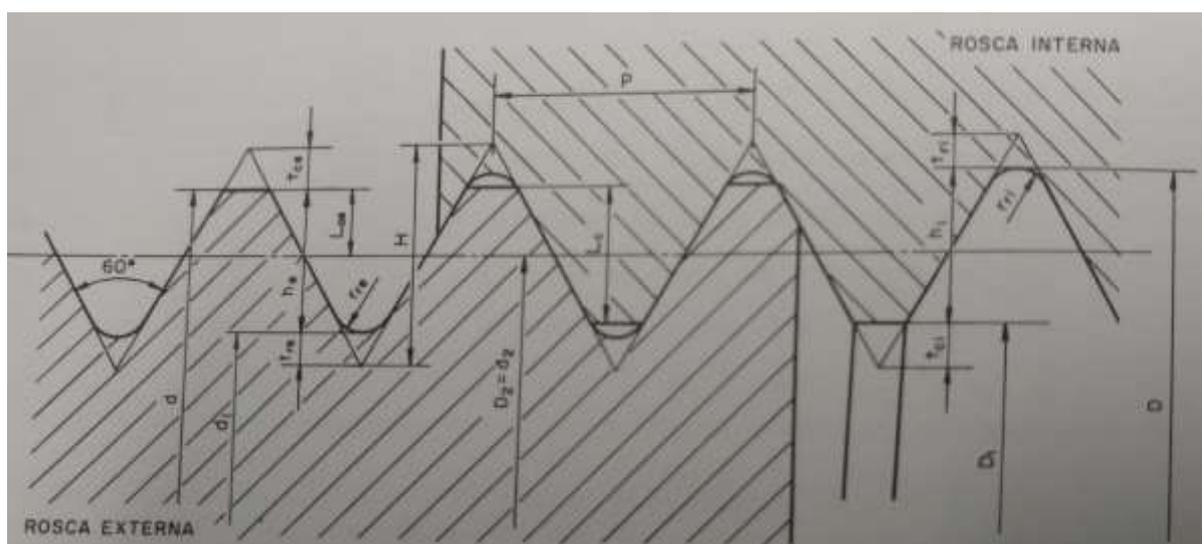


Figura 1: Rosca segundo ISO⁽⁵⁾

Em escala industrial, diversos são os objetos que possuem rosca na sua estrutura. Para a prototipagem, processo de grande emprego do método de impressão 3D, existe a dificuldade de obter uma peça sem precisar fazer acabamento, ainda mais com a presença de rosca. Assim, torna-se interessante a busca por padrões de impressão que atendam com fidelidade o projeto descrito, sem acabamento posterior.

Quando a temperatura difere da faixa especificada pelos fabricantes a impressão é prejudicada. Em baixas temperaturas, o filamento não é suficientemente aquecido e não adere com as demais camadas seguintes, além de forçar o motor do cabeçote da impressora. Já quando é excessivamente aquecido, tende a ficar muito líquido, novamente prejudicando a qualidade final da impressão⁽⁶⁾. Sendo assim, sem o conhecimento exato da faixa de temperatura, as camadas acabam rígidas (baixas temperaturas) ou líquidas (altas temperaturas). No caso da impressão de uma rosca,

que é uma peça com ângulo de 45° e que necessita de extrema precisão, a temperatura correta é imprescindível para o sucesso.

Entre os materiais mais utilizados para a impressão estão o copolímero de acrilonitrila-butadieno-estireno (ABS) e o poliácido láctico (PLA). O ABS possui vantagem de apresentar o menor custo e resistência a altas temperaturas. Em contrapartida é menos resistente a esforços físicos e tende a ser defeituoso, se a impressão não for com temperatura controlada, isto é, impressoras fechadas, que a peça em produção não tem contato diretamente com o ar⁽⁷⁾.

O PLA é o principal filamento utilizado para a impressão 3D. É um termoplástico biodegradável e não tóxico⁽⁸⁾. Derivado de cana de açúcar, amido de milho, raízes de tapioca e amido de batata, é inofensivo ao organismo humano e ao ambiente. É um dos materiais mais fáceis de trabalhar, por isso é indicado para iniciantes em impressão 3D⁽⁹⁾. “A temperatura de extrusão do PLA é entre 180 e 220°C . Já a temperatura de impressão varia entre 190 e 210°C ”⁽¹⁰⁾.

A densidade de preenchimento é outro fator importante na impressão 3D. Ela dita a resistência física da peça. Quanto mais próximo de 100%, maior a resistência a esforços. Nas configurações presentes, foi utilizado 15% de densidade. Isso significa que existe 85% de ar dentro da peça e 15% de material⁽¹¹⁾.

O *Over Hang* é o escorrimento do material de uma peça que contém um ângulo maior de 45° . Isso se deve pelo fato da gravidade atuar na peça, forçando-a para baixo. O defeito ocorreu num protótipo, demonstrando que mesmo com ângulo de 45° , que é o caso da rosca é possível observar a presença do fenômeno⁽¹²⁾. A Figura 2 apresenta a influência do ângulo na impressão.

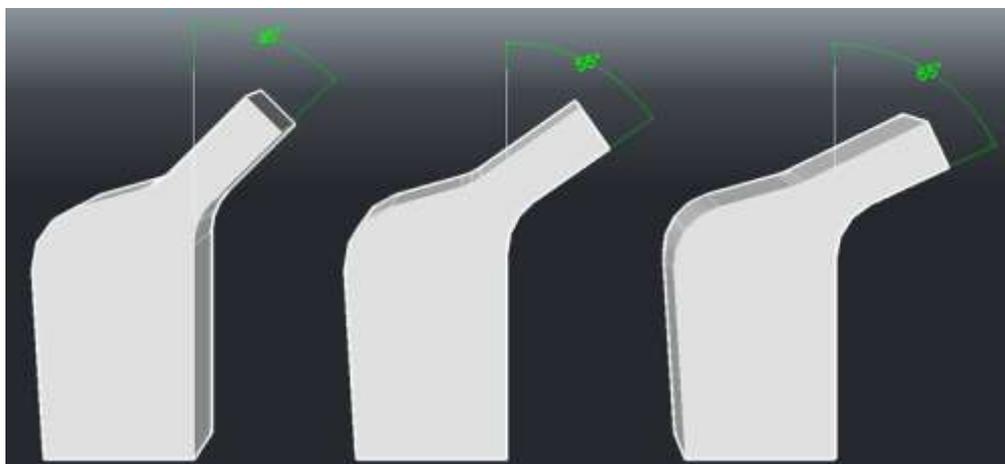


Figura 2: Influência do ângulo na impressão. O segundo objeto demonstra necessidade de suporte e o terceiro é imprescindível⁽¹²⁾

Outro defeito de impressão muito comum é o acabamento ruim. Quando acontece uma deformidade nas primeiras camadas estas repercutem por todo o resto da peça, aparentando desníveis entre camadas. Dessa forma, é necessário alterar padrões de resfriamento, temperatura, altura de camada e velocidade de impressão. Destes, o principal é o resfriamento que deve atuar em toda a peça⁽⁶⁾.

A altura da camada em peças pequenas faz muita diferença. Se existir inclinação na peça e a altura da camada for grande, o acabamento se apresentará ruim. Quanto menor a altura de camada, maior será o preenchimento linear e melhor será o acabamento em ângulo. Na Figura 3 tem-se representada como a altura da camada afeta a área externa da peça e seu acabamento final.

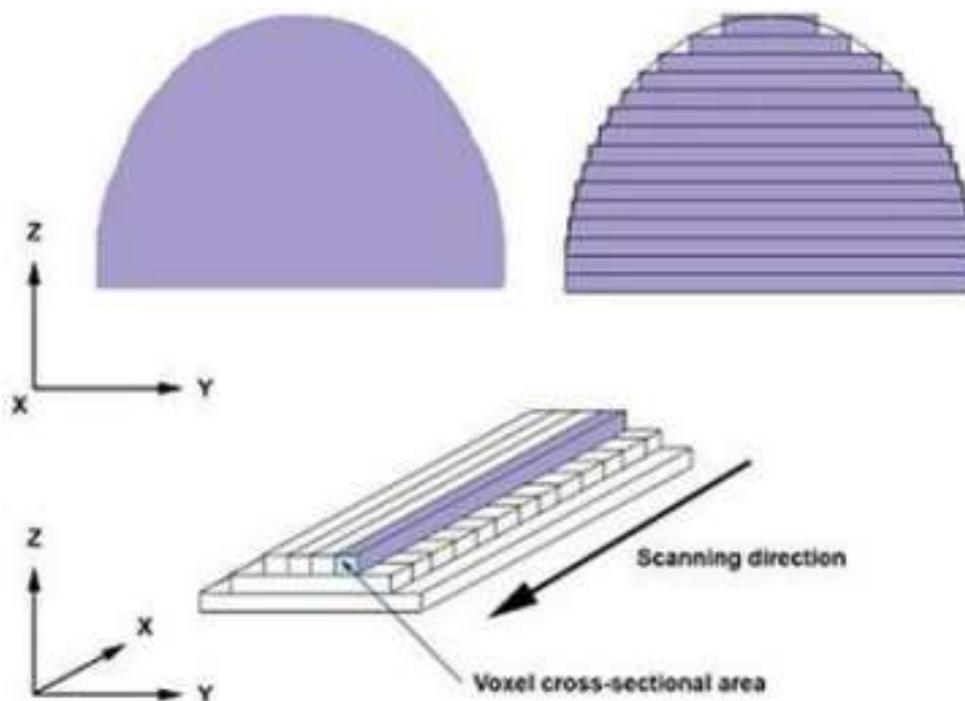


Figura 3: Como a altura de camada interfere na área externa da peça⁽¹²⁾.

A velocidade de impressão é outro fator muito importante para a qualidade final da peça. Utilizando velocidades baixas (15mm/s) a impressão não é rentável, pela quantidade de tempo gasto. Em contrapartida, utilizando velocidades altas (50 mm/s) a impressão apresenta insuficiência de detalhes⁽¹³⁾.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho consiste na utilização do filamento PLA da marca F3DB (Filamentos 3D Brasil), com pigmentação vermelha e azul, para facilitar a visualização dos filetes. A impressora utilizada é a 3D Cloner DH (FDM).

A funcionalidade das peças foi analisada de modo geral. Cada peça foi identificada por um símbolos (A1, A2, A3 e seguintes). Os símbolos seguem a variação de temperatura do bico de extrusão: A para 180°C, B para 190°C, C para 200°C e D para 210°C. E respectivamente 1, 2 ou 3 para a sequência das peças produzidas. Exemplo: A1, A2, A3, B1, B2 e B3. Nas pesquisas, foram fabricadas o total de 24 roscas. 3 roscas a cada variação de temperatura, um total de 4 variações, 180, 190, 200, 210°C. Doze peças com filamento vermelho e doze com azul.

Os seguintes padrões de impressão foram utilizados: altura de camada 0,15mm, altura da primeira camada de 0,12mm, paredes verticais de 3 camadas, paredes horizontais de 3 camadas, densidade de 15%, padrão de preenchimento favo de mel (*honeycomb*), velocidade de 30mm/s (equilíbrio entre qualidade e tempo), velocidade na primeira camada é 20% da velocidade padrão, *brim* (suporte de fixação que aumenta a aderência da peça na mesa) de 3 mm, extrusão de material na primeira camada de 200%, mesa aquecida a 60°C, resfriamento máximo e mínimo de 100 e utilizando bico extrusor de 0,3mm.

Uma peça usual do dia a dia foi escolhida para a reprodução e os fins de testes práticos. Na Figura 4 observa-se a representação de cotas e a estrutura que foi impressa.

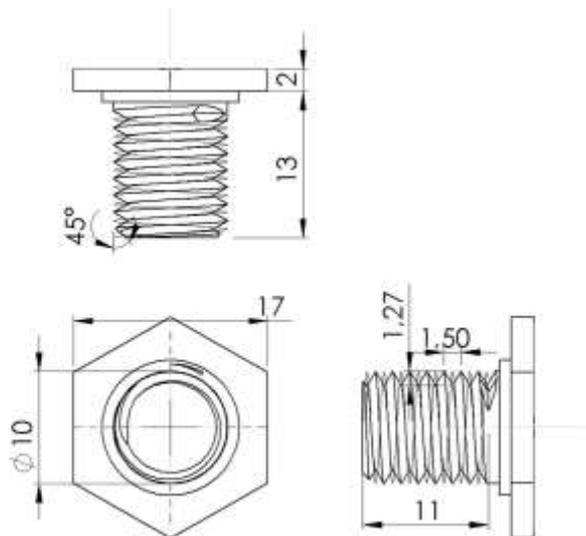


Figura 4: Parafuso M10 e suas cotas.

Por meio da observação a olho nu e juntamente com o microscópio (Bioptika) a partir do software de captura de imagem (TCapture) com zoom de 1 ou 2 vezes, variando o defeito, observou-se inicialmente possíveis rebarbas, acúmulo de material, a não uniformidade do filamento e qualquer outro possível defeito. Em caso de existência de um desses defeitos, utilizou-se o microscópio para fim de registro do ocorrido.

O teste final é a passagem por uma porca metálica (teste de funcionalidade). Rosqueando lentamente, procurando qualquer indício de resistência. Quando a porca chega ao final do parafuso não demonstrando resistência é sinal de sucesso.

Após esse teste é classificada conforme a capacidade de funcionamento: ruim, aceitável e boa. O critério de decisão é o próprio rosqueamento da porca, conforme a dificuldade. Aquelas que não foram possíveis são as ruins, as que rosquearam com força física foram as aceitáveis e as que não precisaram de esforço são as boas. A Figura 5 ilustra o teste de funcionalidade.

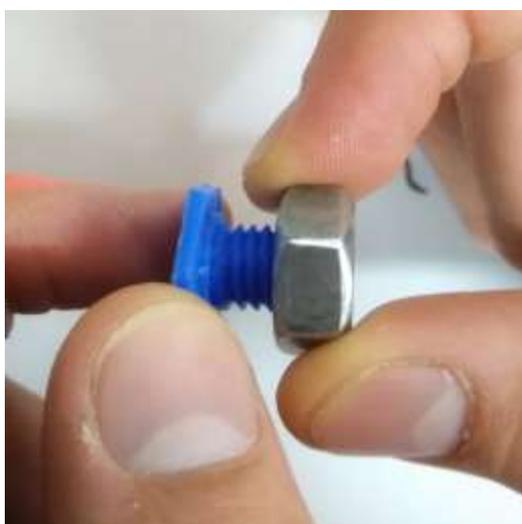


Figura 5: Teste prático da funcionalidade da impressão.

As medidas das dimensões principais foram obtidas com o uso de um paquímetro, com precisão de 0,02mm, e das massa em balança eletrônica, com precisão de 0,01g.

Antes de qualquer impressão é necessário “fatiar” a peça desejada. Fatiar nada mais é do que dividir a peça em finas camadas para depois imprimi-las. O programa utilizado para isso é o Slic3r. Nele as configurações de impressão determinam a qualidade final do produto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No início foram realizados diversos testes preliminares e houveram dificuldades de confecção das peças. No entanto, depois de muitos testes, foram impressas as primeiras peças. Muitas apresentaram escorrimento do filete entre outros problemas de qualidade. Com a aplicação dos padrões de teste apresentados na metodologia, foram impressas as primeiras peças usuais.

Analisou-se os ensaios segundo a média de massa em gramas das roscas M10 em PLA em suas respectivas temperaturas (Figura 6).

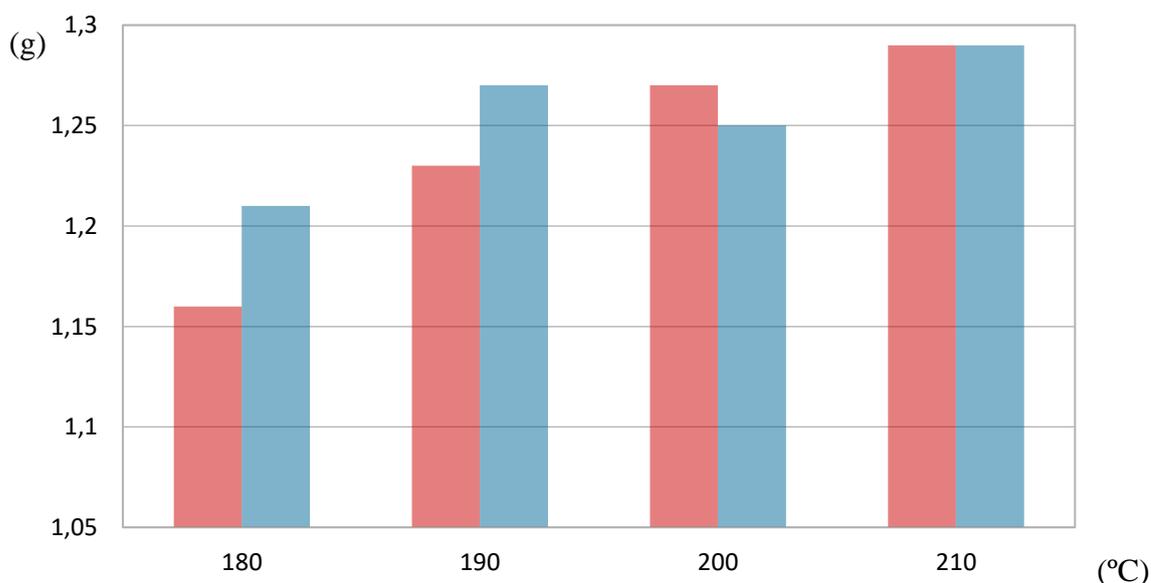


Figura 6: Média de massa em gramas por faixa de temperatura para os filamentos vermelho e azul.

Com a Figura 6 observa-se que as médias das massas no filamento vermelho aumentaram conforme o aumento da temperatura. O desvio padrão encontrado foi de 0,04g. Ocorre uma diferença de 0,15g, aproximadamente 10%, entre 180 e 210°C. Este percentual acaba sendo um valor pequeno para peças de pequeno porte, mas em grandes peças, ou em grandes lotes, o emprego de baixas temperaturas pode promover uma economia de material. Ainda em relação às baixas temperaturas, este filamento proporcionou uma boa qualidade de impressão.

O filamento vermelho, além de manter os melhores resultados na impressão, apresentou um aumento crescente da densidade em relação à temperatura. Em contrapartida, o filamento azul não mostrou claramente alguma relação entre massa e temperatura. Diante disso, as peças vermelhas, com aproximadamente 1,16g na temperatura de 180°C, demonstraram superioridade em qualidade e em economia de

material e energia. Observa-se, ainda que, o padrão de preenchimento *honey comb* garante a distribuição de esforços dentro da peça. Este atua como uma coluna vertebral e garante mais durabilidade e esforços a tração⁽¹⁴⁾.

As roscas M10 são projetadas em SolidWorks com diâmetro 10mm. No entanto, a impressão 3D acarreta na contração do material (PLA) de 3,6%. Essa contração faz com que o parafuso seja impresso menor que o projetado. No entanto, a porca M10 aceita a margem de erro da impressão fazendo com que o parafuso impresso apresente condições normais de funcionamento sem apresentar folgas na porca.

A Figura 7 apresenta duas peças produzidas na temperatura de 180°C.



Figura 7: Ensaio da roscas M10 em PLA em 180 °C.

As peças ensaiadas a 180°C (Figura 7) apresentaram massa de 1,17g (vermelha) e 1,19g (azul), sendo que ambas rosquearam perfeitamente e foram consideradas peças boas.

Em meio a todas as impressões, diversas não obtiveram êxito. Isso foi atribuído a irregularidades de impressão, como rebarbas, arredondamento e excesso de filamento.

Por mais que não exista alteração nos padrões de impressão foram identificadas diferenças, até mesmo, em peças fabricadas nas mesmas temperaturas. A impressão 3D apresenta uma certa variação conforme as condições ambientes. É possível obter resultados diferentes com mesmas condições de impressão. Estão apresentadas as principais peças, tanto em termos de qualidade (Figura 7), como em defeitos (Figura 8). Algumas peças com características positivas ou negativas foram apresentadas nas Figuras 7 e 8 para fins de esclarecimento. Os principais problemas encontrados, segundo os parâmetros ensaiados, são representados na Figura 8:

- A) Rosca M10 em PLA à 210°C – Depósito de material no filamento⁽⁶⁾. Além disso, ocorreu *over hang* (escorrimento das camadas)⁽⁵⁾.
- B) Rosca M10 em PLA à 210°C – As camadas estão desalinhadas e sobrepostas. Acabamento de impressão ruim.
- C) Rosca M10 em PLA à 210°C – Escorrimento da camada, obstruindo o caminho da porca (*over hang*).
- D) Rosca M10 em PLA à 180°C – Achatamento da crista do filete.

Dentre os defeitos, o mais comum, para peças em ângulo, é o *over hang*. Este defeito acontece, principalmente, porque o filamento ainda se encontra em estado de fusão, estando ainda é maleável. O problema foi minimizado com o uso de ventilador

(cooler), que em PLA, deve ser utilizado em máxima potência, adquirindo firmeza na impressão⁽¹¹⁾.

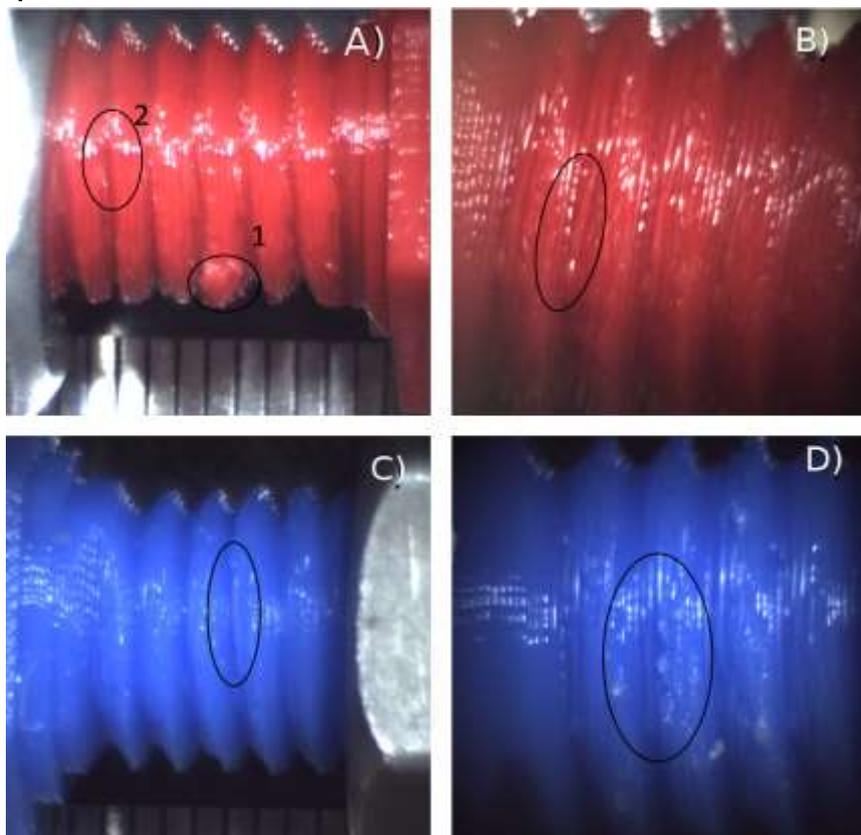


Figura 8: Principais problemas de impressão encontrados.

O resultado final da qualidade dos testes de impressão, em roscas M10 em PLA, estão condensados na Figura 9.

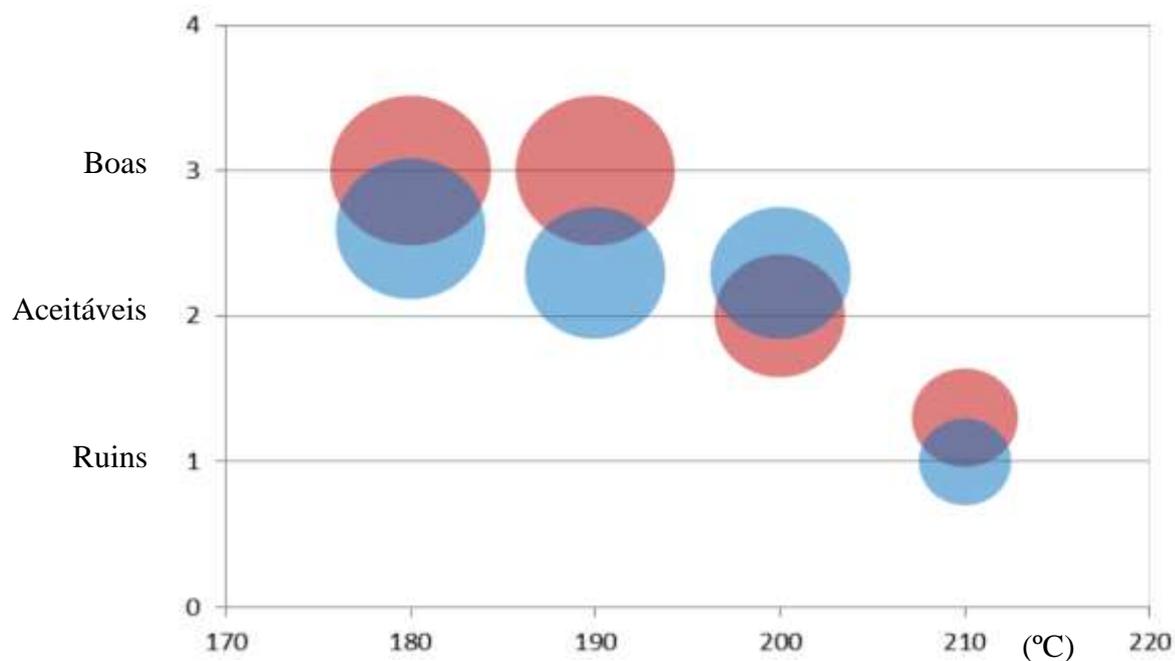


Figura 9: Médias da qualidade final das roscas.

A Figura 9 apresenta as médias da qualidade final das roscas. No eixo Y observa-se a avaliação final das peças. Cada rosca boa era avaliada em 3, aceitável em 2 e ruim em 1. Já no eixo X as temperaturas utilizadas (180, 190, 200 e 210°C). Executou-se uma média das avaliações das impressões para os filamentos (vermelho e azul) para cada temperatura e, assim, estão distribuídas como bolhas no gráfico.

A partir dos experimentos se observa que o filamento vermelho apresentou os melhores resultados. Todas as peças nas duas primeiras temperaturas (180 e 190°C) apresentaram-se boas (100%) e na terceira temperatura (200°C) as peças poderiam ser utilizáveis com cossinete. Desta forma, 75% das peças produzidas com o filamento vermelho foram usuais, mas é possível observar um declínio gradual na qualidade das peças vermelhas com o aumento da temperatura.

Em contrapartida, o filamento azul apresentou padrão de qualidade inferior à vermelha, não demonstrando nenhuma temperatura de impressão com fidelidade. Não se obteve afirmação do porque da diferença de cor entre os filamentos gerar resultados distintos. Não houve uma constância de peças corretas, tornando as avaliações muito instáveis.

Em todos os protótipos, o passo manteve-se em 1,5mm. O fator decisivo era a perfeição do filete. E, mesmo os resultados com coincidências de valores, se o defeito é localizado em uma área específica, não gera mudança nos dados coletados. Com isso, é possível afirmar que com o uso de cossinete (ferramenta para execução de roscas) as roscas defeituosas podem ser usadas, visto não serem grandes os defeitos e que modificaram a aparência externa. O cossinete remove o excesso de filamento ou defeitos da rosca, tornando-as usuais. Mas, neste caso, tem de se executar uma etapa de acabamento.

4 CONCLUSÃO

O objetivo desse estudo foi determinar a melhor temperatura do bico de extrusão para a impressão de roscas M10 por FDM em PLA.

Observou-se que é possível a criação de roscas M10 com duas principais temperaturas do bico de extrusão (180 e 190°C) e 75% das peças produzidas, com o filamento vermelho em PLA, apresentaram-se funcionais. Além disso foi possível observar um declínio gradual na qualidade das peças vermelhas com o aumento da temperatura.

A melhor temperatura para o bico de extrusão foi a mais baixa (180°C), e produziu peças com menor massa, cerca de 10%. Este percentual acaba sendo um valor pequeno para peças de pequeno porte, mas em grandes peças, ou em grandes lotes, o emprego de baixas temperaturas pode promover uma economia de material e energia.

AGRADECIMENTOS

Ao IFSul, Campus Sapucaia do Sul pela disponibilização da infraestrutura do laboratório e concessão de bolsa de estágio.

REFERÊNCIAS

- 1 MACEDO, Graciele Marcela Almeida. A utilização de tecnologias de prototipagem rápida no processo de desenvolvimento de produto: um estudo de caso. VII

- Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Rio de Janeiro e Niterói, RJ. 12 de 13 de agosto de 2011.
- 2 SANTANA, Leonardo. Avaliação de uma impressora 3d baseada em projeto de código aberto na fabricação de peças em PLA. 166fl. 2015. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Maria. Florianópolis, SC.
 - 3 GUTIERRES, Daniel Vallarelli. FERRARINI, Cleyton; SIGAHI, Tiago Fonseca Albuquerque Cavalcanti; SALTORATO, Patricia; BORRAS, Miguel Angel Aires. Aspectos operacionais da manufatura aditiva e impressão 3D no laboratório de desenvolvimento de produtos na UFSCAR/Sorocaba. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.
 - 4 ZAPAROLLI, Domingos. O avanço da impressão 3D. Pesquisa FAPESP: Tecnologia Engenharia. Ed. 276. fev. 2019.
 - 5 PROVENZA, Francesco. Manual de Projetista de Máquinas. ed. 71, vol.1. São Paulo: Editora F. Provenza, 1996.
 - 6 OBERG, Erik; JONES, Franklin D.; HORTON, Holbrook L.; RYFFEL, Henry H. Machinery's Handbook. 26ed. New York: Industrial Press Inc, 2012. PORTELA, Sergio. Qual a influência da temperatura na impressão 3D?. [Online]. 2019-Disponível em:<<https://3dlab.com.br/temperatura-na-impressao-3d>>. Acesso em: set. 2019.
 - 7 ARCOVERDE, Caio Chelli. Projeto de um Extrusor de Plástico para impressora 3D. 51fl. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. (bacharel em Engenharia de Produção). Faculdade de Ciências Aplicadas, Universidade Estadual de Campinas. Limeira, SP.
 - 8 TRISCIUZZI, Leonardo. Aplicação da Impressão 3D no Setor Naval.79f. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. (bacharel em Engenharia Naval e Oceânica). Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ.
 - 9 BESKO, Marcos; BILYK, Claudio; SIEBEN, Priscila Gritten. Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3D. Gestão Tecnologia e Inovação. vol.1 n.3, 201. P. 9-18.
 - 10 BAHILLO RUIZ, Arturo. 3D printer redesign to start with granulate plastic. 102f. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. (Grado en Ingeniería Mecánica) Escuela de Ingenierías Industriales, Universidad de Valladolid. Valladolid, España.
 - 11 All3DP. 3D Printing Infill – The Basics Simply Explained. [Online]. 2019. Disponível em:<<https://m.all3dp.com/2/infill-3d-printing-what-it-means-and-how-to-use-it>>. Acesso: set. 2019.
 - 12 ULTIMAKER. Designing for printability. [Online]. 2019. Disponível em:<<https://ultimaker.com/e-designing-for-printability>>. Acesso em: set. 2019.
 - 13 ROSOLEN, Marcio Rogerio; ULBRICH, Cristiane Brasil Lima. Análise e sistematização: estruturas internas para impressão 3D. XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.
 - 14 HERNANDEZ, David D. (2015). Factors Affecting Dimensional Precision of Consumer 3D Printing. ed.4, vol.2 Embry-Riddle Aeronautical University. International Journal of Aviation Aeronautics, and Aerospace, 2015.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DO EFEITO DO LUBRIFICANTE EM UM PROCESSO DE TREFILAÇÃO DE BARRAS DE AÇO SAE 1020 E SAE 1045

Dos Santos, J. T. ¹
De Souza, T.F. ²

¹ Eng. Juliano Theis dos Santos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, juliano.theis@ufrgs.br.

² Dr. Eng. Tomaz Fantin de Souza, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, tomazsouza@sapucaia.ifsul.edu.br.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

O processo de trefilação tem ampla utilização na indústria metal-mecânica ao longo das últimas décadas, conformando peças com superfícies uniformes, ótima precisão dimensional e acabamento superficial. Este trabalho tem como objetivo discutir e analisar o efeito dos agentes lubrificantes MoldeZol ML.61 e Agemix CIL-688 em um processo de trefilação a frio de barras de aço SAE 1020 e SAE 1045. Neste contexto, foi realizada uma breve revisão bibliográfica sobre o processo de trefilação, regimes de lubrificação, rugosidade e tensões residuais. Posteriormente, foram realizados ensaios de trefilação em uma máquina universal de ensaios, com e sem lubrificação, em uma feira de geometria fixa, em uma escala reduzida em relação à convencionalmente utilizada na indústria. Modificando-se o lubrificante na interface peça-ferramenta, foi possível analisar o comportamento da força de trefilação no processo, rugosidade média antes e após o processo, além do gradiente de tensões residuais geradas pelo processo. Os resultados indicaram que o processo com lubrificação necessitou de uma força de trefilação menor, proporcionou maior redução na rugosidade média (Ra) e, em uma análise complementar, reduziu o gradiente de tensões residuais, comparado ao processo sem lubrificação. Comparando-se ambos os lubrificantes, o agente lubrificante MoldeZol ML.61 demonstrou maior eficiência em relação ao Agemix CIL-688.

Palavras-chave: Trefilação. Aço SAE 1020 e SAE 1045. Difração de Raios-X (XRD). Tensões Residuais.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE LUBRICANT EFFECT ON AN SAE 1020 AND SAE 1045

Abstract

The cold-drawing process has been widely used in the metalworking industry over the last decades, according to uniform parts, excellent dimensional accuracy and surface finish. This paper aims to discuss and analyze the effect of MoldeZol ML.61 and Agemix CIL-688 lubricants on a cold drawing process of SAE 1020 and SAE 1045 steel bars. In this context, a brief bibliographic review of the drawing process, lubrication regimes, roughness and residual stresses. Subsequently, drawing tests were performed in a universal testing machine, with and without lubrication, in a fixed geometry fair, in a reduced scale in the conventional use ratio used in the industry. By

modifying or using the lubricant interface tool, it was possible to analyze the behavior of the drawing force in the process, the average roughness before and after the process, and the gradient of residual stresses generated by the process. The results indicate that the process with lubrication required for a lower drawing force provides greater reduction in average roughness (R_a) and, in a complementary analysis, reduces the residual stress gradient after the process without lubrication. Comparing both lubricants, or the lubricant MoldeZol ML.61 demonstrated greater efficiency compared to Agemix CIL-688.

Key words: Cold-drawing. SAE 1020 and SAE 1045 steel. X-ray Diffraction (XRD). Residual stresses.

1 INTRODUÇÃO

Na conformação mecânica de materiais o processo de trefilação é geralmente utilizado para a fabricação de barras, vergalhões e arames. Os princípios de fabricação são os mesmos, porém os equipamentos variam para os diversos tamanhos de produtos. A **Figura 1** ilustra a aplicação de uma força primária trativa à saída da fieira, originando forças compressivas indiretas oriundas dos esforços de compressão do material com a fieira ocasionando o escoamento plástico do material, resultando no alongamento axial e na redução da área da secção transversal (DIETER, 1981).

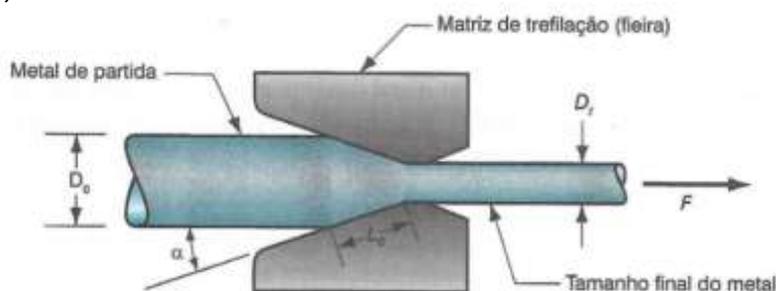


Figura 1. Representação simples de uma matriz de trefilação. (BROOVER, 2014).

O fio-máquina é apontado pelo processo de torneamento ou martelamento rotativo sendo direcionado e inserido através da região de entrada da fieira, posteriormente na região de saída da fieira é preso por garras ou tenazes de tração e tracionado pelo cabeçote ou banco de tração. Alguns bancos são capazes de desenvolver até 135.000kgf de arraste com velocidades de trefilação que variam entre 10 e 100 m/min. (DIETER, 1981; CETLIN e HELMAN, 2012).

Além do ótimo acabamento superficial e precisão dimensional, o material trefilado apresenta uma elevação na tensão de escoamento e de resistência a tração, fenômeno este que ocorre devido a ação de um conjunto de forças que ocasionam o encruamento dos grãos do material durante o processo (DIETER, 1981).

A ferramenta responsável pela estricção da área da secção transversal do fio-máquina é denominada fieira ou matriz, seu interior é fabricado em carboneto de tungstênio ou diamante, um material de elevada dureza capaz de suportar os esforços dinâmicos produzidos pelas diversas tensões atuantes. Além disso, sua elevada dureza proporciona um acabamento superficial de qualidade aliada a precisão dimensional. O corpo externo em formato de suporte é fabricado em aço (CETLIN e HELMAN, 2012).

A força de trefilação ou força primária trativa à saída da fieira é um parâmetro extremamente importante, responsável para que o fio-máquina seja conformado ao atravessar a fieira. Pode ser estimada com base no modelo matemático de Siebel, ilustrado de forma geral na **Equação 1** e **Equação 2**, tente a ser mais elevada quanto maior a relação de redução do diâmetro de entrada em relação ao diâmetro de saída do fio-máquina, estima-se um percentual máximo de redução de diâmetro para cada passe de trefilação na faixa de 30% a 35% (SCHAEFFER, 2004; MANG e DRESEL, 2007 apud NUNES, 2008; CETLIN e HELMAN, 2012).

$$F = A_1 K_{fm} \left[\ln \left(\frac{A_0}{A_1} \right) + \left(\frac{2\alpha}{3} \right) + \left(\frac{\mu}{\alpha} \ln \left(\frac{A_0}{A_1} \right) \right) \right] \quad \text{Equação 1}$$

$$F = A_1 \cdot \varphi_A \cdot k_{fm} \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_A} \right) \quad \text{Equação 2}$$

A força de trefilação (F) é obtida pela correlação da área inicial do fio-máquina (A_0) e final (A_1), da resistência média do escoamento (k_{fm}), do coeficiente de atrito da interface fieira/ fio-máquina (μ), e do ângulo da ferramenta (α).

O agente lubrificante atua decisivamente para reduzir os esforços de atrito, o mecanismo de ação consiste na formação de uma película entre o fio-máquina e a ferramenta de trefilação. A formação dessa película pode ocorrer por afinidade física dos materiais envolvidos ou por reação química, além disso deve apresentar uma tensão de limite ao cisalhamento inferior aos dos materiais que constituem a ferramenta e o fio-máquina. Ademais, o movimento relativo entre essas superfícies tenderá cisalhar essa película, pelo fato de possuir uma tensão de limite ao cisalhamento inferior, sendo assim, reduzindo o atrito que oferece resistência ao movimento (SOUZA, 2011; BUTTON, 1990 apud GIORGINI, 2013).

A redução do coeficiente de atrito e consequentemente da força de trefilação, redução proporcionam um processo de trefilação mais eficiente, requerendo motores de menor potência para a conversão de energia elétrica em energia mecânica. A eficiência energética em diversos processos, aplicações e afins é um tema extremamente relevante em nível global nas áreas mais distintas do conhecimento, principalmente nas engenharias.

Neste contexto, justifica esse estudo, pois contribui de maneira sustentável para o uso racional dos recursos energéticos disponíveis no meio ambiente e na otimização das propriedades mecânicas do material (SCHAEFFER, 2004; CETLIN e HELMAN, 2012). O uso racional desses recursos também exerce influência na esfera econômica e social, sendo esses outros dois pilares da sustentabilidade, proporcionando menores custos de produção, refletindo em produtos com preços mais competitivos para toda a sociedade

Como objetivo principal, este trabalho objetivou analisar a influência do efeito do lubrificante nas características de barras trefiladas de aço SAE 1020 e SAE 1045, com geometrias idênticas, em uma fieira de geometria fixa. Como objetivos específicos:

- Realizar ensaios para obter a rugosidade média (R_a), o gradiente de tensões residuais e a força de trefilação.
- Relacionar a rugosidade média (R_a), o gradiente de tensões residuais e a força de trefilação durante o processo de trefilação.
- Avaliar o efeito do lubrificante sobre essas propriedades.
- Sugerir um lubrificante para o processo de trefilação de barras de aço SAE 1020 e para barras de aço SAE 1045.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada para que fossem obtidos os objetivos deste estudo, na condução dos experimentos, engloba a coleta, tratamento e análise de dados. Essa metodologia foi subdividida e descrita detalhadamente em etapas neste capítulo.

2.1 Preparação dos Corpos de Prova

O comércio de barras de ligas de aço é característico pela oferta em dimensões pré-definidas, o cliente deve optar por qual dimensão se adequa a sua aplicação para, posteriormente, corta-las e usiná-las no diâmetro desejado. O **Quadro 1** e o **Quadro 2** apresentam estas relações de medidas das barras de aço do material em análise, aço SAE 1020 e aço SAE 1045, ambos laminados, antes e após o processo de corte e usinagem, respectivamente.

Quantidade	Material	Comprimento	Bitola
1	Aço SAE 1020	1500 mm	12,7 mm
1	Aço SAE 1045	1500 mm	12,7 mm

Quadro 1. Relação de medidas das barras antes do processo de corte e usinagem.

Quantidade	Material	Comprimento	Bitola
6	Aço SAE 1020	180 mm	10,7 mm
6	Aço SAE 1045	180 mm	10,7 mm

Quadro 2. Relação de medidas das barras depois do processo de corte e usinagem.

A quantidade de corpos de prova necessários foi obtida com base na configuração representada no **Quadro 3**, sendo necessários seis corpos de prova de aço SAE 1020 e seis corpos de prova de aço SAE 1045. Em cada configuração de parâmetros de trefilação, foram realizadas duas amostragens, conferindo maior confiabilidade aos resultados pela repetitividade. Em virtude da limitação da quantidade de material doado, não foram utilizados mais corpos de prova para cada configuração.

Configuração	Material	Material	Lubrificante
01	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Não utilizado
02	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Não utilizado
03	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	MoldeZol ML.61
04	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	MoldeZol ML.61
05	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Agemix CIL-688
06	Aço SAE 1020	Aço SAE 1045	Agemix CIL-688

Quadro 3. Configurações de parâmetros para o processo de trefilação.

O comprimento do corpo de prova foi definido com base no curso da máquina universal de ensaios e do material disponibilizado, o diâmetro com base na feira escolhida. Além disso, cada corpo de prova foi usinado e polido com lixamento rotativo. A **Figura 2** representa as dimensões (mm) dos corpos de prova.



Figura 2. Desenho 2D dos corpos de prova.

Os corpos de prova foram polidos para a obtenção de um melhor acabamento superficial no intuito de evitar problemas relativos ao atrito ou de má penetração do lubrificante.

2.2 Medição de Rugosidade antes do Processo de Trefilação

Um dos objetivos do processo de trefilação é agregar melhor qualidade ao acabamento superficial dos produtos, neste estudo, para melhor análise desta característica, todos os corpos de prova foram submetidos ao ensaio de rugosidade. Esses ensaios foram realizados com auxílio de um instrumento chamado rugosímetro, com display digital, marca Time®, modelo TR200. O quadro abaixo exibe os parâmetros deste instrumento:

Rugosímetro Superficial Portátil	
Modelo	TR200
Marca	Time
Parâmetros de Rugosidade	Ra, Rz, Ry, Rq, Rt, Rp, Rmax, Rv, R3z, RS, RSm, RSk e Rmr

Quadro 4. Dados do rugosímetro portátil (SOUZA, 2017).

A Figura 3 ilustra o rugosímetro digital portátil, sendo possível observar a existência de um botão com a função para obter-se a rugosidade média (Ra).



Figura 3. Rugosímetro digital portátil.

A metodologia adotada consistiu na realização de três medições de rugosidade em cada corpo de prova, obtendo-se assim a rugosidade média (Ra) para cada amostragem. Sendo assim, realizada uma medição em cada uma das três direções (0°, 120° e 240°), posteriormente calculado a média simples dessas três medições, situadas a 30mm da extremidade oposta ao local onde a garra tracionadora foi acoplada para realização dos ensaios.

2.3 Ensaio de Trefilação sem Lubrificante

Os ensaios de trefilação foram realizados no realizados com auxílio de em equipamento chamado de máquina universal de ensaios, marca EMIC®, sendo acoplado à um dispositivo que permite o encaixe da fieira. Esse equipamento é eletromecânico, possui sensores com alta acurácia para registro das deformações do corpo de prova e da força aplicada, o que garante uma gama diversa de velocidades de processo e deslocamento dos cabeçotes.

Equipamento	EMIC DL100t
Capacidade	10.000(Kgf)/100kN
Acionamento	Eletromecânico
Faixa de velocidade (mm/min)	0,02 a 500
Taxa de deformação	0,0001 s ⁻¹

Quadro 5. Características técnicas do equipamento.

O **Quadro 5** apresenta os principais parâmetros do equipamento, a capacidade máxima de carga é de 100000N. A coleta e registro dos dados durante a realização dos experimentos ocorreu de maneira eletrônica, as grandezas físicas registradas pelos sensores do equipamento foram transmitidas para um computador e armazenadas em um *software* de banco de dados no chamado *Simufact.forming GP*®. Essa metodologia reduziu a possibilidade de erro.

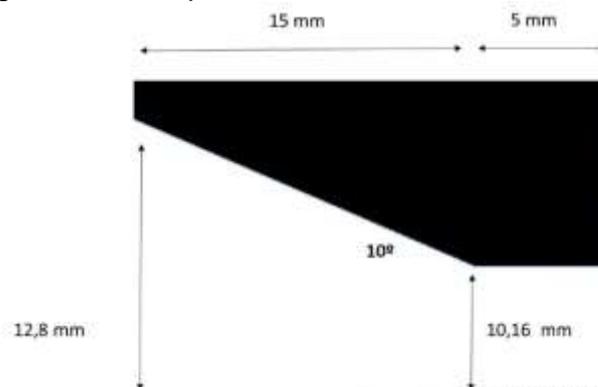


Figura 42. Geometria de uma fieira convencional (SOUZA, 2017).

A **Figura 4** ilustra a geometria de uma fieira convencional utilizada no processo de trefilação. O ensaio de trefilação consistiu na aplicação de uma taxa de carregamento de 100 mm/min, forçando a passagem do material pela fieira, ocorrendo o processo de trefilação. A temperatura ambiente durante a realização dos experimentos era de 23°C.

Material	Velocidade	Lubrificante
Aço SAE 1020	100 mm/min	Não utilizado
Aço SAE 1045	100 mm/min	Não utilizado

Quadro 6. Configurações de parâmetros sem lubrificante

O **Quadro 6** exibe a configuração utilizada para a realização dos ensaios, foram realizadas duas amostragens para cada configuração, conferindo maior confiabilidade aos resultados pela repetitividade.

2.4 Ensaios de Trefilação com Lubrificante

Após a realização do processo de trefilação sem o emprego do agente lubrificante, os experimentos foram repetidos com o emprego do agente lubrificante. O **Quadro 7** exibe configuração utilizada para a realização dos ensaios, também foram realizadas duas amostragens para cada configuração, conferindo maior confiabilidade aos resultados pela repetitividade.

Material	Velocidade	Lubrificante
Aço SAE 1020	100 mm/min	MoldeZol ML.61
Aço SAE 1020	100 mm/min	Agemix CIL-688
Aço SAE 1045	100 mm/min	MoldeZol ML.61
Aço SAE 1045	100 mm/min	Agemix CIL-688

Quadro 7. Configurações de parâmetros com lubrificante.

Em virtude da limitação da quantidade de material doado para a fabricação dos corpos de prova, foram utilizados um agente lubrificante pastoso chamado MoldeZol ML.61, fruto de doação, e um agente lubrificante líquido de nome comercial Agemix CIL- 688.

2.5 Medição de Rugosidade após o Processo de Trefilação

Após a realização do processo de trefilação com e sem o emprego do agente lubrificante, a medição da rugosidade foi realizada novamente. Esse novo ensaio possibilitou realizar um comparativo para quantificar as alterações de rugosidade, ocasionada por ambos os métodos de trefilação.

2.6 Ensaios de Tensões Residuais - Método Difração de Raios-X (XRD)

A metodologia adotada consistiu em mensurar as tensões residuais superficiais nos planos axiais e tangenciais em cada corpo de prova, com auxílio de um equipamento chamado difratômetro de raios-x, de marca e modelo GE *Seifert Charon XRD M – Research Edition*. Esse método considera as variações na distância entre os planos cristalográficos do material, resultantes das deformações elástica associadas às tensões residuais.

Os ensaios de rugosidade ocorreram antes e após o processo de trefilação, entretanto a realização dos ensaios pelo método de difração de raios-x ocorreu somente após o processo de trefilação, em virtude da disponibilidade do Laboratório de Metalurgia Física – LAMEF. O **Quadro 8** apresenta os principais parâmetros do equipamento utilizado na realização dos experimentos. Ainda, em virtude da disponibilidade do laboratório, foram realizadas medições na superfície de cada barra em um ângulo (0°), ao invés de quatro medições em ângulos arbitrados em: 0°, 90°, 180° e 270°.

Elemento do tubo de raios-X	Cr
Comprimento de onda $k\alpha$	2,2897 Å
Tensão do tubo	30 kV
Corrente	50 mA
Detector usado	Meteor 1D
Ângulos utilizados	[-60° até +60°], $\psi = 13$
Tempo de escaneamento	20 s
Passo	0,2°
Tempo de ensaio	Uma medição em uma direção (longit.) = 10 min
Pico de difração utilizado	{2 1 1} (h k l) 2- θ : [156,08°]
Variação do ângulo de difração	[147°-166°]

Quadro 8. Parâmetros do difratômetro de raios-x (SOUZA, 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão discutidos os resultados obtidos na realização dos experimentos, conforme a metodologia de trabalho.

3.1 Força de Trefilação

A força de trefilação foi registrada pelo *software* da máquina universal de ensaios na realização dos experimentos, módulos de força de trefilação menores caracterizam uma melhoria no processo, visto que diminuem a quantidade de energia requerida para realização da conformação e, conseqüentemente, reduzem o desgaste da fiara.

Neste estudo, em quatro ensaios não foi utilizado nenhuma lubrificação na interface peça-ferramenta, enquanto em outros quatro ensaios utilizou-se o agente lubrificante MoldeZol ML.61 e Agemix CIL-668.

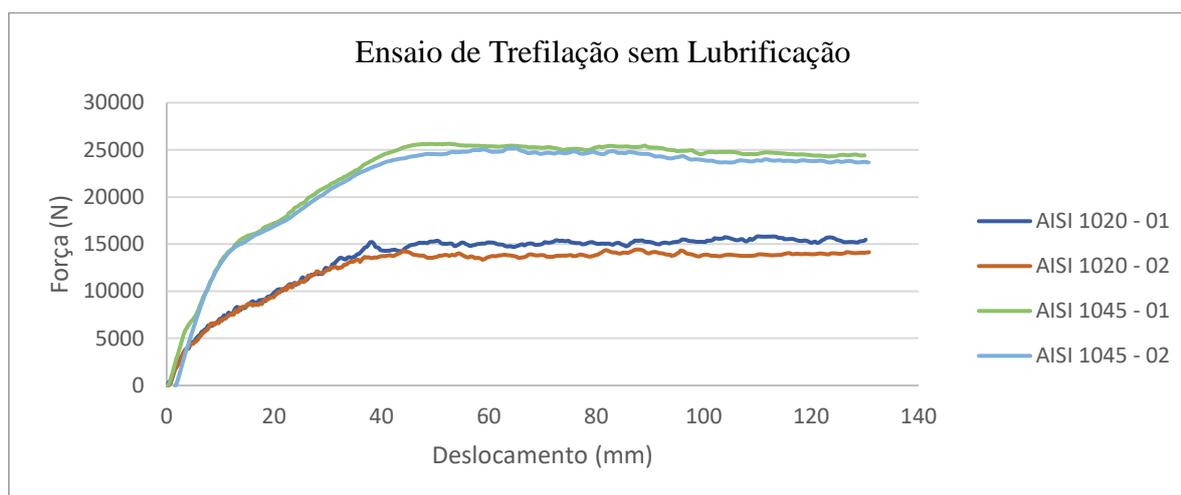


Figura 5. Ensaio de trefilação de ambos os materiais sem lubrificação.

A **Figura 5** ilustra a força obtida nos experimentos sem o emprego do agente lubrificante, para fins comparativos, sendo possível evidenciar que o material com maior teor de carbono, aço SAE 1045, e conseqüentemente maior dureza, requer uma maior força de trefilação de aproximadamente 58%, comparado ao aço SAE 1020.

Neste comparativo é possível comprovar que o tipo de material é uma variável que exerce influência na força de trefilação.

A **Figura 6** ilustra a força obtida na trefilação do aço SAE 1020 com emprego do agente lubrificante MoldeZol ML.61 e Agemix CIL-668, sendo possível observar uma maior linearização da curva na região plástica, comparado a Figura 21. Entretanto, analisando apenas a força de trefilação, não é possível determinar qual dos agentes lubrificantes é mais eficiente, visto que ambos apresentaram variabilidade e desempenho muito similar. Porém, ambos proporcionaram uma redução de aproximadamente 27% na força de trefilação, comparado ao processo sem o emprego do agente lubrificante.

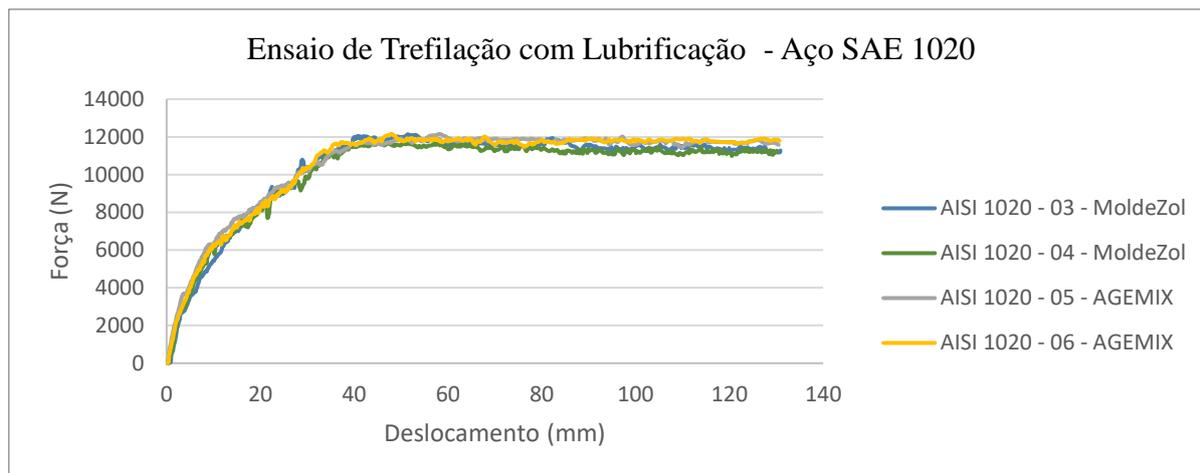


Figura 6. Ensaio de trefilação aço SAE 1020 com lubrificação.

Entretanto, analisando a **Figura 7**, no aço SAE 1045 o emprego do agente lubrificante MoldeZol ML.61 demonstrou-se mais eficiente, com redução da força de trefilação de aproximadamente 22%, comparado ao agente lubrificante Agemix CIL-668. Ambos também apresentaram uma linearização da curva na região plástica, comparado aos resultados apresentados na **Figura 6**, além de também proporcionarem uma redução na força de trefilação, comparado ao processo sem o emprego do agente lubrificante.

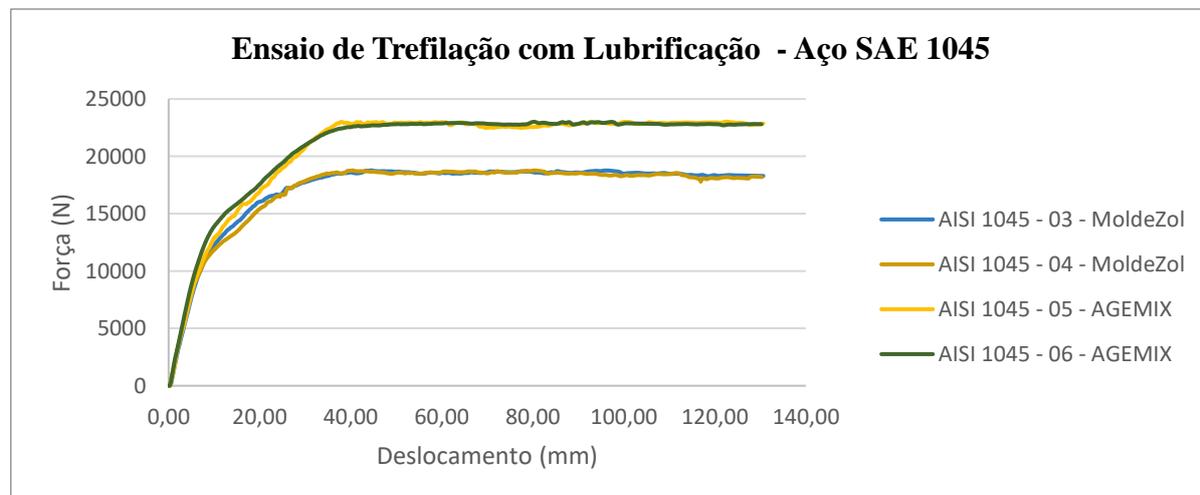


Figura 7. Ensaio de trefilação aço SAE 1020 com lubrificação.

Neste contexto, foi possível comprovar que o emprego de qualquer um dos lubrificantes exerce influência direta na redução do coeficiente de atrito, resultando em uma diminuição da força de trefilação, resultando em uma melhoria ao processo.

3.2 Rugosidade

O valor das medições de rugosidade média (Ra) antes e depois do processo de trefilação do aço SAE 1020, estão relacionados em um quadro e também ilustradas graficamente na **Figura 8**, já os do aço SAE 1045 na **Figura 9**.

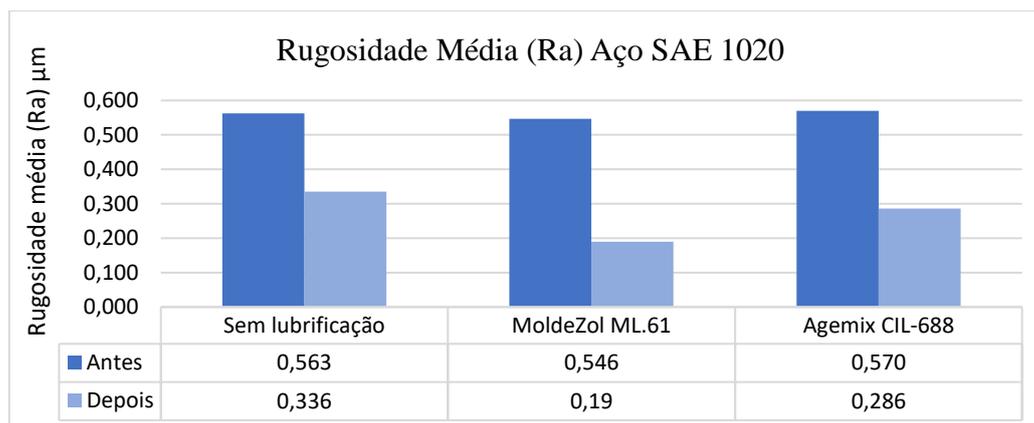


Figura 8. Rugosidade aço SAE 1020

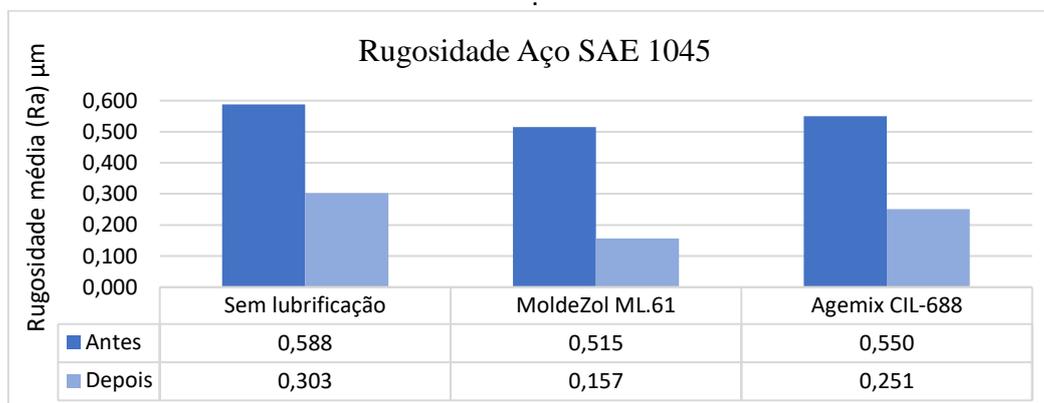


Figura 9. Rugosidade aço SAE 1045.

Ao analisar os resultados de todos os experimentos, independente do emprego de um agente lubrificante ou não, é possível comprovar que o processo de trefilação em todos os casos conferiu uma melhora no acabamento superficial, evidenciado pela redução da rugosidade média (Ra).

Efetuada-se uma análise, com base na **Figura 10**, o processo de trefilação demonstrou-se mais eficiente no material de maior dureza, no caso o aço SAE 1045. Comparando-se a rugosidade inicial da amostra antes do ensaio e após o ensaio sem o emprego do agente lubrificante, o aço SAE 1045 apresentou 48,53% de redução da rugosidade média (Ra), enquanto o aço SAE 1020 apresentou 40,36%. Essa variação justifica-se pela diferença de dureza em virtude da composição química de cada liga, visto que o aço SAE 1045 possui maior quantidade de carbono ao comparar-se com o aço SAE 1020.

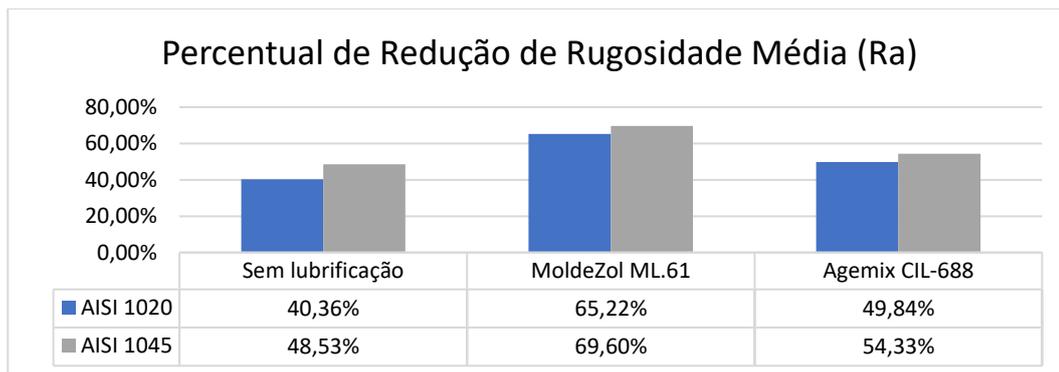


Figura 10. Percentual de redução de rugosidade média.

No aço SAE 1045, o emprego do agente lubrificante MoldeZol ML.61 demonstrou-se mais eficiente, apresentando um percentual de redução na rugosidade média (Ra) de 69,60%, enquanto o Agemix CIL-688 apresentou 54,33%. No aço SAE 1020 o emprego do agente lubrificante MoldeZol ML.61 também se demonstrou mais eficiente, apresentando um percentual de redução na rugosidade média (Ra) de 65,22%, enquanto o Agemix CIL-688 apresentou 49,84%. Analisando-se apenas essa propriedade, podemos concluir que o MoldeZol ML.61 é eficiente.

3.3 Tensões Residuais Superficiais – Método Difração de Raios-X (XRD)

Ao contrário do que previa a metodologia de trabalho, apenas 5 amostras puderam ser analisadas, não sendo possível realizar duas amostragens no intuito de conferir maior confiabilidade aos resultados pela repetitividade, visto a altíssima demanda de trabalho do Grupo de Ensaios não Destrutivos do Laboratório de Metalurgia Física - LAMEF.

As medições foram realizadas em pontos arbitrários das amostras, devendo ser compreendidas apenas como uma análise complementar, visto que não foi possível realizados ensaios prévios à realização do processo.

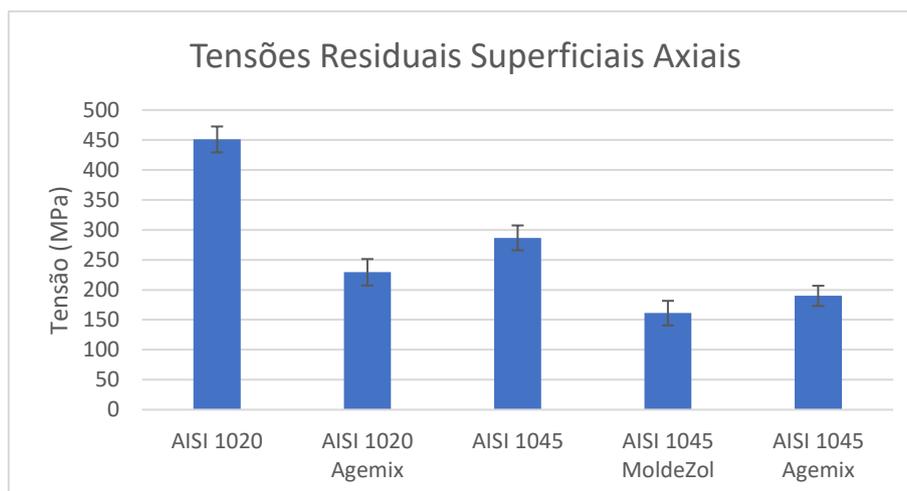


Figura 11. Tensões residuais axiais.

Analisando os resultados obtidos pelo método de difração de raios-X para as 5 barras trefiladas, na **Figura 11**, observa-se uma redução no gradiente de tensões residuais axiais. Enquanto, na **Figura 12**, observa-se redução no gradiente de tensões residuais tangenciais.

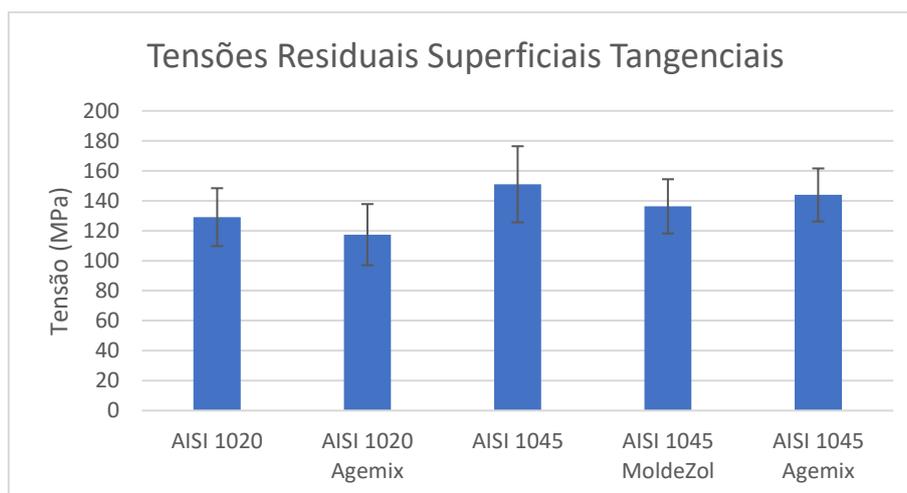


Figura 12. Tensões residuais tangenciais.

Neste contexto, considerando a indisponibilidade de se realizar a caracterização do gradiente de tensões residuais antes do processo de trefilação, para fins de análise complementar, vamos assumir que o gradiente de tensões residuais em cada tipo de material era similar. Ademais, todos os corpos de prova foram obtidos pelo seccionamento de uma mesma barra de cada material, o dimensional de ambos foi ajustado pelos mesmos processos e não foram submetidos a processos de tratamento térmico, então dificilmente apresentariam grandes variações.

A inserção do agente lubrificante contribuiu para a redução do coeficiente de atrito (μ), resultando na redução da força de trefilação afetando diretamente o grau de heterogeneidades das deformações.

Na **Figura 11** e **Figura 12**, observa-se uma redução no gradiente de tensões residuais axiais e tangenciais nas amostras de ambos os tipos de materiais em que o agente lubrificante foi utilizado, comprovando o modelo teórico. Além disso, conforme esperado, há um comportamento trativo das forças em todas as medições.

No material aço SAE 1045, o lubrificante MoldeZol ML.61 também demonstrou ser mais eficiente comparado ao Agemix CIL-688, conforme também já observado na **Figura 7**.

No material aço SAE 1020 não é possível realizar essa comparação pela ausência de dados, visto a limitação de amostras analisadas pelo laboratório. Porém, o Agemix CIL-688 é mais eficiente comparado ao processo sem lubrificação.

3.4 Sugerir Lubrificante

No processo de trefilação a frio tanto do aço SAE 1020 quanto do aço SAE 1045, o agente lubrificante mais indicado é o MoldeZol ML.61. Os ensaios comprovaram maior eficiência na melhoria da qualidade do acabamento superficial das amostras, após o processo de trefilação. Além disso, o aço SAE 1020 apresentou módulos de força de trefilação muito similares ao Agemix CIL-688, enquanto o SAE 1045 apresentou módulos de força de trefilação menores comparados ao Agemix CIL-688.

4 CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo discutir o processo de trefilação, analisando a influência do efeito do agente lubrificante sobre a força de trefilação no processo, os

resultados previamente já discutidos demonstram que ambos os agentes lubrificantes, MoldeZol ML.61 e Agemix CIL-688, exercem influência no processo de trefilação de maneira significativa e demonstram ser mais eficazes comparado ao processo sem lubrificação.

No que se refere a propriedade de rugosidade média (Ra), os resultados demonstram que o lubrificante MoldeZol ML.61 conferiu uma melhoria na qualidade superficial superior ao Agemix CIL-688 em ambos os materiais. Quanto a força de trefilação, no material aço SAE 1045 os resultados demonstram que o lubrificante MoldeZol ML.61 apresentou maior eficiência, resultando em módulos de força inferiores ao Agemix CIL-688. Porém, no material aço SAE 1020, ambos agentes lubrificantes demonstraram resultados equivalentes, resultando em módulos de força similares.

Quanto ao gradiente de tensões residuais superficiais, em uma análise complementar, no material aço SAE 1045 o agente lubrificante MoldeZol ML.61 apresentou maior eficiência, quando comparado ao Agemix CIL-688, resultando em um gradiente de tensões residuais menor. Em relação ao material aço SAE 1020, considerando a dificuldade de limitação de amostras analisadas, não foi possível analisar o gradiente de tensões residuais na amostra lubrificada com MoldeZol ML.61, porém o Agemix CIL-688 demonstrou maior eficiência comparado ao processo sem lubrificação, conforme já citado.

Agradecimentos

A CAPES e ao CNPQ. Aos Laboratórios LDTM, da UFRGS; LABEMM, do IFC e Laboratório de Usinagem do IFSul. As empresas Rek Reboques e Engates e a Aços Favorit pela doação das barras de aço, além da empresa Ocean Indústria Química pela doação do agente lubrificante MoldeZol.

REFERÊNCIAS

- 1 DIETER, G. E. Metalurgia Mecânica, 2ª ed., Editora Guanabara, 1981.
- 2 CETLIN e HELMAN, Fundamentos da Conformação Mecânica dos Metais, 2ª ed., Editora Artliber, 2012.
- 3 GROVER, M. P. Introdução ao Processos de Fabricação. 1ª ed., Editora LTC, 2014.
- 4 SCHAEFFER, L. Conformação Mecânica. 2ª ed., Editora Imprensa Livre, 2004.
- 5 GIORGINI, D. G. Otimização do processo de trefilação através da proposição de um modelo de previsão da força de trefilação adequado às condições reais da V & M do Brasil. 2013. Dissertação (Mestre em Engenharia Metalúrgica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Metalúrgica, Materiais e de Minas, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- 6 ARAÚJO, S. A. Simulação Numérica do Empeno em Barras Trefiladas. 2015. Dissertação (Mestre em Engenharia Metalúrgica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Metalúrgica, Materiais e de Minas, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.
- 7 DE SOUZA, T. F. Metodologia de Otimização de Fieiras de Trefilação Visando a Redução de Tensões Residuais no Material Trefilado através de Simulação Numérica e sua Validação Experimental, 2017. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

COMPORTAMENTO DE DESGASTE DA LIGA DE MAGNÉSIO ZK30 REVESTIDA PELO PROCESSO DE ANODIZAÇÃO ASSISTIDA POR PLASMA (PEO)

Mussulini, L.¹
Rodrigues, J.S.²
Malfatti, C.³

¹ Graduando, Léo Mussulini Machado Junior, Eng.^a Metalúrgica (UFRGS), leo.mussulini@outlook.com.

² Mestre, Joel da Silva Rodrigues, Professor EBTT (IFSUL), joelrodrigues@charqueadas.ifsul.edu.br.

³ Doutora, Célia de Fraga Malfatti, Professora (UFRGS), celia.malfatti@ufrgs.br.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Metais leves, como magnésio e suas ligas são de grande importância para diversas aplicações, especialmente nas áreas aeroespacial e automotiva, devido à sua alta relação resistência/peso. No entanto, por possuírem propriedades tribológicas insuficientes, como baixa resistência ao desgaste, alto coeficiente de atrito e dificuldade de lubrificação, têm-se restringido o uso destas ligas. Diversos tratamentos de superfície, tais como: anodização, revestimentos de conversão, deposição de vapor, deposição de polímeros, oxidação por plasma, entre outros, têm sido investigados em ligas de metais leves para aumentar sua resistência ao desgaste. Neste contexto, a Anodização Assistida por Plasma (*Plasma Electrolytic Oxidation* - PEO) tem sido um dos tratamentos de superfícies avançados, proposto para melhorar as propriedades tribológicas dessas ligas. O processo consiste na formação de um revestimento cerâmico espesso e denso de óxido, que permite a modificação das propriedades superficiais da liga. No presente trabalho, avaliou-se a resistência ao desgaste da liga de magnésio Mg-Zn-Zr (ZK30), revestida pelo processo de anodização assistida por plasma (PEO). Os resultados indicaram um aumento significativo na resistência ao desgaste, por deslizamento, para a amostra revestida por PEO em relação à amostra sem revestimento. Também houve uma mudança no mecanismo de desgaste das superfícies analisadas.

Palavras-chave: magnésio, desgaste, revestimento, anodização assistida por plasma.

WEAR BEHAVIOR OF MAGNESIUM ALLOY ZK30 COATED BY PLASMA ELECTROLYTIC ANODIZATION (PEO) PROCESS

Abstract

Light metals such as magnesium and its alloys are of great importance for many applications, especially in the aerospace and automotive areas, due to their high strength/weight ratio. However, they have insufficient tribological properties, such as low wear resistance, high coefficient of friction and difficulty in lubrication, the use of these alloys has been restricted. Several surface treatments, such as: anodizing, conversion coatings, vapor deposition, polymer deposition, plasma oxidation, among others, have been investigated in light metal alloys to increase their wear resistance. In this context, Plasma Electrolytic Oxidation (PEO) has been one of the advanced surface treatments

proposed to improve the tribological properties of these alloys. The process consists of forming a thick and dense oxide ceramic coating, which allows modification of the alloy's surface properties. In the present work, the wear resistance of the magnesium alloy Mg-Zn-Zr (ZK30), coated by the plasma electrolytic anodizing (PEO) process, was evaluated. The results indicated a significant increase in slip wear resistance for the PEO coated sample over the uncoated sample. There was also a change in the wear mechanism of the analyzed surfaces.

Key words: magnesium, wear, coating, plasma electrolytic anodization.

1 INTRODUÇÃO

O presente artigo trata da utilização de um processo novo que vem sendo intensamente estudado nos últimos anos e que pode gerar efetivamente um revestimento cerâmico com alta dureza e excelente adesão ao substrato de alumínio e outras ligas leves, como o magnésio e titânio chamado de *Plasma Electrolytic Oxidation* (PEO) [1-3]. Estudos sobre PEO iniciaram na década de 50, mas a dificuldade em estabilizá-lo, assim como o alto custo operacional para a época, inibiu seu uso comercial. A partir de 2002 algumas empresas passaram a usar o PEO como alternativa para obtenção de materiais de alto desempenho, tais como peças automotivas e náuticas, trocadores de calor, ferramentas e moldes para processos de extrusão e injeção, na indústria petrolífera e em aplicações aeroespaciais. Isso se deve ao desempenho do filme obtido, principalmente relacionado à dureza superficial e resistência à corrosão, além da quase não geração de resíduos, características essas que são interessantes, pois, além de propiciar um aumento da vida útil das peças tratadas, também propiciam um processo de tratamento superficial com geração de resíduos aparentemente inertes e, por conseguinte de baixo impacto ambiental.

O PEO é uma técnica popular para o tratamento de superfície de magnésio e suas ligas, que é igualmente reconhecido como oxidação por micro arco [4,5], oxidação por micro plasma [6] e deposição por descarga anódica [7]. É um processo de alta tensão que é amplamente usado para tratamento de superfície de magnésio e suas ligas [8–15]. Nesse processo, ocorre uma descarga de plasma que leva à fusão parcial de um filme de óxido e conseqüentemente formação de um revestimento de óxido extremamente aderido ao substrato [16]. Os revestimentos produzidos possuem uma ótima resistência ao desgaste e a corrosão, além de propriedades elétricas adequadas e alta estabilidade térmica.

As características microestruturais dos revestimentos PEO dependem das condições operacionais e a espessura dos revestimentos pode variar entre 5 e 200 μm . Geralmente, a interface de revestimento está em forma de zigue-zague o que faz o revestimento parecer integrado ao substrato. Processo PEO consiste em um procedimento de descarga de plasma em torno de um metal imerso em um eletrólito. Os processos de descarga afetam significativamente a estrutura dos revestimentos e conseqüentemente, suas propriedades físicas e mecânicas [17]. O tamanho dos poros é uma função da densidade de descarga e tempo de processo. É relatado que o diâmetro dos poros nas ligas de magnésio é geralmente entre 0,5 e 50 μm . Canais de descarga são cercados por substâncias fundidas e micro trincas locais. A formação de microfissuras pode ser devida ao resfriamento rápido de substâncias fundidas quando

expostas ao eletrólito frio. Descargas extremas possuem altas energias de entrada que causam a fusão de partes consideráveis do filme de óxido e do substrato. Finalmente, substâncias fundidas fluem em direção à superfície e formam grandes partículas de cerâmica quando atingem o eletrólito frio. Óxidos fundidos ao redor dos poros mostram o fato de que temperatura dentro dos micro-vazios pode chegar momentaneamente a vários milhares de graus [18]. Yerokhin et al. [19] afirmaram que esta temperatura pode ser de cerca de 2300 a 3000 K.

Neste contexto o trabalho tem como objetivos avaliar a aplicação do processo PEO em uma liga de magnésio ZK30, comparando o comportamento de desgaste com e sem o tratamento, além de avaliar o mecanismo de desgaste.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras utilizadas neste estudo foram retiradas de tarugos cilíndricos da liga ZK30 (Mg-Zn-Zr), com aproximadamente 200mm de comprimento e 48mm de diâmetro, fornecidas pelo Departamento de Engenharia Biomecânica da Universidade Tecnologia de Delft, Holanda. As amostras foram cortadas, primeiramente, em formato de discos, em um torno mecânico, com espessura de aproximadamente 3mm e, foram novamente cortadas com serra manual em diferentes tamanhos, necessários às diferentes análises. Todas as amostras passaram pelo processo de lixamento, polimento com pasta de diamante de 1 μ m, limpeza em banho ultrassônico com acetona, enxágue com água deionizada e secas com jato de ar frio.

Para a anodização assistida por plasma foram utilizadas amostras com preparação superficial conforme informado anteriormente. O eletrólito utilizado era composto de 17,5g/l de metassilicato de sódio, 4g/l de hidróxido de potássio e 3g/l de borato de sódio. Foi utilizada uma fonte de corrente alternada da marca SUPPLIER de 24kW, com regulagem de frequência e ciclo de trabalho. O ciclo de trabalho utilizado foi de 50%, com frequência de 1000Hz e potencial máximo de 240V. A célula para anodização era composta de um contra-eletrodo de aço inox e a amostra como eletrodo de trabalho. O volume de eletrólito utilizado foi de 1 litro de solução. Para aquisição dos dados foi utilizado um software da própria fonte desenvolvido pela SUPPLIER.

A camada anodizada foi analisada de topo e em corte transversal em MEV/EDS. Para as análises por Difração de Raios X foi utilizado o equipamento da marca Philips, modelo X'Pert MPD, equipado com monocromador curvado de grafite e ânodo fixo de cobre, operando a 40kV e 40mA. Intervalo de ângulos analisados de 5 a 75°. Passo utilizado de 5°/1s. Radiação Cu K α (1,54184 Å), K α 1 (1,54056 Å), K α 2 (1,54439 Å) e K β (1,39222 Å).

O equipamento utilizado para Microscopia Eletrônica de Varredura e EDS foi um MEV/EDS da marca Zeiss EVO MA10, microscópio de varredura convencional de filamento de tungstênio com tensão de operação de 10kV. As superfícies das amostras e trilhas de desgaste foram analisadas em interferômetro ótico da marca Brucker e software para tratamento das imagens Vision64. A área de análise possuía 1,259mm x 0,94mm com uma lente de aumento de 5X e velocidade de varredura de 1X com 3 repetições das medidas.

As amostras foram submetidas a ensaios de desgaste a seco em tribômetro da MARCA CETR, *ball-on-plate*. O contra-corpo utilizado foi uma esfera de zircônia estabilizada com Ítria, com 4,7mm de diâmetro. A força utilizada foi de 2N, frequência de oscilação de 1Hz e o comprimento da trilha de 2mm. O coeficiente de atrito foi

monitorado durante o ensaio de desgaste e a análise das trilhas e esferas foram feitas em microscópio ótico da marca Olympus, modelo Olympus CX31 e por MEV/EDS. A rugosidade das amostras foi determinada utilizando-se um rugosímetro da marca Mitutoyo, modelo SJ 400, onde o método de ensaio está de acordo com a norma NBR 6405/88, sendo que foram realizadas medidas no sentido longitudinal e transversal das amostras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química da amostra ZK30, obtida por fluorescência de raios X, encontra-se conforme a norma ASTM B93 (Tabela 1).

Tabela 1: Composição química da Amostra ZK30 obtida por Fluorescência de raios X.

Amostra	Zr	desvio	Zn	desvio	Mg _{bal}
ZK30	0,36	0,01	3,59	0,075	95,97

A amostra ZK30AC após preparação metalográfica apresentou uma superfície homogênea, sem porosidades. A amostra ZK30 após a anodização assistida por plasma (ZK30PEO) apresentou uma superfície mais rugosa, com poros não-homogêneos e trincas distribuídas ao longo da superfície do revestimento.

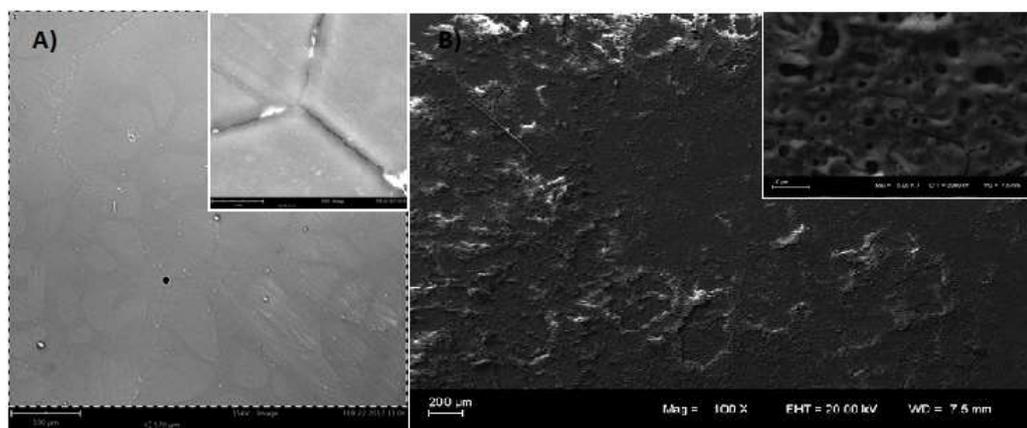


Figura 1: imagens da superfície das amostras com respectivos detalhes da superfície a) ZK30AC e b) ZK30PEO

A análise por Difração de raios X (Figura 2) indicou a presença de silicato de magnésio, óxido de silício e óxido de magnésio na superfície do revestimento obtido por PEO. A presença de silício na superfície se dá pelo fato deste elemento fazer parte da composição do banho e durante o processo PEO é incorporado no revestimento formando silicatos.

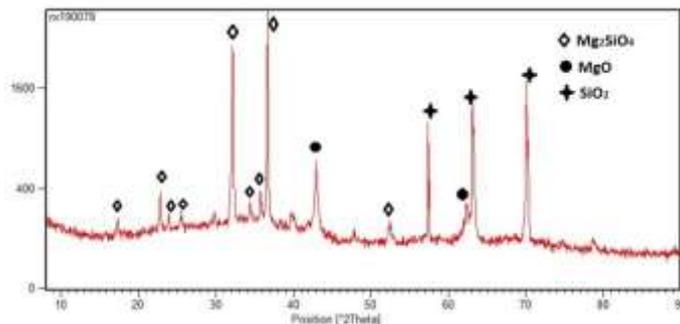


Figura 2: Análise por Difração de raios X da superfície do revestimento formado pelo processo PEO.

As rugosidades das superfícies das amostras estão apresentadas na Tabela 2. Após o processo PEO a rugosidade superficial aumenta significativamente. A altura máxima do perfil de rugosidade que na amostra polida foi de 0,3 μ m, passa a ser de aproximadamente 8 μ m.

Tabela 2: Rugosidade linear média (Ra) e altura máxima do perfil da rugosidade (Rz) das amostras Zk30AC e ZK30PEO.

Amostra	Ra (μ m)	Rz (μ m)
ZK30AC	0,04 \pm 0,01	0,30 \pm 0,05
ZK30PEO	1,1 \pm 0,20	7,9 \pm 0,60

O revestimento obtido apresentou em corte transversal uma espessura média de 15 μ m, com variações entre 10 e 25 μ m. É possível observar porosidades e trincas ao longo do revestimento.

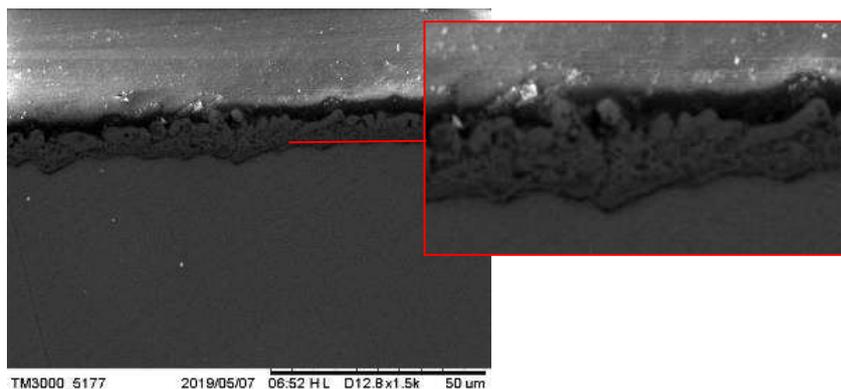


Figura 3: Análise por MEV da amostra ZK30PEO em sua seção transversal.

A trilha formada por desgaste a seco na amostra ZK30AC (Figura 4a) apresentou estrias em seu interior e a esfera apresentou material do substrato aderido à sua superfície (Figura 4), indicando que o mecanismo de desgaste presente é, predominantemente, adesivo.

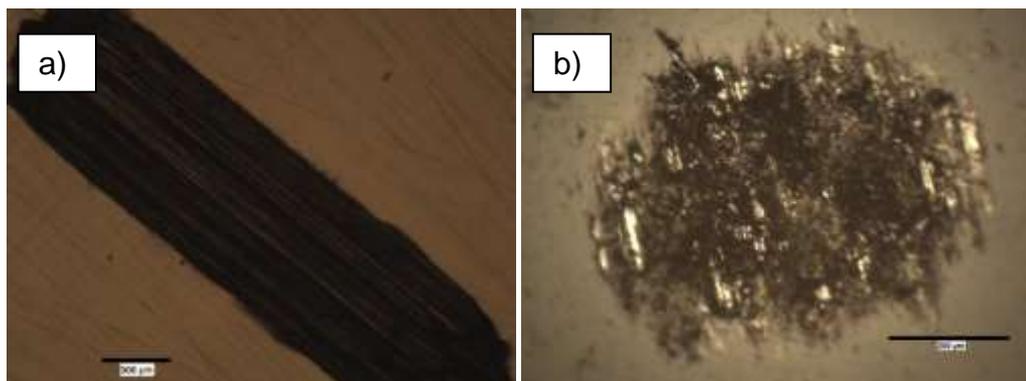


Figura 4: a) Microscopia ótica da trilha formada após desgaste na amostra ZK30AC, com carga aplicada de 2N, frequência de oscilação de 1Hz, comprimento da trilha de 2mm e tempo de desgaste de 10 minutos. b) superfície da esfera utilizada como contracorpo.

Pode-se observar, pela análise por MEV do interior da trilha formada na amostra ZK30AC que ocorre uma delaminação onde parte do material se desprende do material base (Figura 5).

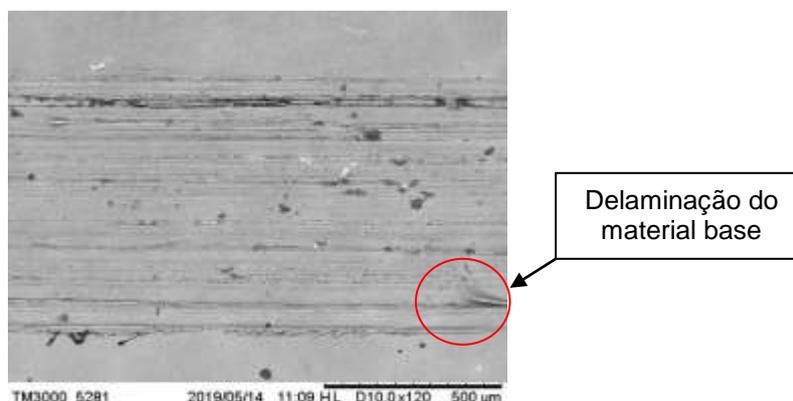


Figura 5: Análise por MEV do interior da trilha formada na amostra ZK30.

Na imagem da trilha da amostra ZK30PEO obtida por microscopia ótica é possível verificar porosidades dentro da trilha e material particulado nas bordas (Figura 6), indicando uma participação de um terceiro corpo no processo de desgaste. É possível verificar que não há aderência de material na esfera e esta possui ranhuras na superfície, indicando que houve desgaste da esfera (Figura 6b). Também é possível verificar material no entorno da superfície desgastada da esfera, indicando, novamente, a presença de detritos na trilha que atuam como terceiro corpo. Logo, conclui-se que o mecanismo de desgaste predominante na amostra com revestimento é o mecanismo de abrasão, com presença de terceiro corpo.

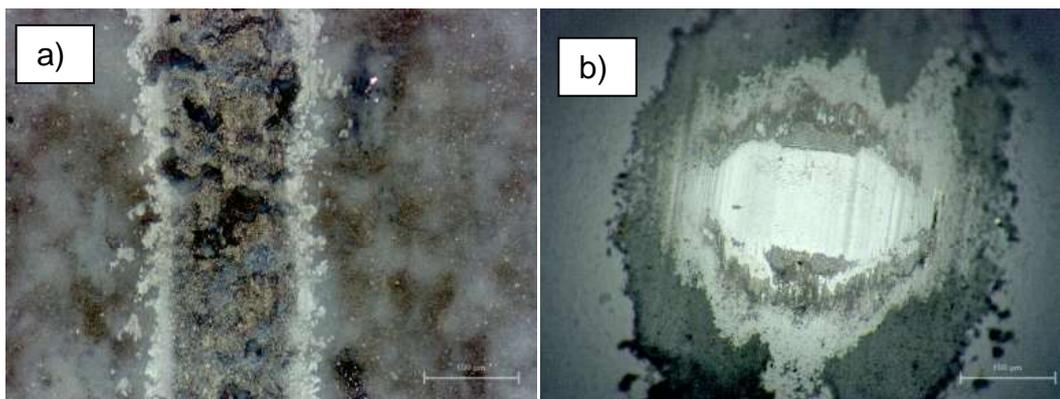


Figura 6: a) trilha formada após desgaste a seco na amostra ZK30PEO com carga aplicada de 2N, frequência de oscilação de 1Hz, comprimento da trilha de 2mm e tempo de desgaste de 90 minutos. b) superfície da esfera utilizada como contracorpo.

A análise da imagem obtida por MEV do interior da trilha da amostra ZK30PEO apresenta um princípio de rompimento da camada obtida por PEO, após 90 minutos de ensaio de desgaste a seco (Figura 7a). É possível verificar que há uma quebra do revestimento e detritos estão presentes no interior da trilha, indicando a participação de terceiro corpo.

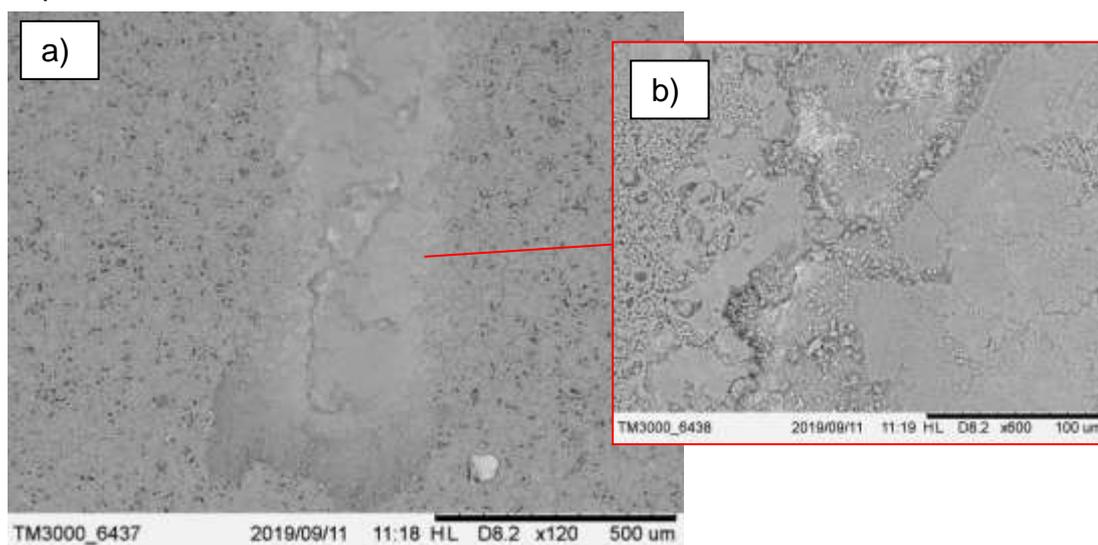


Figura 7: a) Imagem obtida por MEV da trilha obtida por desgaste a seco da amostra ZK30PEO e b) detalhe da trilha com presença de detritos e quebra da camada.

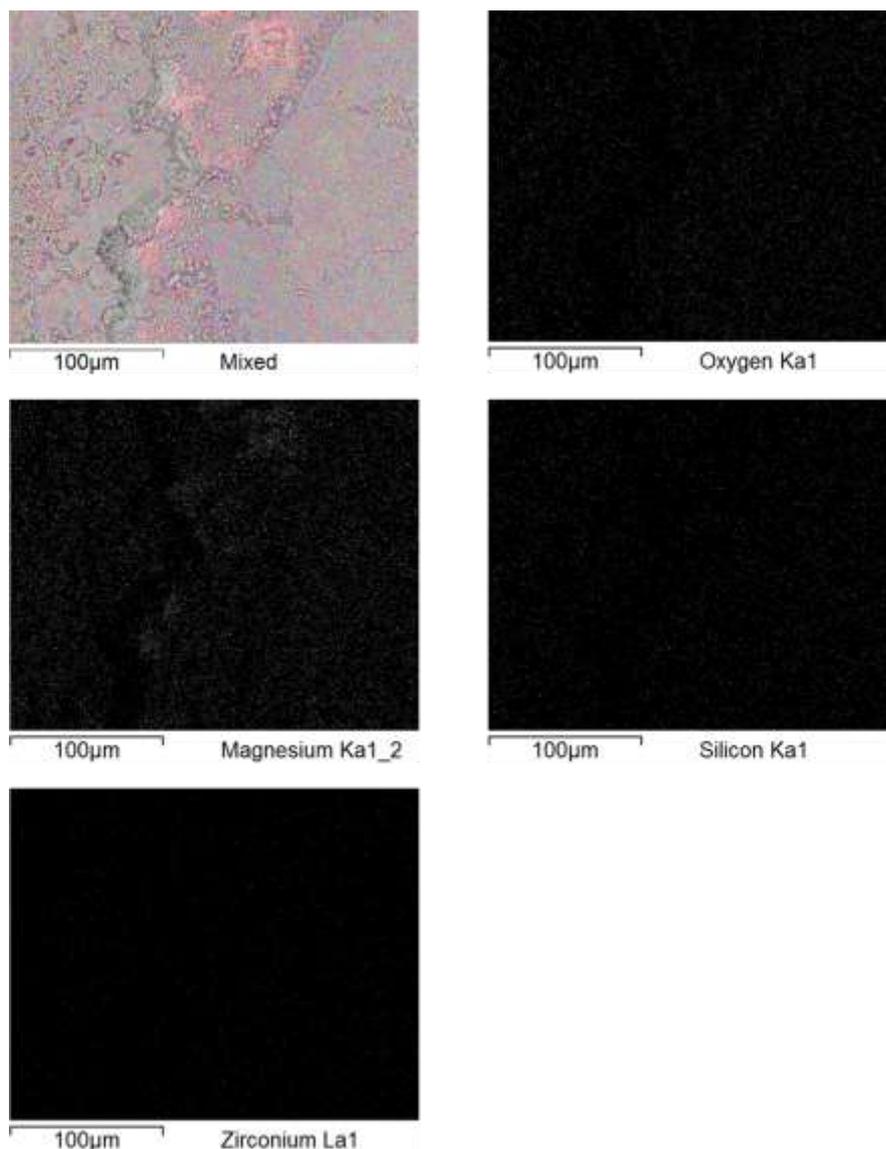


Figura 8: Imagem obtida por MEV/EDS da figura 7b), onde detalha a trilha com presença de detritos e quebra da camada.

A amostra ZK30PEO apresentou um coeficiente de atrito maior que a amostra ZK30AC. No início da curva da amostra ZK30PEO há um aumento gradual do COF até o tempo de aproximadamente 500 segundos. Isto se deve ao fato do desgaste do revestimento e aumento da presença de terceiro corpo dentro da trilha.

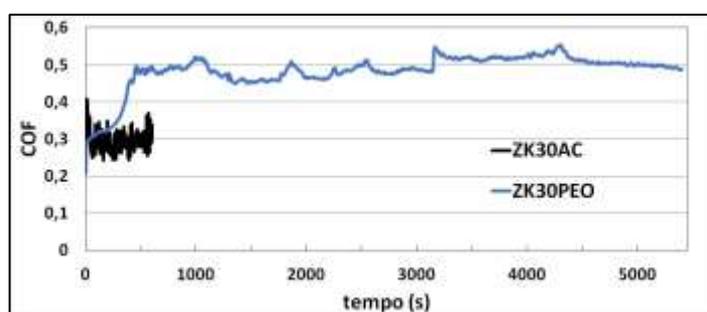


Figura 9: Coeficiente de atrito apresentado pelas amostras ZK30AC e ZK30PEO no ensaio de desgaste a seco.

O volume de material removido por centímetro percorrido do contracorpo é apresentado na Figura. Verifica-se um decréscimo de, aproximadamente, 5 vezes no volume de material removido. Isto indica uma melhora significativa na resistência ao desgaste com a aplicação do revestimento obtido pelo processo PEO.

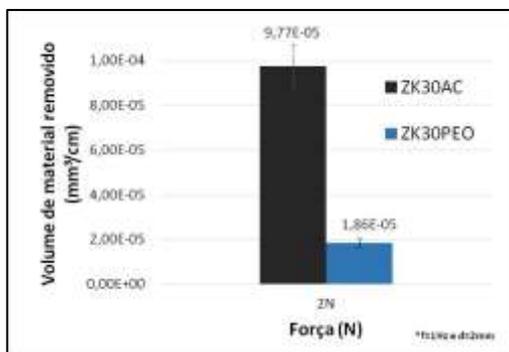


Figura 10: Volume de material removido por centímetro percorrido do contracorpo das amostras ZK30AC e ZK30PEO.

4 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que é possível aplicar um revestimento cerâmico em amostras de magnésio ZK30 pelo processo de anodização assistida por plasma (PEO). O revestimento obtido é formado, basicamente, por silicato de magnésio e óxidos de magnésio e silício. Há um aumento significativo da rugosidade da superfície do revestimento em comparação com a amostra polida. Há presença de porosidade irregular e trincas no revestimento. O coeficiente de atrito da amostra com revestimento foi maior que a amostra sem revestimento. Houve um aumento na resistência ao desgaste com a aplicação do revestimento. O volume de material removido por centímetro percorrido do contracorpo na amostra ZK30PEO foi 5 vezes menor que na amostra sem revestimento. O mecanismo de desgaste na amostra sem revestimento foi predominantemente adesivo enquanto que na amostra com revestimento foi predominantemente abrasivo com presença de terceiro corpo no interior da trilha.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do governo brasileiro voltada à formação de Recursos Humanos, com o apoio do CNPq e CAPES-PROEX (Processo 23038.000341/2019-71). Os autores agradecem a Biomedical Engineering Department, Technische Universiteit Delft, Delft – Netherlands pelo fornecimento das amostras.

REFERÊNCIAS

- [1] WHEELER, J.M.; COLLIER, C.A.; PAILLARD, J.M.; CURRAN, J.A. Evaluation of micromechanical behavior of plasma electrolytic oxidation (PEO) coatings on Ti-6Al-4V, *Surf. Coat. Technol.*, 204 (2010) 3399–3409.
- [2] KLAPKIV, M.; POVSTYANA, N.; NYKYFORCHYN, H. Production of conversion oxide-ceramic coatings on zirconium and titanium alloys, *Mater. Sci.*, 42 (2006) 277-286.
- [3] XUE, W.; JIN, Q.; ZHU, Q.; HUA, M.; MA, Y. Anti-corrosion microarc oxidation coatings on SiCP/AZ31 magnesium matrix composite, *J. Alloy. Compd.*, 482 (2009) 208–212.
- [4] LI, Q.; LIANG, J.; WANG, Q.; ALIOFKHAZRAEI, M. Plasma Electrolytic Oxidation Coatings on Lightweight Metals, *Modern Surface Engineering Treatments*, InTech, 2013. DOI.
- [5] SONG, X.; LU, J.; YIN, X.; JIANG, J.; WANG, J.; MAGNES, J. *Alloys* 1 (2013) 318–322.
- [6] RUDNEV, V.; BOGUTA, D.; YAROVAYA, T.; MOROZOVA, V.; RUDNEV, A.; GORDIENKO, P. *Prot. Met.* 35 (1999) 473–476.
- [7] VAN, T.B.; BROWN, S.D.; WIRTZ, G.P. *Bull. Am. Ceram. Soc.* 56 (1977) 563–566.
- [8] PAN, Y.; CHEN, C.; WANG, D.; YU, X. *J. Biomed. Mater. Res. B. Appl Biomater* 100 (2012) 1574–1586.
- [9] WIRTZ, G.; BROWN, S.; KRIVEN, W. *Mater. Manuf. Process.* 6 (1991) 87–115.
- [10] GUO, H.; AN, M. *Appl. Surf. Sci.* 246 (2005) 229–238.
- [11] LIANG, J.; HU, L.; HAO, J. *Appl. Surf. Sci.* 253 (2007) 6939–6945.
- [12] GHASEMI, A.; RAJA, V.; BLAWERT, C.; DIETZEL, W.; KAINER, K. *Surf.Coat.Tech.* 202 (2008) 3513–3518.
- [13] LIU, J.; LU, Y.; JING, X.; YUAN, Y.; ZHANG, M. *Mater. Corros.* 60 (2009) 865–870.
- [14] WU, X.; SU, P.; JIANG, Z.; MENG, S. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 2 (2010) 808–812.
- [15] CAI, J.; CAO, F.; CHANG, L.; ZHENG, J.; ZHANG, J.; CAO, C. *Appl. Surf. Sci.* 257 (2011) 3804–3811.
- [16] MALAYOGLU, U.; TEKIN, K.C.; SHRESTHA, S. *Surf. Coat. Tech.* 205 (2010) 1793–1798.
- [17] HUSSEIN, R.; NIE, X.; NORTHWOOD, D.; YEROKHIN, A.; MATTHEWS, A. *J. Phys. D Appl. Phys.* 43 (2010) 105203.
- [18] XUE, W.; JIN, Q.; ZHU, Q.; HUA, M.; MA, Y. *J. Alloys Compd.* 482 (2009) 208–212.
- [19] YEROKHIN, A.; NIE, X.; LEYLAND, A.; MATTHEWS, A.; DOWEY, S. *Surf. Coat. Tech.* 122 (1999) 73–93.

ANODIZAÇÃO ASSISTIDA POR PLASMA (PEO) APLICADA EM LIGA DE ALUMÍNIO 2024-T3

Dorneles, M.T.¹

Rodrigues, J.S.²

Santos, P.B.³

Castro, V.V.⁴

Malfatti, C.F.⁵

¹ Mestrando Matheus Thedy Dorneles, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, matheusthedydorneles@gmail.com

² Doutorando Joel da Silva Rodrigues, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, joelufrgs@gmail.com

³ Mestrando Pedro Bell Santos, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, Pedro.bell@acad.pucrs.br

⁴ Doutorando Victor Velho de Castro, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, victorvcastro@yahoo.com.br

⁵ Professora Doutora Célia de Fraga Malfatti, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, materiaisxenergia@gmail.com

Resumo

Atualmente, materiais leves e que possuam boas propriedades mecânicas são amplamente demandados e utilizados em diversas frentes industriais. Um desses materiais é a liga de alumínio 2024-T3, constituída majoritariamente por alumínio (90,7% – 94,7%) e cobre (3,8% - 4,9%). Ainda que apresente bom desempenho mecânico, a liga 2024-T3 possui limitações quanto à performance da sua superfície em termos de desgaste e corrosão. A otimização dessas propriedades representa um desafio para a aplicação dessa liga, por exemplo, na indústria aeroespacial.

Processos anódicos de tratamentos de superfícies são bastante utilizados para obter camadas de óxido de proteção. Todavia, algumas limitações técnicas como, por exemplo, a alta concentração de ácidos, boratos e metais pesados inviabilizam sua utilização em determinadas situações. Em alternativa ao processo anódico convencional, o processo de Anodização Assistida por Plasma (PEO) supera essas limitações, pois é realizado em solução alcalina eletrolítica diluída e promove o crescimento do revestimento óxido protetivo através da aplicação de potenciais ou correntes alternadas elevadas e alta frequência. Isso permite a obtenção de revestimentos com elevada resistência ao desgaste.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento tribológico da liga de alumínio 2024-T3 após anodização pelo processo PEO. Os resultados obtidos demonstram formação da camada de óxido e maior resistência ao ensaio tribológico para a amostra cujo controle inclui tensões positiva e negativa.

Palavras-chave: PEO; Solução alcalina; Revestimento óxido; Tribologia.

PLASMA ASSISTED ANODIZATION (PEO) APPLIED TO THE 2024-T3 ALUMINUM ALLOY

Abstract

Today, lightweight materials that have good mechanical properties are widely demanded and used in many industrial fronts. One of these materials is the

aluminum alloy 2024-T3, consisting mainly of aluminum (90.7% - 94.7%) and copper (3.8% - 4.9%). Although it has good mechanical performance, the 2024-T3 alloy has limitations on its surface performance in terms of wear and corrosion. Optimizing these properties represents a challenge for the application of this alloy, for example in the aerospace industry.

Anodic surface treatment processes are widely used to obtain protective oxide layers. However, some technical limitations, such as the high concentration of acids, borates and heavy metals, make their use impracticable in certain situations. As an alternative to the conventional anodic process, the Plasma Assisted Anodizing (PEO) process overcomes these limitations. The PEO process is performed in dilute electrolyte alkaline solution and promotes the growth of the protective oxide coating by applying high potentials or alternating currents and high frequency. This allows for coatings with high wear and corrosion resistance.

The present work aimed to evaluate the tribological behavior of 2024-T3 aluminum alloy after anodizing by PEO process. The results show oxide layer formation and higher resistance to the tribological test for the sample whose control includes positive and negative voltages.

Key words: PEO; Alkaline solution; Oxide coating; Tribology

1 INTRODUÇÃO

Metais leves, principalmente o alumínio, e suas ligas vêm ganhando grande espaço em diferentes frentes industriais, objetivando a diminuição do peso total do produto final juntamente com satisfatório desempenho de suas propriedades mecânicas. Porém, essas ligas possuem uso limitado em partes críticas da indústria aeronáutica e automobilística devido ao ainda baixo desempenho de suas superfícies em termos de resistência ao desgaste ⁽¹⁾.

Anodização Assistida por Plasma (PEO) é um processo derivado da anodização convencional para fornecer revestimentos de óxido cerâmico em ligas metálicas, comumente utilizado em metais leves e suas ligas (Al, Mg, Zr, Ti) ⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾. Os revestimentos obtidos pelo método PEO visam melhorar a resistência à corrosão ao desgaste ⁽⁵⁾, além de propriedades de proteção térmica e propriedades ópticas e biomédicas ⁽⁶⁾.

O processo PEO apresenta-se como uma das mais promissoras técnicas de modificação de superfícies devido à sua simples operação, relativo baixo investimento. Além disso, ao contrário dos métodos de anodização convencionais, emprega eletrólitos relativamente diluídos (eletrólitos geralmente alcalinos)⁽⁷⁾ que não são agressivos ao meio-ambiente e ao ser humano ⁽⁸⁾. Além destes fatores, o método PEO demonstra maior taxa de crescimento da camada de óxido cerâmico, alcançando maiores espessuras ⁽¹⁾.

O crescimento da camada de óxido cerâmico acontece no momento em que são fornecidos potenciais acima da tensão de ruptura dielétrica da camada de óxido do material⁽²⁾, gerando numerosas micro descargas (MDs) de curta duração⁽⁹⁾⁽²⁾ que ocorrem de maneira contínua na superfície da amostra. Tais descargas promovem temperaturas extremas, assim como a formação de pressão nos canais destas descargas, resultando em complexas transformações de fases e na produção de um

denso e resistente revestimento de óxido cerâmico com ótimas resistências a abrasão e corrosão⁽¹⁰⁾.

Neste trabalho, a liga de alumínio 2024-T3 foi submetida ao processo PEO empregando diferentes parâmetros operacionais, em solução alcalina de hidróxido de potássio (KOH) e metassilicato de sódio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), com objetivo de formação de camada protetiva de óxido cerâmico para resistência ao desgaste por abrasão. As propriedades tribológicas foram investigadas por ensaios de desgaste *ball-on plate*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas placas da liga de alumínio 2024-T3 com dimensões de 38,4 x 21, com espessura na ordem de 0,9 mm. As placas foram submetidas à preparação prévia, passando pelas lixas #400, #600, #800 e #1000. Logo após, foram polidas com alumina 1 μm .

O processo de PEO foi realizado em uma solução contendo hidróxido de potássio (KOH) e metassilicato de sódio pentahidratado ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) cujas concentrações utilizadas foram 1 g.L⁻¹ e 2 g.L⁻¹ ⁽¹⁾, respectivamente. O eletrólito apresentou seu pH de 12,5 e condutividade iônica de 6,4 Siemens. As amostras de alumínio, que foram utilizadas como eletrodo (ânodo), e um contra-eletrodo (cátodo) cilíndrico foram submersos na solução alcalina.

O processo foi realizado segundo parâmetros mostrados na Tabela 1, utilizando uma fonte de corrente contínua pulsada (FCCP 2400-80I), com controle de tensão e tensão máxima de 400V alcançada através da aplicação de 1V.s⁻¹. O ensaio foi mantido durante 30 minutos para todas as amostras.

Tabela 1. Parâmetros utilizados no processo PEO.

Parâmetros	Amostra A	Amostra B
Tensão (+/-)	400V / 0V	400V / 40V
f (Hz) ⁽¹⁾	500	500
Tp on (μs)	1000	1000
Tp off (μs)	1000	0
Tn on (μs)	0	1000
Tn off (μs)	0	0

Após o processo PEO, as amostras foram cortadas transversalmente, embutidas, lixadas nas ligas #400, #600, #800, #1000, #2400, #5000 e polidas com alumina 1 μm para visualização da camada de óxido formada durante o processo. Para isso utilizou-se um microscópio óptico ZEISS Axio Lab.A1.

Para mensurar a rugosidade do material, foi utilizado um rugosímetro de modelo Mitutoyo SJ-400. Os valores de “Ra” revelam a média entre as rugosidades apresentadas durante a análise. Já os valores “Rz” mostram as distâncias “pico-vale” presentes na amostra.

Para o ensaio de desgaste por abrasão utilizou-se um tribômetro UMT-2 da CETR/Bruker, e como contra-corpo esferas zircônia estabilizada com itria. Para o

ensaio de desgaste tempo total programado foi de 2 horas (7200s), com carga de 1N, frequência de 10 Hz e comprimento da trilha de 5mm.

Para o cálculo do volume desbastado da trilha formada no ensaio tribológico, foi seguida a norma ASTM G133-05⁽¹²⁾. As imagens das trilhas formadas foram obtidas utilizando um microscópio óptico ZEISS Axio Lab.A.1 e um microscópio óptico 3D BRUKER Contour GT para imagens tridimensionais do perfil da trilha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 (a) e (b) mostra os gráficos de densidade de “corrente x tempo” de processo. Como pode-se observar na Figura 2, a maior espessura de camada foi obtida para a amostra B, que foi aquela que desenvolveu maiores densidades de corrente, associando ainda a aplicação de potencial negativo.

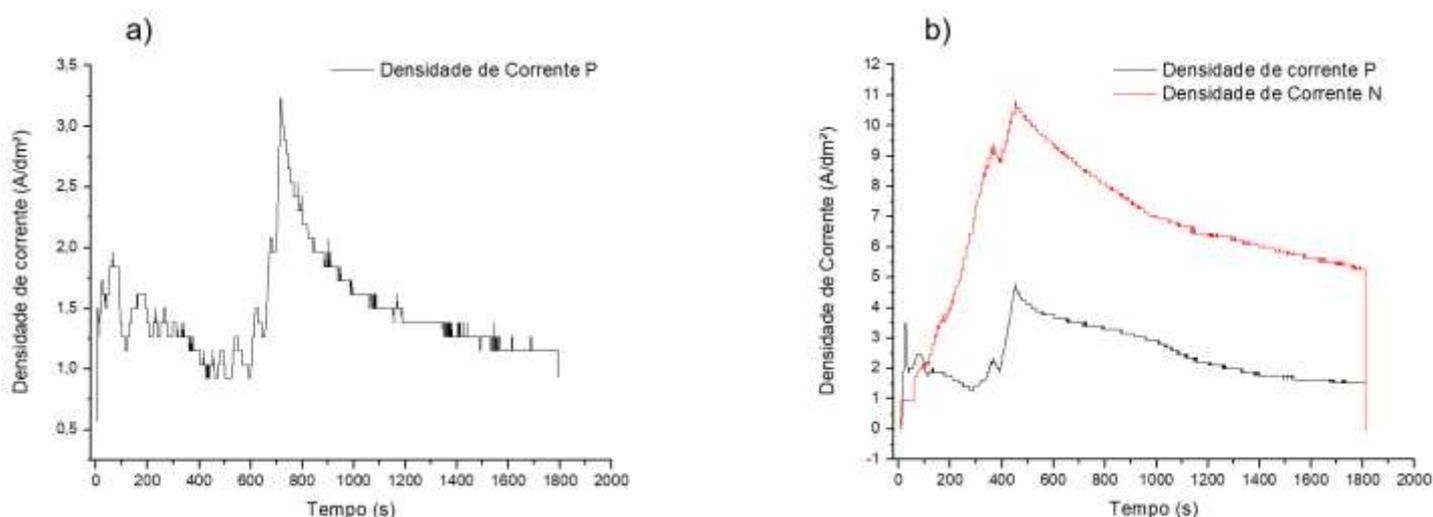


Figura 1. Densidades de corrente para Amostra A (a) e Amostra B (b). Densidade P corresponde a densidade positiva e densidade N negativa,

A Figura 2 (a) mostra a camada formada para a amostra A (1,2 μ m), com aplicação apenas de tensão positiva e com 50% de ciclo de carga. É possível observar a formação de uma camada menos espessa (comparativamente à amostra B) e com o surgimento das regiões denominadas de “panquecas”⁽¹⁾⁽¹¹⁾⁽⁸⁾. Esses “vazios” são comumente observados em revestimentos obtidos por PEO e são causados pelas fortes micro descargas elétricas aplicadas no material⁽¹⁾. Já na Figura 2 (b) é possível observar uma camada mais espessa para a amostra B (3,2 μ m), comparativamente à amostra B, com significativo aumento da rugosidade (Tabela 2) e de “vazios”. As respectivas rugosidades das amostras após o tratamento PEO podem ser vistas na Tabela 2.

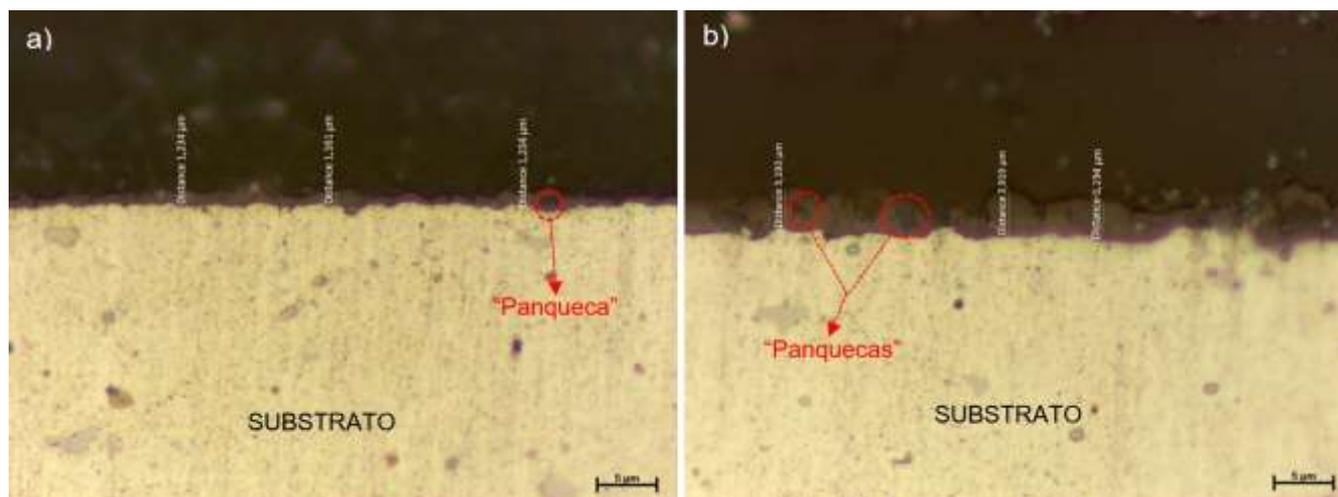


Figura 2. Imagens obtidas por microscopia óptica, das amostras A (a) e B (b).

Tabela 2. Rugosidades das amostras submetidas ao processo PEO.

Rugosidades	Amostra A	Amostra B
Ra (μm)	0,6	1,0
Rz (μm)	5,1	6,5

A Figura 3 (a) e (b) mostra os gráficos do coeficiente de atrito com o tempo, obtidos durante o ensaio de desgaste por abrasão. É possível observar um considerável aumento da resistência a ruptura da camada obtida para Amostra B (b), visto que resistiu à programação de duas horas de teste sem apresentar rompimento na camada superficial. Diferentemente da amostra B, a amostra A (a) apresentou ruptura entre os minutos 5 e 6 (300 e 360s) do ensaio, quando o teste foi então interrompido.

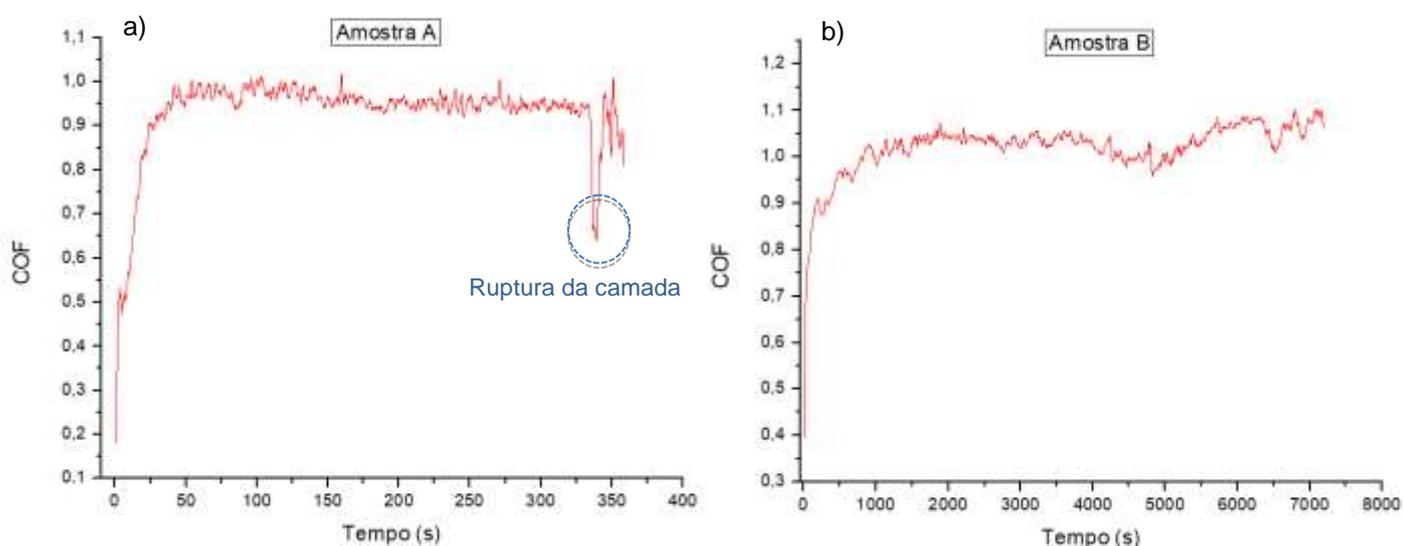


Figura 3. Gráficos dos ensaios tribológicos das amostras A (a) e B (b).

As Figuras 4 (a) e (b) e 5 (a) e (b) apresentam a diferença entre as duas trilhas após o ensaio de desgaste. Pode-se notar o mínimo volume desbastado da trilha da amostra B (cujo revestimento resistiu 2h de ensaio sem romper), comparativamente aquela formada na amostra A (cujo revestimento rompeu entre 300 e 360s).

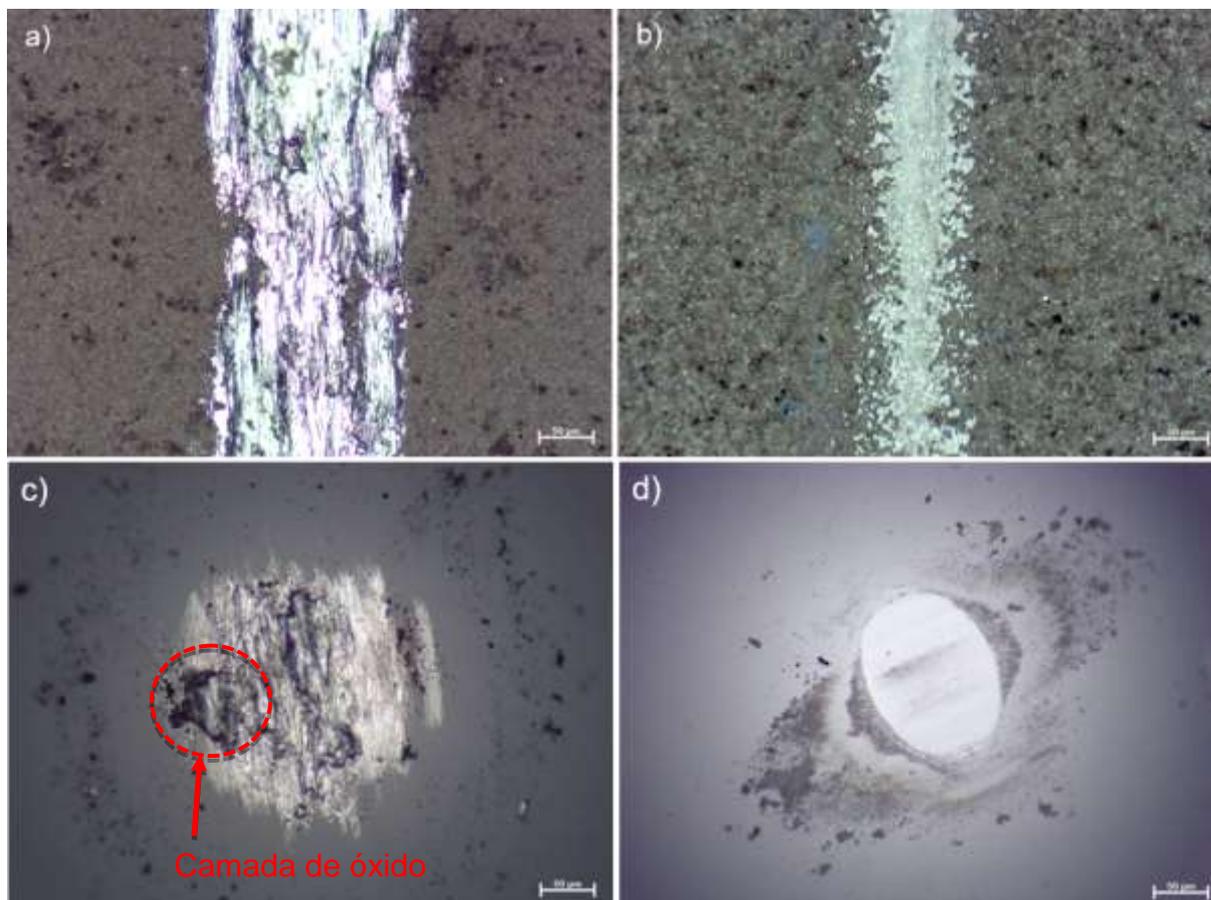


Figura 4. Imagens obtidas por M.O. da superfície das mostras (na região das trilhas de desgaste) das amostras A (a) e B(b) e das superfícies das esferas após ensaio tribológico nas amostras A (c) e B (d).

Na Figura 4 (c) e (d) pode-se observar a superfície das esferas utilizadas após o ensaio de desgaste, apontando partículas da camada de óxido que foram arrancadas durante teste da amostra A (a). A maior resistência ao desgaste obtida para a amostra B pode estar associada diretamente à camada mais espessa formada a partir dos parâmetros utilizados no processo PEO em que a amostra 2 foi submetida. Além disso, características do próprio revestimento podem ter sido alterados em função dos parâmetros de processo empregados.

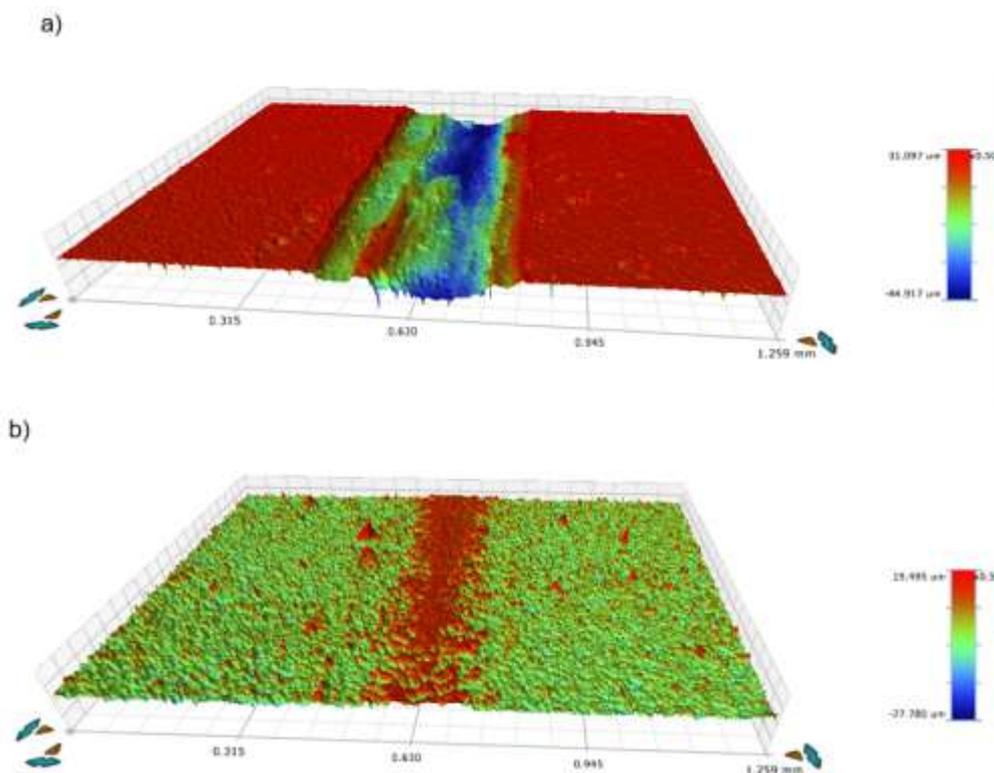


Figura 5. Perfis das trilhas das amostras A (a) e B (b) após ensaio tribológico.

Tabela 3. Volume desbastado após ensaio tribológico.

	Pontos	Área do desbaste (mm ²)	Volume de desbaste (mm ³)
Amostra A	P1	0,003	0,015
	P2	0,004	0,02
	P3	0,003	0,016
	Média	0,0033	0,017

A Tabela 3 mostra o valor médio dos volumes desbastados após ensaio tribológico realizado na amostra A. O mesmo não pôde ser feito para a amostra B, visto que não sofreu perda de material suficiente para cálculo do volume de desbaste, suportando ainda mais os resultados do ensaio e os resultados visuais de não ruptura da camada de óxido.

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho foram apresentados resultados dos revestimentos obtidos através do processo de PEO, com parâmetros diferentes, para duas amostras da liga de alumínio 2024-T3, visando melhorar as propriedades de resistência ao desgaste dessa liga.

Foi possível verificar um aumento da espessura da camada do revestimento formado quando aplicadas cargas negativas no processo, além do aumento do ciclo de carga para 100%. Pode-se concluir que o aumento da camada também proporcionou boa resistência ao desgaste para a amostra B, que resistiu duas horas

de ensaio de desgaste sem romper e não apresentou perda de material que justificasse o cálculo do volume de desbaste. Já a camada de revestimento da amostra A sofreu ruptura entre os minutos 5 e 6 de ensaio e apresentou perda de material, mostrando os efeitos dos parâmetros operacionais empregados no processo de PEO sobre as propriedades do revestimento obtido.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os mestrandos, doutorandos, pós-doutorandos e alunos de iniciação científica, além dos professores, do Laboratório de Pesquisa em Corrosão (LAPEC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

REFERÊNCIAS

- 1 MARTIN, J., NOMINÉ, A., NTOMPROUGKIDIS, V., MIGOT, S., BRUYÈRE, S., SOLDERA, F., BELMONTE, T., HENRION, G. Formation of a metastable nanostructured mullite during Plasma Electrolytic Oxidation of aluminium in “soft” regime condition. **Materials & Design**, v.180, n. 107977, 2019.
- 2 MARTIN, J., MELHEM, A., SHCHEDRINA, I., DUCHANOY, T., NOMINÉ, A., HENRION, G., CZERWIEC, T., BELMONTE, T. Effects of electrical parameters on plasma electrolytic oxidation of aluminium. **Surface and Coatings Technology**, v. 221, p. 70–76, 2013.
- 3 LIU, C., LIU, P., HUANG, Z., YAN, Q., GUO, R., LI, D., JIANG, G., SHEN, D. The correlation between the coating structure and the corrosion behavior of the plasma electrolytic oxidation coating on aluminum. **Surface and Coatings Technology**, v. 286, p. 223–230, 2016.
- 4 MARTIN, J., LEONE, P., NOMINÉ, A., VEYS-RENAUX, D., HENRION, G., BELMONTE, T. Influence of electrolyte ageing on the Plasma Electrolytic Oxidation of aluminium. **Surface and Coatings Technology, Special Issue on Plasma Electrolysis: Progress in Science, Technology and Applications of Electrolytic Plasma Surface Treatments and coatings**, v. 269, p. 36-46, 2015.
- 5 SOBOLEV, A., KOSSENKO, A., ZINIGRAD, M., BORODIANSKIY, K. Comparison of plasma electrolytic oxidation coatings on Al alloy created in aqueous solution and molten salt electrolytes. **Surface and Coatings Technology**, v. 344, p. 590–595, 2018.
- 6 JAVIDI, M., FADAEI, H. Plasma electrolytic oxidation of 2024-T3 aluminum alloy and investigation on microstructure and wear behavior. **Applied Surface Science**, v. 286, p. 212–219, 2013.
- 7 ROGOV, A.B., MATTHEWS, A., YEROKHIN, A. Role of cathodic current in plasma electrolytic oxidation of Al: A quantitative approach to in-situ evaluation of cathodically induced effects. **Electrochimica Acta**, v. 317, p. 221–231, 2019.
- 8 WU, Y., YANG, Z., WANG, R., WU, G., CHEN, D., WANG, D., LIU, X., LI, D., GUO, C., YU, S., SHEN, D., NASH, P. An investigation of microstructure evolution for plasma electrolytic oxidation (PEO) coated Al in an alkaline silicate electrolyte. **Surface and Coatings Technology**, v. 351, p. 136–152, 2018.
- 9 MARTIN, J., NOMINÉ, A., BROCHARD, F., BRIANÇON, J.-L., NOËL, C., BELMONTE, T., CZERWIEC, T., HENRION, G., 2017. Delay in micro-discharges appearance during PEO of Al: Evidence of a mechanism of charge accumulation at the electrolyte/oxide interface. **Applied Surface Science**, v. 410, p. 29–41, 2019.

- 10 LUGOVSKOY, A., ZINIGRAD, M., KOSSENKO, A., KAZANSKI, B. Production of ceramic layers on aluminum alloys by plasma electrolytic oxidation in alkaline silicate electrolytes. **Applied Surface Science**, v. 264, p. 743–747, 2013.
- 11 YANG, Z., WU, Y., ZHANG, X., WANG, D., LIU, X., WU, G., LI, D., YU, S., SHEN, D. An interesting anodic oxidation behavior of plasma electrolytic oxidation coatings fabricated on aluminum in alkaline phosphate electrolyte. **Surfaces and Interfaces**, v. 16, p. 199–205, 2019.
- 12 ASTM International (G133-05). Standart Test Method for Linearly Reciprocating Ball-on-Flat Wear, 2016.

REVESTIMENTOS CERÂMICOS PRODUZIDOS POR ANODIZAÇÃO ASSISTIDA POR PLASMA (PEO) EM Ti-6Al-4V

Bell, P.S.¹
Kerstner, E.K.²
de Castro, V.V.³
Krieger, D.⁴
Aguzzoli, C.⁵
Malfatti, C.F.⁶

- ¹ Mestrando em Eng. área de Ciência e Tecnologia dos Materiais, LAPEC/PPGE3M/UFRGS, pedro.bell@acad.pucrs.br
- ² Pós doutoranda em Eng. De Ciência e Tecnologia dos Materiais, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, estelakerstner@gmail.com
- ³ Doutorando em Eng. área de Ciência e Tecnologia dos Materiais, LAPEC/PPGE3M/UFRGS, victorvcastro87@gmail.com
- ⁴ Doutorando em Eng. área de Ciência e Tecnologia dos Materiais, LAPEC/PPGE3M/UFRGS, danielaugustokrieger.eng@gmail.com
- ⁵ Prof. Dr. Cesar Aguzzoli, LEST/PGMAT, Departamento de Materiais, UCS, caguzzol@ucs.br
- ⁶ Profa. Dra. Célia de Fraga Malfatti, LAPEC/PPGE3M, Departamento de Metalurgia, UFRGS, celia.malfatti@ufrgs.br

Resumo

Titânio e suas ligas estão sendo potencialmente utilizados em diversas áreas, como: biomédica, aeroespacial e aeronáutica. No entanto, a utilização destes materiais muitas vezes é limitada devido as suas propriedades tribológicas, o que tem tornado necessário à sua modificação superficial visando minimizar os efeitos provocados pelo desgaste e fricção. Para aplicação na área de biomateriais, a Anodização Assistida por Plasma (PEO) emerge como uma alternativa viável para a produção de revestimentos a partir da formação de uma camada cerâmica, que possui propriedades mecânicas promissoras, resistência a corrosão e comportamento de bioatividade. O presente trabalho tem por objetivo a obtenção de um revestimento pelo processo de PEO sobre a liga Ti-6Al-4V para aplicação na área biomédica. O revestimento PEO foi caracterizado por MEV/FEG e a resistência mecânica por ensaio de desgaste por abrasão. Os resultados obtidos mostraram que houve a formação de um revestimento PEO homogêneo por toda a superfície da amostra, que promoveu o aumento da resistência ao desgaste em relação a liga Ti6Al4V.

Palavras-chave: Anodização Assistida por Plasma (PEO), Ti-6Al-4V, Revestimentos, Tribológicas, Desgaste.

CERAMIC COATINGS PRODUCTS BY PLASMA ASSISTED ANODIZATION (PEO) ON Ti-6Al-4V

Abstract

Titanium and its alloys are potentially being used in many areas, such as biomedical, aerospace and aeronautics. However, the use of these materials is often limited due to their tribological properties, or what is required for their surface alteration that affects the effects of wear and friction. For application in the field of biomaterials, an Electrolytic Plasma Oxidation (PEO) appears as a viable alternative for the production of coatings from the formation of a ceramic, which has promising mechanical characteristics, corrosion resistance and bioactivity behavior. The present work aims to perform a PEO coating on Ti-6Al-4V alloy for application in the biomedical area. PEO coating was used by SEM / FEG and mechanical strength by abrasion wear test. The results obtained showed that a homogeneous PEO coating was formed for the whole surface of the sample, which increased the wear resistance on Ti6Al4V alloy.

Keys words: Plasma eletrotic oxidation (PEO), Ti-6Al-4V, Coatings, Tribological, Wear.

1 INTRODUÇÃO

Titânio e suas ligas têm sido vastamente utilizados como biomaterial, principalmente como substitutos ósseos nas áreas de medicina ortodôntica e ortopédica, devido a sua excelente biocompatibilidade, alta resistência a corrosão e sua combinação de alta resistência em relação ao seu peso, são amplamente utilizados em diversas áreas. Contudo, as propriedades tribológicas e de bioatividade desses materiais não são suficientes para favorecer o processo de osteointegração quando aplicado na área de regeneração residual. Visando a prevenção do desgaste adesivo e dos altos coeficientes de fricção, vários métodos de tratamento superficial tem sido utilizados, tais como: nitretação a plasma(1), eletrodeposição, spray de plasma(2), etc (3),(4).

A liga Ti-6Al-4V possui alta biocompatibilidade, contudo, demonstra baixa bioatividade superficial e pequena taxa de crescimento de células. Revestimentos biocerâmicos como silicatos de cálcio e hidroxiapatita aumentam as propriedades biológicas e anticorrosivas de implantes metálicos, inclusive da liga Ti-6Al-4V (2). É fundamental, para revestimentos biomédicos, estabilidade térmica e química, levando em consideração a taxa de dissolução do revestimento nos fluidos corporais e a adesão do revestimento no implante (5).

A Anodização Assistida por Plasma (PEO) é um processo eletroquímico inovador, derivado da anodização convencional. Este método é baseado na aplicação de micro-descargas de alta tensão, que promovem a formação de plasma na superfície de um eletrodo (amostra) imerso em um eletrólito (3), (6).

Os revestimentos PEO sobre Ti e suas ligas, podem ser obtidos a partir de uma camada de conversão cerâmica à base de óxido de titânio, contendo elementos bioativos como cálcio e fosforo, que pela similaridade com a

composição do tecido ósseo, favorece as propriedades mecânicas, de bioatividade e anticorrosivas de implantes metálicos (2). Além disso, é fundamental, para revestimentos biomédicos, a estabilidade térmica e química, considerando a taxa de dissolução do revestimento em fluidos corporais e a adesão do revestimento sobre o substrato metálico (7).

Este trabalho teve como objetivo a obtenção de um revestimento cerâmico pelo processo PEO sobre a superfície da liga Ti-6Al-4V. Os revestimentos obtidos foram caracterizados quanto à morfologia e à resistência ao desgaste por abrasão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Utilizou-se placas da liga Ti-6Al-4V, de 0,8 mm de espessura, com dimensões de 1,5 x 1,5 cm². As amostras foram lixadas com lixas de carbetto de silício de gramatura de #220, #400, #600, #800, #1000 e #1200. Posteriormente, as amostras foram limpas em banho ultrassônica, em três etapas: banho com água deionizada e sabão, seguido de banho em acetona e, por fim, banho em álcool etílico 95%, com duração de 10 minutos cada etapa.

O processo de PEO foi realizado utilizando uma célula eletrolítica composta pela placa, de Ti-6Al-4V, conectada ao anodo da fonte de corrente contínua pulsada (FCCP 2400-80I). A amostra foi posicionada no centro de um Becker, como cátodo, empregou-se uma tela de aço inoxidável, e como um eletrólito utilizou-se solução composta por acetato de cálcio monohidratado (C₄H₆CaO₄) e fosfato tribásico dodecahidratado (Na₃PO₄). Foi empregada uma tensão final de 200V para a formação dos revestimentos. A rampa aplicada no processo foi de 1 V.s⁻¹ e frequência de 300 Hz. O controle do tempo foi realizado após se atingir a tensão de 200V, mantendo-se nessa tensão por 10 minutos.

A morfologia dos revestimentos, antes e depois do ensaio de desgaste foi analisada em um microscópio óptico ZEISS Axio Lab.A1, e em microscópio de varredura de alta resolução (MEV/FEG) TESCAN Mira3.

Os ensaios de resistência ao desgaste foram realizados em um tribômetro UMT-2 da CETR/Bruker, usando a configuração do tipo “*ball on plate*”, utilizando esferas de zircônio estabilizadas com ítria. Os parâmetros utilizados no ensaio são apresentados na Tabela 1. Todos os ensaios foram levados até o rompimento do revestimento, com exceção ao efetuado no substrato nu, de Ti-6Al-4V, que ocorreu em um intervalo de tempo de 3600s.

As rugosidades micrométricas do substrato revestido e não revestido, foram analisadas em um perfilometro (Modelo 112, Taylor Hobson).

Tabela 1. Parâmetros empregados no ensaio de desgaste por abrasão.

Força (N)	1
Frequência (Hz)	1
Tempo (s)	14.400

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a morfologia do revestimento obtido pelo processo de PEO e do substrato não revestido. É possível observar que o revestimento obtido apresentou cobertura homogênea sobre toda a superfície analisada, além de alta porosidade superficial. A espessura do revestimento foi determinada por meio de análises de MEV, a espessura aferida foi de 1 μm , apresentado na Figura 4. Além disso, é possível constatar que o revestimento aderiu completamente à superfície do substrato.

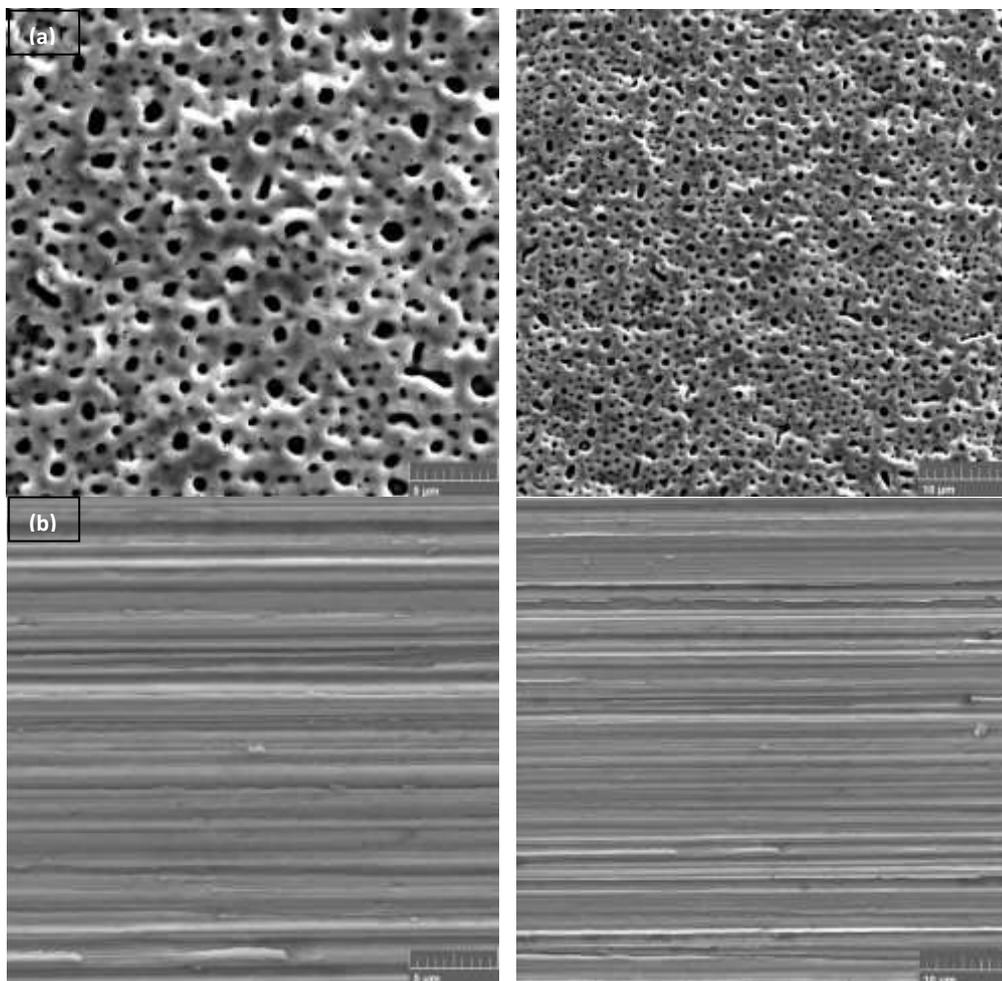


Figura 1. (a) MEV do substrato revestido gerado a partir do processo de PEO e (b) MEV do substrato não revestido de Ti-6Al-4V, em 10.000x e 5.000x respectivamente.

A Figura 2 apresenta a análise de EDS do revestimento. Esta apresenta picos referentes ao cálcio, ao fósforo e ao sódio, todos provenientes do eletrólito utilizado. A grande porcentagem de oxigênio presente confirma que o revestimento é constituído de óxidos de composição mista, levando em consideração a interação entre o eletrólito e o substrato durante o processo PEO.

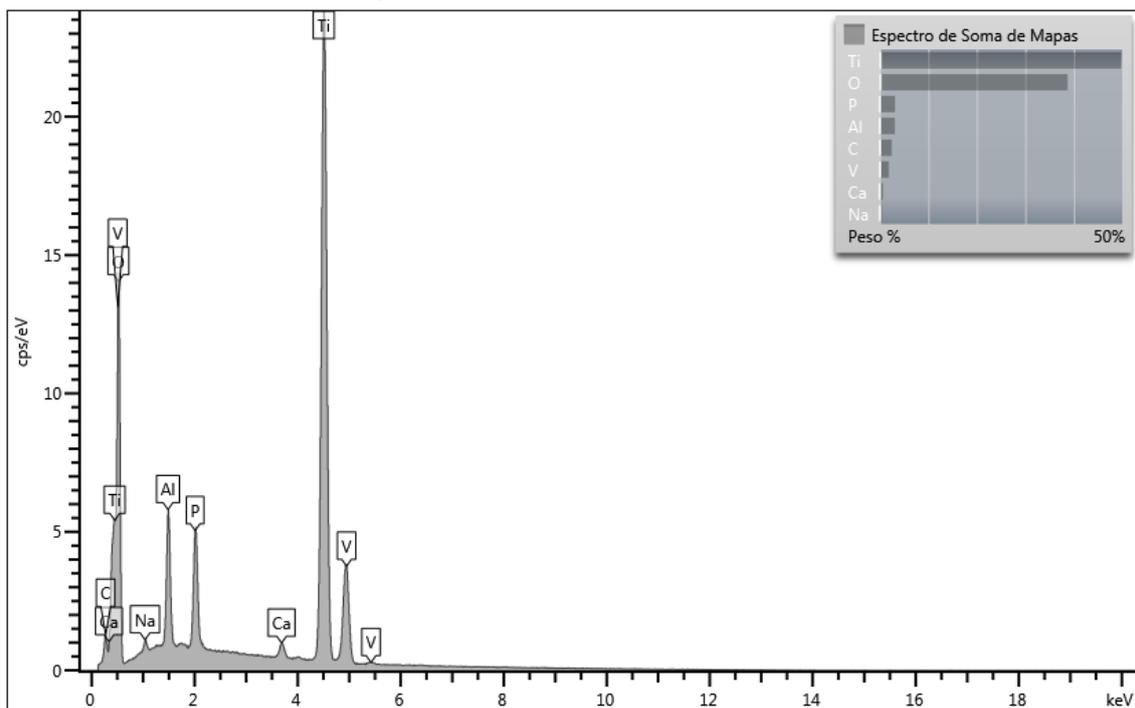


Figura 2. EDS do revestimento gerado a partir do processo de PEO, com seu respectivo espectro de EDS.

Os perfis de superfície do substrato revestido e não revestido são apresentados na Figura 3. Esta, em conjunto com a Tabela 2, possibilitam verificar que a rugosidade tem um aumento com a formação do revestimento sobre a superfície do substrato. Essa maior rugosidade acarreta em um maior coeficiente de atrito inicialmente, diminuindo posteriormente até se tornar

constante. O revestimento evita o contato plástico, como ocorre no substrato sem revestimento, fazendo com que o coeficiente de atrito seja reduzido.

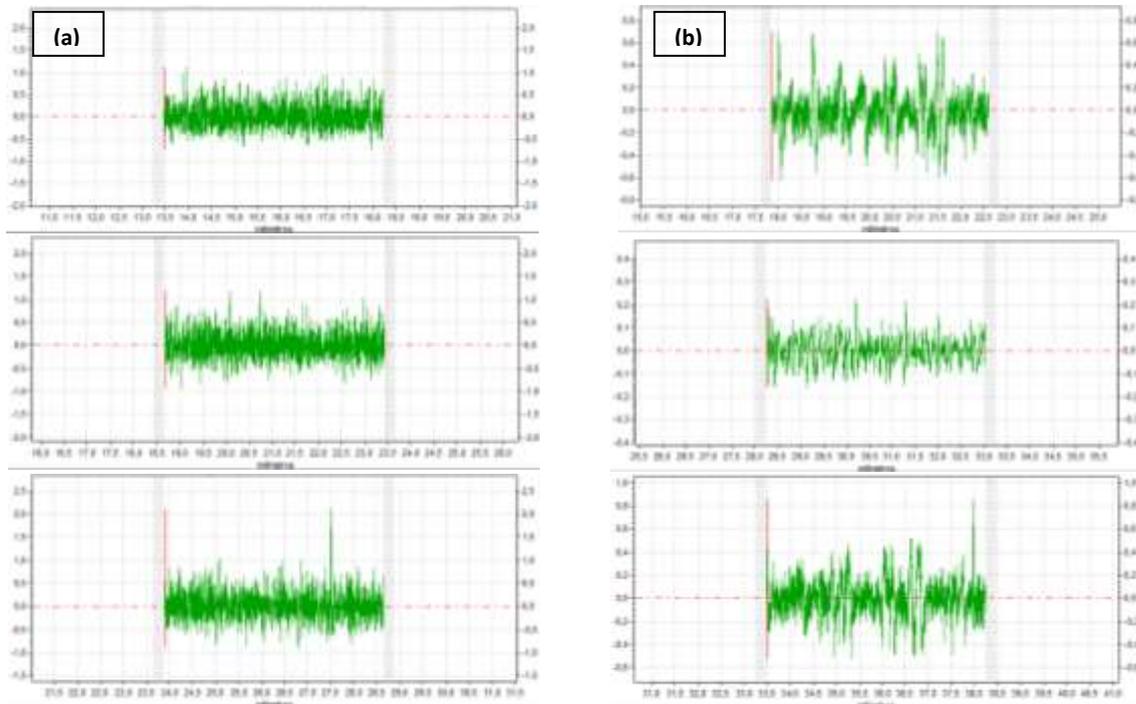


Figura 3. Interferometria da superfície do substrato de Ti-6Al-4V, revestido e não revestido.

Tabela 2. Rugosidades média e máxima das amostras revestidas e não revestidas.

PEO 200V	Ra (μm)	Rz (μm)	Ti-6Al-4V	Ra (μm)	Rz (μm)
Média	0,20	1,44	Média	0,10	0,61
Desv. Padrão	$\pm 0,01$	$\pm 0,11$	Desv. Padrão	$\pm 0,05$	$\pm 0,31$

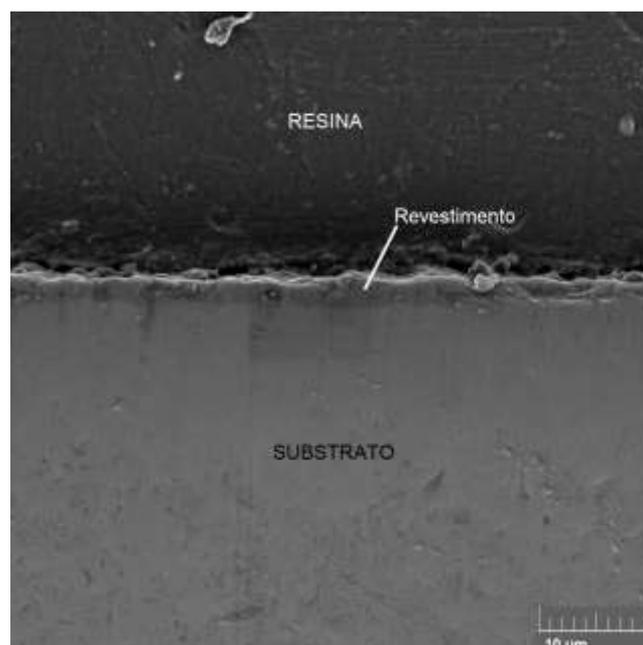


Figura 4. MEV do corte transversal da amostra obtida por PEO.

A Figura 5 apresenta o monitoramento do coeficiente de atrito com o tempo de desgaste. Comparativamente ao substrato metálico não revestido, pode-se observar a partir de 4000s que a presença do revestimento diminui o coeficiente de atrito de 0,8 para 0,7, e nos primeiros momentos do desgaste para ainda menos do que isso. Observou-se também a ruptura do revestimento obtido por PEO em aproximadamente 2 horas e 50 minutos, o que é evidenciado pela diminuição do coeficiente de atrito de $\mu = 0,7$ para ordem de $\mu = 0,4$, com ampla oscilação, depois disso, devido possivelmente, a presença de terceiro corpo formado por partículas originadas da quebra do revestimento.

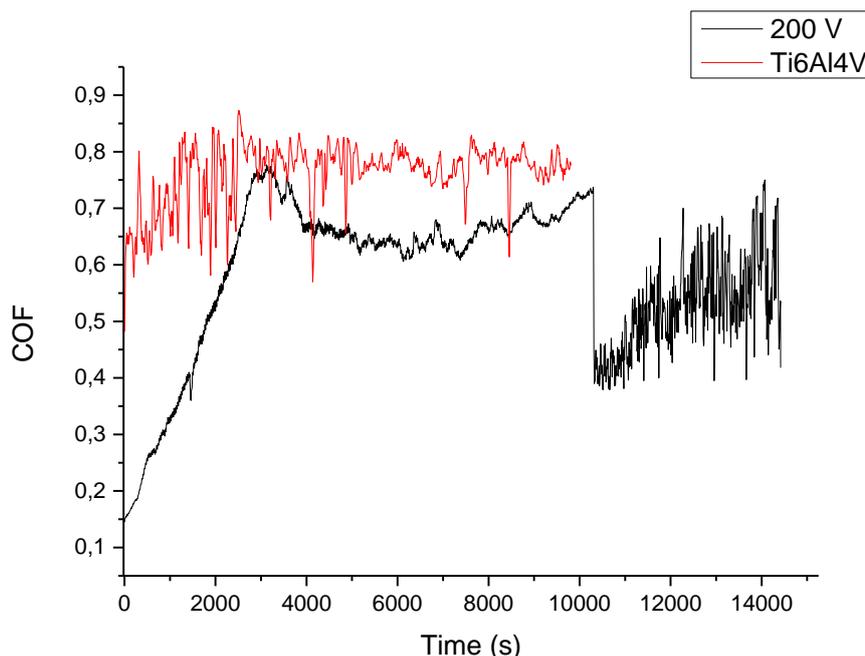


Figura 5. Curvas de desgaste da amostra obtida por PEO e do substrato de Ti-6Al-4V.

As Figuras 6 e 7 apresentam as imagens obtidas em microscópio óptico e MEV, respectivamente, das esferas e da trilha, após desgaste do revestimento obtido por PEO. As imagens, associadas à análise do coeficiente de atrito e conhecimento das características do par tribológico esfera/superfície possibilitam a identificação dos mecanismos predominantes de desgaste. A instabilidade do coeficiente de atrito (Figura 5) e a presença do revestimento aderido na esfera (Figura 8) indicam que o mecanismo predominante de desgaste foi adesivo. No entanto, além desse mecanismo de desgaste, também ocorre o desgaste abrasivo, devido a diferença de dureza entre as duas superfícies, gerando uma raspagem de parte do revestimento (8-9).

As imagens de EDS realizadas após o ensaio de desgaste pin-on-plate, apresentadas na Figura 8, mostram que houve a transferência de partículas provenientes do revestimento para a esfera, tais como: titânio, vanádio e alumínio. Assim como o inverso, havendo picos referentes à zircônia na análise de EDS da trilha desgastada na superfície do revestimento. O que consolida a tese da ocorrência de desgaste adesivo durante o ensaio de desgaste.

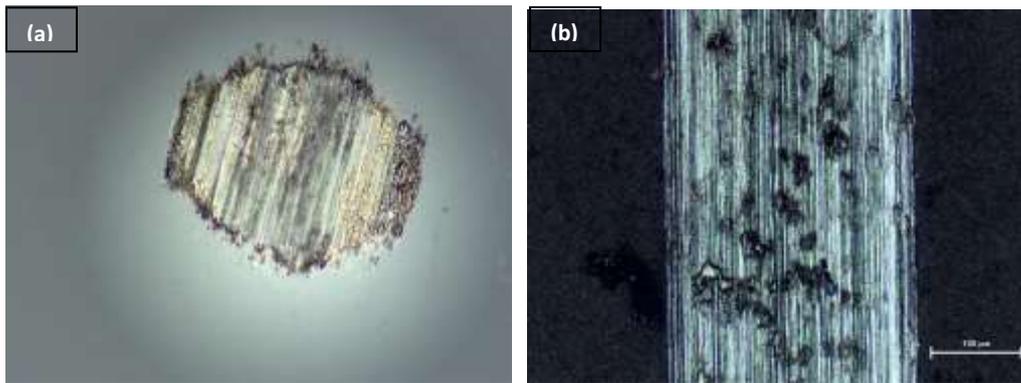


Figura 6. Imagens de microscópio óptico: (a) superfície da esfera de zircônio estabilizada com ítria e (b) trilha desgastada na superfície do revestimento.

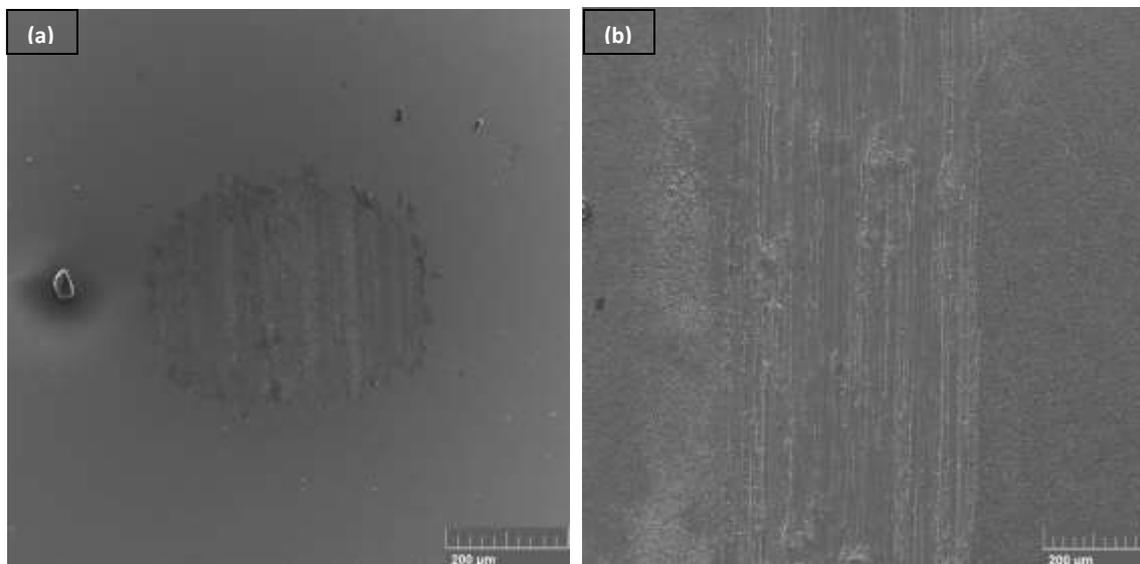
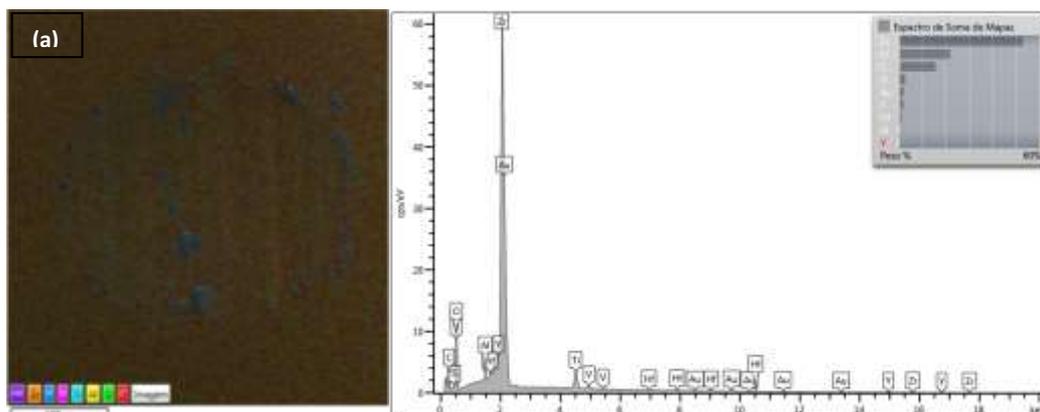


Figura 7. Imagens de MEV: (a) superfície da esfera de zircônio estabilizada com ítria e (b) trilha desgastada na superfície do revestimento.



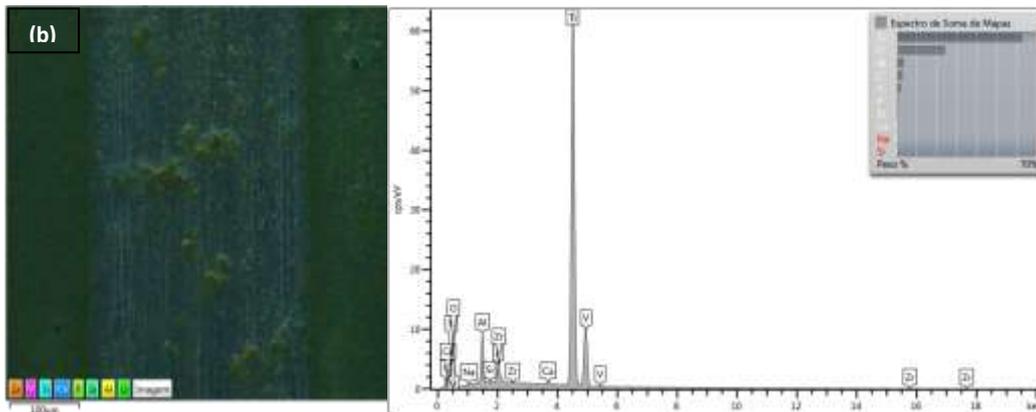


Figura 8. Análises de EDS: (a) superfície da esfera de zircônio estabilizada com ítria e (b) trilha desgastada na superfície do revestimento.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos neste trabalho é possível concluir que: o processo PEO é um método eficaz para a obtenção de revestimentos cerâmicos sobre a liga Ti-6Al-4V, apresentando morfologia homogênea e com alta porosidade, com espessura de aproximadamente 1 μm sobre o substrato metálico da liga Ti-6Al-4V.

Verificou-se que a presença do revestimento PEO provocou uma diminuição do coeficiente de atrito do sistema em relação ao substrato não revestido. Contudo, o revestimento, nas condições estudadas de desgaste abrasivo, após 2 horas e 52 minutos de desgaste, tendo sido observado o desgaste erosivo e adesivo como mecanismos predominantes de desgaste.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do governo brasileiro voltada à formação de Recursos Humanos, com apoio do CNPq e CAPES – PROEX (Processo 23038.000341/2019-71).

REFERÊNCIAS

- 1 PFLEGING, Wilhelm *et al*, Laser surface textured titanium alloy (Ti-6Al-4V): Part 1 – Surface characterization, **Applied Surface Science**, v. 355, p. 104–111, 2015.
- 2 MALEKI-GHALEH, Hossein *et al*, Effect of Tricalcium Magnesium Silicate Coating on the Electrochemical and Biological Behavior of Ti-6Al-4V Alloys, **PLOS ONE**, v. 10, n. 9, p. e0138454, 2015.
- 3 MORTAZAVI, Golsa; JIANG, Jiechao; MELETIS, Efsthios I., Investigation of the plasma electrolytic oxidation mechanism of titanium, **Applied Surface Science**, v. 488, p. 370–382, 2019.

4 HAN, Jun-xiang *et al*, The black and white coatings on Ti-6Al-4V alloy or pure titanium by plasma electrolytic oxidation in concentrated silicate electrolyte, **Applied Surface Science**, v. 428, p. 684–697, 2018.

5 BELTRÁN-PARTIDA, Ernesto *et al*, Improved Osteoblast and Chondrocyte Adhesion and Viability by Surface-Modified Ti6Al4V Alloy with Anodized TiO₂ Nanotubes Using a Super-Oxidative Solution, **Materials**, v. 8, n. 3, p. 867–883, 2015.

6 **Plasma electrolytic oxidation coatings with particle additions – A review | Elsevier Enhanced Reader**, disponível em: <<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S025789721630809X?token=9F311833F761A1A9CD7B6C85317CC2C6F539EEEDD02B1AC1BF1F5A6D3ADC4C64C6557F1D3D778F92124655E0083FAB41>>, acesso em: 21 ago. 2018.

7 BELTRÁN-PARTIDA, Ernesto *et al*, Improved Osteoblast and Chondrocyte Adhesion and Viability by Surface-Modified Ti6Al4V Alloy with Anodized TiO₂ Nanotubes Using a Super-Oxidative Solution, **Materials**, v. 8, n. 3, p. 867–883, 2015.

8 GARBACZ, Halina; MOTYKA, Maciej, Tribology, *in*: **Nanocrystalline Titanium**, [s.l.]: Elsevier, 2019, p. 193–208.

9 SETHURAMIAH, A.; KUMAR, Rajesh, Tribology in Perspective, *in*: **Modeling of Chemical Wear**, [s.l.]: Elsevier, 2016, p. 1–23.

ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO DE FALHA EM PRATO DE ENCOSTO DE LIGA MPIF-FC0208

Peixoto, P. H.¹
Nascimento, T. S.²
Pereira L.³
Amaral, R. F.⁴
Barcellos, V. K.⁵

- ¹ Graduando Eng. Metalúrgica, Pedro Henrique Peixoto, UFRGS, pedro.peixoto@ufrgs.br.
² Tecnólogo Proc. Metalúrgicos, Tulio S. Nascimento, UFRGS, tulio.nascimento@ufrgs.br.
³ Eng. Metalurgista, Leonardo Pereira, LAFUN-UFRGS, leonardo.pereira@ufrgs.br.
⁴ Mestre em Eng. Metalúrgica, Regis Fabiano do Amaral, LAFUN-UFRGS, regis.amaral@ufrgs.br.
⁵ Prof. Dr. Vinicius Karlinski de Barcellos, LAFUN-UFRGS, vinicius.karlinski@ufrgs.br.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

O prato de encosto, componente do grupo rotativo da bomba hidráulica de direção, tem como função primária carregar o fluido hidráulico para interior da mesma e descarregar para o reservatório. O objetivo deste trabalho é caracterizar a falha e a evolução da trinca gerada na peça. O defeito era detectado somente no processo de montagem e teste da bomba hidráulica, onde ocorria ruptura. Realizou-se análises metalográfica macro e microestrutural, por microscopia óptica eletrônica de varredura, ensaio de dureza e líquido penetrante na região da trinca. Os resultados mostram que o material atendia as especificações do produto. Por meio da análise efetuada foi possível identificar alinhamento de porosidades. Este defeito advém do processo de sinterização na etapa de compactação "in verde". Durante a extração da matriz, ocorria a formação de trinca, que quando submetido a carga de trabalho.

Palavras-chave: Metalurgia do pó; Compactação; Teste; Trinca.

Abstract

The thrust plate, which is part of the hydraulic steering pump rotary assembly, has as its primary function to load the hydraulic fluid inside it and to discharge it into the reservoir. The objective of this work is to characterize a failure and an evolution of the crack generated in the piece. The defect was detected only in the hydraulic pump assembly and testing process, where rupture occurred. Macro and microstructural metallographic analyzes were performed by scanning electron microscopy, hardness test and penetrating liquid in the crack region. The results of the material met as product specifications. Through the analysis performed it was possible to identify porosity alignment. This is an advocate of the process of sintering in the "green" compaction stage. During a matrix extraction, cracking occurred, which when subjected to workload.

Key words: Powder metallurgy; Compaction; Test; Crack

1 INTRODUÇÃO

O mercado de componentes fabricados pela metalurgia do pó tem crescido nos últimos anos. Essa constante expansão pode ser atribuída a alguns fatores, tais como: a melhoria da matéria-prima e das técnicas de processamento resultando em componentes com acréscimo de qualidade, bem como melhoria nas propriedades mecânicas ⁽¹⁾.

A produção de peças pequenas com alta complexidade de formas, utilizando a técnica de sinterização pelo processo de metalurgia do pó, tem tornando-se altamente competitivo no mercado industrial. Este processo tem como característica produção em grande escala, excelente reprodutibilidade e baixo impacto ao meio ambiente, pois emite uma quantidade mínima de resíduos sólidos ⁽²⁾.

As reduzidas operações na produção do componente e a otimização na utilização da matéria prima são fatores econômicos que favorecem a utilização da metalurgia do pó em larga escala ⁽³⁾.

As etapas neste processo são: mistura, compactação e sinterização. Primeiramente o material é separado e misturado. Após os pós são compactados no interior da matriz, que contem a forma do componente a ser produzido. Por fim os materiais são submetidos a um tratamento térmico, abaixo do ponto de fusão da liga utilizada, com temperatura e atmosfera controlada, para que haja a sinterização do material, sendo a etapa mais importante, pois vai conferir resistência mecânica ao produto⁽²⁾. A figura 1 demonstra esquematicamente as etapas de produção pelo processo de metalurgia do pó.

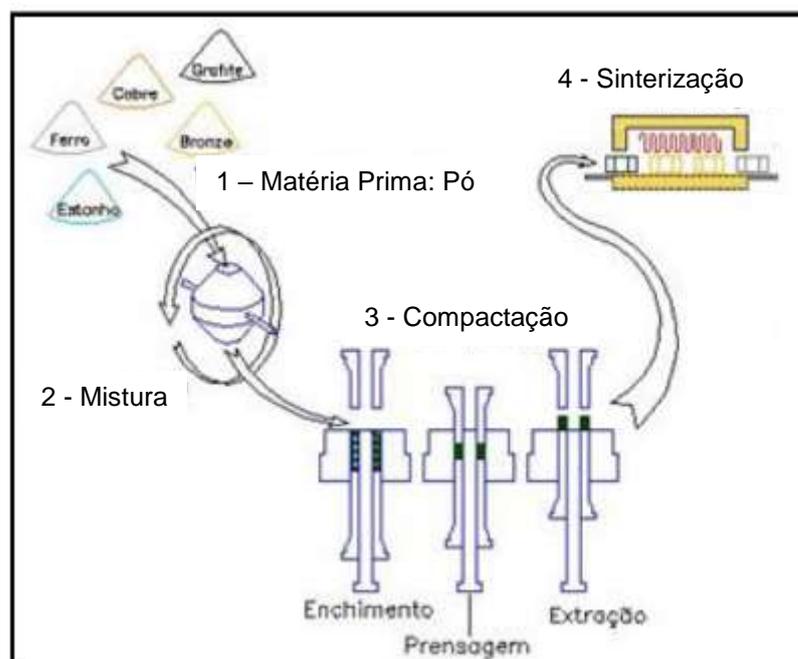


Figura 1. Representação esquemática da produção por metalurgia do pó. Fonte: Qualisinter⁽⁴⁾

A compactação consiste em aplicar pressão de 150 a 900Mpa sobre a mistura em pó, consolidando o material na forma desejada, definida na matriz ⁽⁵⁾.

Após a compactação, os componentes são sinterizados. Esta etapa consiste no aquecimento do compactado verde a temperaturas elevadas, porém abaixo do ponto de fusão do principal metal constituinte da mistura. O tratamento térmico visa o coalescência das partículas, e melhores propriedades químicas e mecânicas do material. ⁽⁶⁾.

A porosidade na metalurgia do pó é determinada pela norma ISO 4505⁽⁷⁾. A norma classifica a porosidade em função do tamanho dos poros, através de comparação com o padrão que esta definido da seguinte forma: A02 a A08 microporo até 10 µm; B02 até B08 macroporo de 10 a 25 µm; C02 a C08 poros maiores que 25 µm⁽⁸⁾.

O ensaio por líquido penetrante é utilizado para revelar descontinuidades superficiais em materiais em geral. O ensaio fundamenta-se na ação da capilaridade, ou seja, o poder de penetração em micro descontinuidades ou cavidades devido a suas características físico-químicas como a tensão superficial ⁽⁹⁾.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Bombas que apresentaram inconformidades durante testes de montagem, foram analisadas, permitindo a identificação do componente defeituoso.

Para identificação da causa raiz do problema apresentado pelo componente em uso, cuja liga é a MPIF-FC 208, realizou-se medidas de dureza e densidade, análise da microestrutura e avaliação de sanidade do componente.

Mediu-se a dureza de 30 componentes, conforme determina a norma NBR/ISO 6508-1⁽¹⁰⁾. A densidade aparente foi medida em 20 componentes, conforme ASTM B311-17⁽¹¹⁾. O objetivo destes dois ensaios foi verificar se as propriedades do material se encontravam de acordo com o especificado no projeto do componente.

A fim de identificar e caracterizar o defeito dos componentes utilizou-se técnicas de microscopia óptica, microscopia eletrônica de varredura e ensaio não destrutivo por líquido penetrante.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de dureza apresentou os resultados e desvio padrão conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Resultado do ensaio de dureza.

Peças	Especificado (HRB)	Encontrado (HRB)
1 - 30	65,0 (min.)	89,6 (±1,2)

O ensaio de densidade apresentou os resultados e desvio padrão conforme descrito na tabela 2.

Tabela 2. Resultado do ensaio de densidade.

Peças	Especificado (g/cm³)	Encontrado (g/cm³)
1 - 20	7,00 (mín.)	7,06 (±0,03)

Assim conforme consta nos projetos de sinterizados para estão aplicabilidade de peças, as mesmas apresentavam características de dureza e densidade conforme o proposto em projeto.

A análise por microscopia ótica nos indica matriz caraterística de material sinterizado, como se observa na figura 2. Não identificou-se nenhuma anormalidade microestrutural que justificasse uma ruptura catastrófica ou crescimento de trincas.

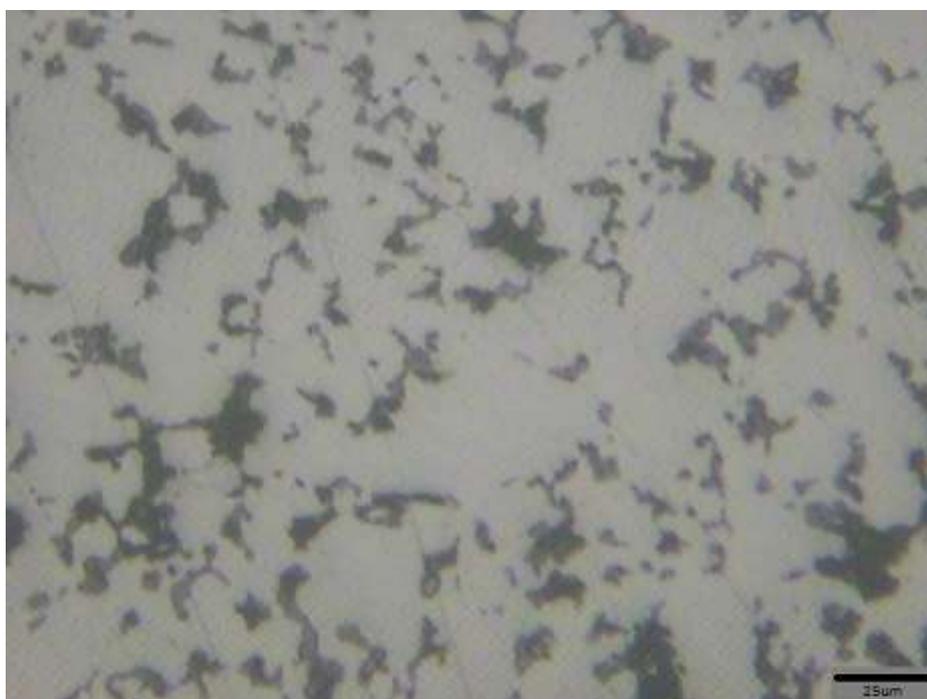


Figura 2. Análise microestrutural, mostrando matriz ferrítica com micro cavidades impregnadas de fosfato de manganês.

Ao testar o conjunto da bomba hidráulica, esta apresentava falha durante a construção de pressão no seu interior, ao desmontar foi possível detectar que um de seus componentes apresentava trinca e em alguns casos fratura completa.

Quando o componente em questão foi submetido ao ensaio por líquido penetrante, identificou-se a presença de uma micro trinca no material sinterizado, conforme figura 3.



Figura 3. Peça apresentando defeito

Sendo assim analisou-se peças antes da etapa de montagem, para conseguir relacionar o defeito com a causa raiz oriunda do processo de fabricação. Através de microscopia óptica foi possível identificar regiões com alinhamento de porosidades, sendo este o principal defeito encontrado nos materiais sinterizados^(12, 13), conforme mostra figura 4.

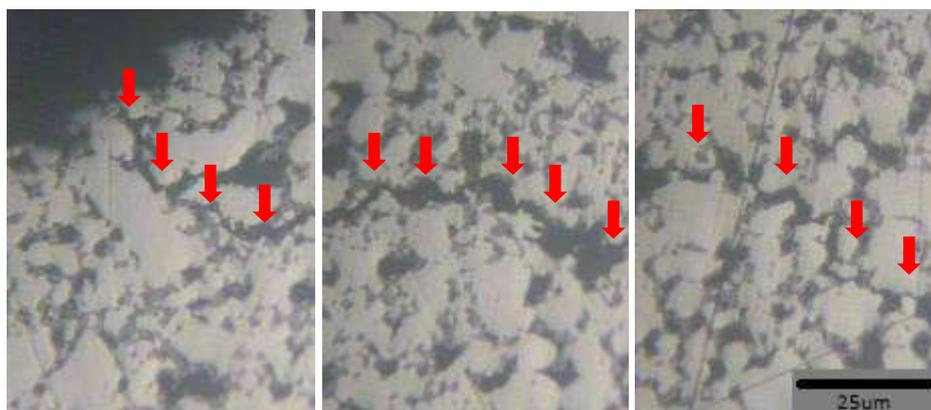


Figura 4. Caracterização do alinhamento de porosidades gerando a trinca no material

Ficando mais evidente na caracterização por microscopia eletrônica de varredura a formação de micro porosidades⁽¹⁴⁾, que nesta região foram responsáveis pela formação das trincas e a ruptura do componente, , conforme mostra figura 5.

A identificação da região em que ocorria a formação de trinca, o que levava a sua formação e o acompanhamento do processo de produção do fornecedor, foi fundamental para solucionar o problema. No processo de fabricação durante a etapa de compactação, identificou-se que um pino que realiza a extração do compactado da matriz, ficava localizado justamente na região que existia alinhamento de porosidades e trinca.

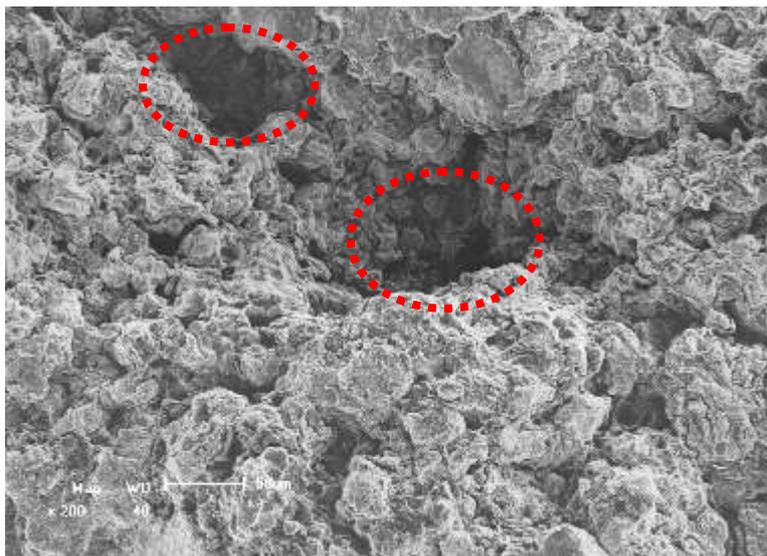


Figura 5. Porosidades evidenciadas na região de ruptura do componente detectadas por microscopia de varredura

4 CONCLUSÃO

Nesse trabalho realizou-se a caracterização da falha e a evolução da trinca gerada em um componente de bomba hidráulica. As principais conclusões são:

- A dureza, a densidade e a microestrutura estavam de acordo com as especificações requeridas pelo projeto;
- O ensaio de líquido penetrante indicou a presença de micro trincas no componente, que foram confirmadas com a microscopia óptica e eletrônica, salientando o alinhamento de porosidades;
- As porosidades originaram-se na etapa de compactação, devido ao esforço excessivo de um pino extrator na matriz no compactado “*in verde*”, ou seja antes da sinterização

Agradecimentos

Os autores agradecem ao LAFUN e a Escola de Engenharia da UFRGS, pelo uso dos laboratórios e da infraestrutura da universidade. Agradecem também ao CNPq e a CAPES pelo apoio financeiro e investimento na área de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 GALIOTTO, A. Estudo da sinterabilidade de materiais ferrosos contendo elevados teores de sulfeto como aditivos, Dissertação, UFSC, 2005.
- 2 CHIAVERINI, V. Metalurgia do pó. São Paulo, Brasil: Associação Brasileira de Metalurgia e materiais - ABM, 4ª Edição, 2001.
- 3 MORO, N., AURAS, A.P. Metalurgia do pó e o future da indústria. CEFET/SC, Curso Técnico de Mecânica Industrial, (2007) 28.
- 4 QUALISINTER produtos sinterizados, 2011
- 5 SEVER, S. Introduction to powder metallurgy, “ Constantin Brâncuși” University, Engineering Faculty University’s day. 8th international Conference. P 24 -26, 2002
- 6 MARTINS, Vinicius. Estudo das propriedades mecânicas dos compostos WC-6Co, WC-10Co, WC-20Co, WC-6Co-6Ni, WC-6Co-12Ni obtidos por metalurgia do pó convencional para aplicação em anéis de selos mecânicos. Dissertação, UFRGS, 2010.
- 7 ISO 4505:1978, Hardmetals — Metallographic determination of porosity and uncombined carbon
- 8 ANDREUCCI, Ricardo. Líquidos penetrantes. Abende, 2013.
- 9 KOLASKA, H.; GREWE, H.; Metallkundliche Analysen und Leistungsverhalten. Pulvermetallurgie der hartmetalle, FPM Kapitel 11, 1992.
- 10 NBR/ISO 6508-1 Materiais metálicos – Ensaio de dureza Rockwell
- 11 ASTM B311-17 Standard test method for density of powder metallurgy (PM) Materials Containing less than two percent porosity, 2017
- 12 TALLAFUSS, P. ; JOHNSTON, J. Defects, causes and prevention controls in the continuous bronze/steel bimetal strip sintering process, Engineering Failure Analysis, 2018, p 32 – 43.
- 13 OGUNBIYI, O.F. et al. Influence of sintering temperature on microstructural evolution of spark plasma sintered Inconel738LC, Procedia Manufacturing 35, 2019, p1152–1157.
- 14 SONG J. et al; Compaction behavior of bimodal iron nanopowder agglomerate, Powder Technology 338 , 2018, p333–341

CENÁRIO DE SINALIZAÇÃO DE IDENTIFICAÇÃO DAS PORTAS DO IFSUL/SAPUCAIA

de Souza, R. R.¹
Calcagno, C. I. W.²

¹ Engenheira Mecânica, Raquel Rosa de Souza, IFSUL, raquelrosadesouza@hotmail.com.

² Dr. Ciência dos Materiais, Carmen Iara Walter, IFSUL, carmen@sapucaia.ifsul.edu.br

Resumo

Placas de identificação são dispositivos do sistema de sinalização que auxiliam na acessibilidade espacial. Além de identificar o local, elas transmitem a sua função e comunicam as interações espaciais que ocorrem. Para assegurar a interação do público com o meio, esta sinalização deve possuir um design universal. Deste modo, segundo normativas existentes, estas devem empregar no mínimo dois sentidos de comunicação. Em uma visualização rápida pelo IFSUL/Sapuçaia (Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus Sapuçaia do Sul) é possível identificar que nem todas as placas possuem os elementos necessários. Deste modo, a fim de poder desenvolver uma configuração e um produto mais adequado primeiramente deve-se conhecer o cenário atual do campus e delimitar quais são os ambientes definidos como prioritários. Assim, para identificar as necessidades de sinalização do instituto foi realizada uma análise das atuais placas identificativas das portas das dependências do campus. As observações levantadas foram discutidas por meio de questionário com integrantes do núcleo de acessibilidade do IFSUL e com funcionários que efetuam atendimento ao público. Para fazer uma análise quantitativa, a cada resposta um valor foi atribuído de acordo com a hierarquização adotada por cada entrevistado. Levando em consideração o número e a periodicidade de usuários, os ambientes foram classificados. Ao todo, 122 ambientes do IFSUL/Sapuçaia foram analisados, destes 82% possuem placas de identificação nas portas. No entanto, nem todas as placas apresentaram configuração adequada.

Palavras-chave: Placas de identificação; Acessibilidade; Sistema de sinalização.

THE SIGNAGE SCENARIO OF IFSUL/SAPUCAIA: DOORS SIGNS

Abstract

Identification signs are devices of the signage system that help the spatial accessibility. Those wayfinding signs provides information about the area identification and also shows the spatial interactions. To ensure the public interaction into the area, these types of signs must have a universal design. To do so, there are standards and laws that describes the minimum requirements of this signs. In this way, the information signage must have at least two senses of communication.

However, a preview into the IFSUL/Sapucaia (Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus Sapucaia do Sul) facilities shows that not all signs has these elements. In this way, the first step to develop an appropriate product were to know the signage scenario of IFSul and list the priority areas. So, the doors signs were analyzed in order to identify the signage necessity. The data were discuss through a questionnaire with core members of the IFSul accessibility and employees who perform customer service. In order to permit an analysis, a value was attributed in each question according with the interviewer's opinion. The IFSul areas were classified taking into consideration the area's periodicity and number of users. In total, 122 rooms were analyzed, from which 82% has door signs. However, most of them has not the right configuration.

Key words: Identification signs, Accessibility; Signage system.

1 INTRODUÇÃO

Placas de identificação são dispositivos do sistema de sinalização de identificação que auxiliam na acessibilidade espacial⁽¹⁻³⁾. Além de identificar o local, elas transmitem a sua função e comunicam as interações espaciais que ocorrem^(1,4). Para assegurar a interação do público com o meio, esta sinalização deve possuir um design universal^(1,2). A mensagem presente neste sistema de sinalização deve ser projetada de maneira que seja acessível a todos os usuários do espaço, sem distinção de idade, gênero, grau de escolaridade ou quaisquer tipos de deficiência⁽⁵⁻⁷⁾.

De acordo com a ABNT⁽¹⁾ as informações dos sistemas de sinalização devem ser “completas, precisas e claras, as quais devem ser transmitidas utilizando no mínimo dois sentidos: visual e tátil ou visual e sonoro”. No caso do visual e do tátil, as placas identificativas devem possuir no mínimo dois conjuntos informacionais: o gráfico e o tátil (caracteres em relevo e o Braille). Deste modo, as informações que devem estar presentes dizem respeito aos elementos gráficos (linguagem visual podendo ser expressa através textos e/ou pictogramas/figuras) juntamente com caracteres em relevo e em Braille devidamente dimensionados^(1,2,5,6).

A presença destas ferramentas de sinalização é determinada pela legislação brasileira e por normas técnicas, pois são fundamentais para garantir a autonomia de circulação dos usuários no espaço, principalmente auxiliando na acessibilidade de deficientes, como os visuais^(1,8-11). No entanto, em uma visualização rápida pelo IFSUL/Sapucaia (Instituto Federal Sul-rio-grandense Campus Sapucaia do Sul) é possível identificar que o sistema de sinalização não possui todos elementos necessários. Deste modo, a problemática levantada é de que o sistema de sinalização do instituto não está em conformidade com os dispostos na Norma Brasileira acerca da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos a qual prevê a existência de placas informativas com a presença de inscritos em Braille, caracteres em relevo e pictogramas⁽¹⁾.

Calori e Vanden-Eynden⁽²⁾ apresentam que um projeto de sinalização possui três categorias: pré-projeto, projeto e pós-projeto. A primeira, pré-projeto, corresponde a fase de planejamento e diz respeito a coleta e a análise das informações necessárias para se embasar o desenvolvimento do projeto. É nesta etapa que ocorre o entendimento e a delimitação do problema de sinalização em si.

Deste modo, a fim de poder desenvolver uma configuração e um produto mais adequado, esta pesquisa tem como intuito conhecer o cenário atual do campus e delimitar quais são os ambientes definidos como prioritários.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para identificar as necessidades de sinalização do instituto foi realizada uma análise das atuais placas identificativas das portas das dependências do campus. As observações ocorreram conforme os dados preenchidos na folha de identificação da sinalização (Figura 1).

Ficha de Sinalização de identificação das portas do IFSUL/Sapucaia do Sul em 2018.
 Área: (Opções: Bloco 1, pétaala, biblioteca)

Identificação	Descrição	Setor	Público abrangido*: () externo () interno	Observações:
Possui placa de sinalização identificativa? () Sim () Não	Se sim, esta placa possui:	elementos gráficos* ? () texto () pictogramas () nenhum	elementos táteis* ? () texto em relevo () símbolo em relevo () Braille () nenhum	

Figura 1. Representação da folha de identificação da sinalização do câmpus.

Com a finalidade de delimitar os locais prioritários para o desenvolvimento de placas adequadas, as observações levantadas acabaram sendo discutidas juntamente com dois integrantes do núcleo de acessibilidade do câmpus por meio de um questionário aberto (Figura 2). Além disto, foram entrevistados dois funcionários que efetuam o atendimento ao público do IFSul de acordo com questionário apresentado na Figura 3.

Questionário 1:

1. Para delimitação do produto, quais seriam os 3 ambientes prioritários? E quais os três últimos?

2. Quais são os critérios que os cômodos deveriam atender para serem considerados prioritários?

3. Quais são os ambientes que o aluno com deficiência visual mais circula? (Citar as 3 áreas mais prováveis e as 3 menos prováveis).

4. Pela experiência de vocês, qual o ambiente que o público externo (precisamente os deficientes visuais) mais circula?

5. Entre os modelos de placas existentes no câmpus (referente aos recursos gráficos), qual é o melhor e qual é o pior?







Figura 2. Questionário 1.

Questionário 2

Na sua opinião, quais áreas do câmpus tem: (Cite as 3 que mais se destacam e as 3 menos)

1. Mais circulação, tanto de público externo como interno?
2. Maior periodicidade de uso do público externo?
3. Maior periodicidade de uso do público interno?

Figura 3. Questionário 2.

Para fazer uma análise quantitativa, a cada resposta um valor foi atribuído de acordo com a hierarquização adotada por cada entrevistado. Levando em consideração o número e a periodicidade de usuários, os ambientes foram classificados. Sendo assim, os três primeiros ambientes escolhidos para cada um corresponderam a 5 pontos, os intermediários a 3 pontos e os últimos classificados a 1 ponto. A pontuação total foi calculada realizando a somatória das médias de cada grupo de questões.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a pesquisa de campo realizada nos dias 23 e 26 de novembro de 2018, o IFSUL/Sapucaia possui 122 ambientes, divididos em 10 áreas (Tabela 1). Por meio da análise do sistema de sinalização das portas do câmpus, foram identificados que 82% dos cômodos possuem placas de identificação.

Tabela 1. Sistema de sinalização informativo do IFSul.

Descrição da área	n° de cômodos	n° de placas identificativas	% de placas
setor ensino	22	20	90,9%
setor administrativo	43	32	74,4%
setor da saúde e esporte	3	1	33,3%
laboratórios de práticas técnicas	19	18	94,7%
laboratórios de informática	6	6	100,0%
setor da higiene	19	17	89,5%
sala audiovisual	3	1	33,3%
sala cultural	2	2	100,0%
setor de convivência	4	2	50,0%
biblioteca	1	1	100,0%
total de ambientes no IFSul	122	100	82,0%

Referente aos elementos constituintes destas placas, foi observado que todas trazem o emprego de recursos gráficos (Figura 4-a). No entanto, das 100 placas, somente 2 fazem o uso de elementos táteis (Figura 4-b).

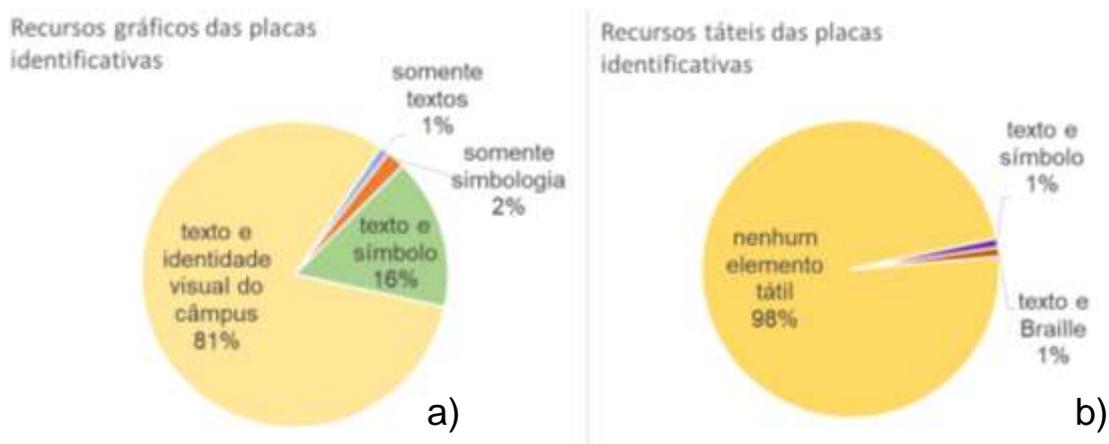


Figura 4. Elementos das placas identificativas do IFSul. A) Recursos gráficos; B) Recursos táteis.

O modelo geral das placas pode ser visualizado na Figura 5-a, a qual utiliza texto e identidade visual do IFSul. Enquanto que, as placas identificativas dos sanitários trazem o uso de pictogramas que indicam o local de acordo com o símbolo universal, Figura 5-b.



Figura 5. Exemplos das placas identificativas do IFSul. A) Sala de aula P07; B) Sanitário Feminino Acessível

As duas placas que utilizam recursos táteis são visualizadas na Figura 6. A primeira é composta por texto em relevo e o Braille, ao passo que a segunda apresenta texto e simbologias remetentes ao local. Para atender a legislação seria importante que todas as placas de identificação possuíssem no mínimo três elementos informacionais: recurso visual (texto/símbolo), caracteres em relevo (somente texto ou texto associado a pictogramas) e o Braille.



Figura 6. Placas identificativas com recursos táteis.

Com a finalidade de delimitar os locais de direcionamento do projeto e priorizar o desenvolvimento do produto, os dados levantados referentes ao cenário de sinalização das placas do instituto foram discutidos juntamente com o núcleo de acessibilidade e com os responsáveis pelo atendimento ao público do campus. A cada resposta dada um valor foi atribuído de acordo com a hierarquização adotada por cada entrevistado (variando entre 5, 3 e 1 ponto). A classificação total de cada ambiente bem como sua pontuação geral é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Hierarquização dos ambientes prioritários para o desenvolvimento de placas.

Classificação	Identificação do local	Pontuação total
1º	sala audiovisual	24
2º	setor da higiene	22
3º	setor ensino	21
4º	sala cultural	20
5º	setor de convivência	19
6º	laboratórios de informática	17
7º	setor da saúde e esporte	16
8º	setor administrativo	14
9º	biblioteca	14
10º	laboratórios de práticas técnicas	13

Os três ambientes sinalizados como prioritários foram: (1) Setor audiovisual; (2) Setor de higiene e (3) Setor de ensino. Estas observações coletadas auxiliaram na definição do local que este projeto foi direcionado. Assim, a partir desses resultados ficou identificado que seria interessante que o primeiro modelo de placa de sinalização fosse direcionado para os sanitários. Os sanitários são utilizados tanto pelo público externo como interno nos três turnos de funcionamento do Instituto. Além disto, a acessibilidade deste espaço a deficientes visuais irá permitir uma autonomia do usuário e um sentimento de inclusão principalmente por este local estar relacionado com o suprimento de algumas das necessidades fisiológicas

humanas. Neste conceito, como o pressuposto na lei N° 13.146⁽¹¹⁾ este ambiente auxiliará na inclusão pelo rompimento das barreiras espaciais e de comunicação.

Outro fato considerado para a definição do produto é a possibilidade de sua reprodutibilidade. Já que o campus possui 19 sanitários, um modelo de placas de identificação estabelecido possibilita uma reprodução do método de fabricação e instalação em diversos cômodos do instituto.

4 CONCLUSÃO

A fim de identificar as necessidades de sinalização do instituto foi efetuada uma análise do cenário de sinalização do campus. Das 122 salas analisadas (divididas em 10 ambientes), 82% possuem placas de identificação nas portas. Nas quais, todas apresentam o emprego de recursos gráficos, mas somente 2% têm elementos táteis. Deste modo, a atual configuração do sistema de identificação não atende a legislação. Os três ambientes sinalizados como prioritários para o desenvolvimento das placas identificativas foram: (1) Setor audiovisual; (2) Setor de higiene e (3) Setor de ensino.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao IFSUL e ao CNPQ.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050**: Acessibilidade de pessoas portadoras de deficiências a edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
2. CALORI, Chris; VANDEN-EYNDEN, David. **Signage and Wayfinding Design**: A Complete Guide to Creating Environmental Graphic Design Systems. 2 ed. New Jersey : John Wiley & Sons, 2015. 322 p.
3. CARDOSO, E.; KOLTERMANN, T. L. S. Recursos para acessibilidade em sistemas de comunicação para usuários com deficiência. **Design e Tecnologia**, v. 1, n. 02, p. 8-21, 2010.
4. DISHINGER, M.; ELY, V. H. M. B.; PIARDI, S. M. D. G. **Promovendo acessibilidade espacial nos edifícios públicos**: Programa de Acessibilidade às Pessoas com Deficiência ou Mobilidade Reduzida nas Edificações de Uso Público. Florianópolis: MPSC, 2012. 161 p.
5. APELT, R.; CRAWFORD, J.; HOGAN, D. **Wayfinding design guidelines**. CRC - Cooperative Research Centre for Construction Innovation: Icon.Net Pty Ltd. 2007, 68p.
6. BENEVIDES, E. B. **Manual de Acessibilidade para Prédios Públicos**: Guia para Gestores. Brasília: Secretaria do Patrimônio da União (SPU). 2015. 84p.
7. OKEENEA. *Comment concevoir une signalétique accessible à tous ? Réglementation et bonnes pratiques*. 2018. [Online]. Disponível em:

<<https://webzine.okeenea.com/concevoir-une-signaletique-accessible/>>.

Acesso em: 05 set 2018.

8. BRASIL. Decreto 5.296, de 02 de dezembro de 2004. **Regulamenta as Leis nºs 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.** Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF. 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5296.htm>. Acesso em 26 de setembro de 2018.
9. _____. Lei n.10.048, de 8 de novembro de 2000a. **Da á prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e dá outras providências.** Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF. 2000a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCivil_03/Leis/L10048.htm>. Acesso em 18 de setembro de 2018.
10. _____. Lei n.10.098, de 19 de dezembro de 2000b. **Estabelece normas gerais e critérios básicos para promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências.** Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF. 2000b. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L10098.htm>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.
11. _____. Lei n.13146, de 06 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência).** Presidência da República. Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, Brasília, DF. 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em 17 de setembro de 2008.

DESENVOLVIMENTO DE MOLDES DE CORTE IMPRESSOS EM 3D

Aguirre, T. A. R. ¹
Calcagno, C. I. W. ²

¹ *Estudante de Engenharia Mecânica, Tamires Adriana da Rosa Aguirre, IFSul - Campus Sapucaia do Sul, tamiresaguirre@hotmail.com.*

² *Doutora, Carmen Iara Walter Calcagno, IFSul – Campus Sapucaia do Sul, carmencalcagno@sapucaia.ifsul.edu.br*

Resumo

O marketing tem se tornado cada vez mais importante em se tratando de divulgação, para isso, são utilizados produtos contendo representações características do estabelecimento, empresa ou evento. No entanto, não é comum esses produtos serem feitos a partir de fontes renováveis em composição com resíduos. Esse artigo teve como objetivo desenvolver um processo de fabricação a fim de simplificar a produção de um produto de divulgação, de modo que mantivesse detalhes em relevo sem que alterasse sua resistência. Para definir o melhor processo de fabricação, foram desenvolvidos diferentes moldes de corte em CAD, fabricados em impressora, cujas melhorias foram definidas a partir dos resultados obtidos com o molde original. Um molde de corte adequado para a produção do produto de divulgação foi desenvolvido de forma satisfatória. O item fabricado representa a instituição com design que facilita o processo e minimiza fragilidades.

Palavras-chave: impressão 3D, biodegradável, molde de corte

DEVELOPING CUTTING MOLDS 3D PRINTED

Abstract

Marketing has become increasingly important when it comes to disclosure, for that, products containing characteristic representations of the establishment, company or event are used. However, it is not common for such products to be made from renewable sources in waste composition. This article aimed to develop a manufacturing process in order to simplify the production of a publicity product, so as to maintain details in relief without changing its resistance. To set the best manufacturing process, different cutting molds were developed in CAD, manufactured in 3D printer, whose improvements were defined from the results obtained from the original mold. A suitable cutting mold for the production of the disclosure product has been satisfactorily developed. The manufactured item represents the institution with design that facilitates the process and minimizes fragilities.

Key words: 3D printing, biodegradable, cutting mold

1 INTRODUÇÃO

O conceito de marketing surgiu em 1950 como uma filosofia que visa satisfazer as necessidades do cliente por meio da divulgação dos seus produtos, inovação e criatividade^(1,2). Pouco tempo depois, surgiu o marketing promocional com diversas

estratégias e incentivos de curto prazo para encorajar a compra ou venda de um produto ou serviço⁽³⁾. A primeira tarefa desempenhada é a de informar os clientes sobre os produtos e serviços que o fornecedor oferece. A segunda tarefa é motivar os clientes a visitarem o fornecedor e adquirirem suas mercadorias ou serviços⁽⁴⁾. Sendo assim, os profissionais de marketing se utilizam cada vez mais de produtos de divulgação, como brindes, para manter o relacionamento entre a marca e o consumidor. Os produtos de divulgação costumam oferecer uma utilidade prática aos consumidores, entre os mais aceitos estão itens pequenos e de vida curta como canetas, chaveiros e abridores de CD⁽⁵⁾.

Esses produtos são, em sua maioria, produzidos com materiais não-biodegradáveis e de fontes não-renováveis, dos quais os materiais poliméricos, derivados do petróleo, são os mais utilizados. Os polímeros sintéticos são resistentes à degradação natural, podendo levar séculos para atingir sua total decomposição. Os produtos de divulgação mais utilizados são efêmeros, ou seja, rapidamente são descartados, aumentando cada vez mais o acúmulo em aterros sanitários e lixões municipais^(6,7). Tendo em vista o impacto ambiental causado pelos resíduos dos polímeros sintéticos, a necessidade de um material biodegradável natural aumentou nas últimas décadas⁽⁸⁾. Os plásticos biodegradáveis são produzidos a partir matérias-primas como cana-de-açúcar, amido, quitina e outras, mesmo possuindo pouco espaço na indústria, apresentam grandes vantagens em relação à preservação do meio ambiente, sua degradação é dada pela ação de organismos vivos e enzimas, gerando dióxido de carbono, água e biomassa^(9,10).

Um material biodegradável que já vem sendo estudado e que pode ser utilizado na produção dos produtos de divulgação é o amido termoplástico, obtido através da modificação da estrutura semicristalina dos grânulos por meio da ação de calor, pressão e cisalhamento na presença de agentes plastificantes, como água ou glicerol⁽¹¹⁾. Buscando utilizar materiais de fontes renováveis em composição com resíduos, surge o amido gelatinizado, que pode ser acrescido de papel picado, a utilização do papel se dá pelo fato desse material possuir grande capacidade de reutilização atualmente⁽¹²⁾.

Esse artigo teve como objetivo um processo de fabricação a fim de simplificar a produção de um produto de divulgação feito com materiais de fontes renováveis, de modo que mantivesse detalhes em relevo sem que alterasse sua resistência.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para atingir o objetivo, diferentes moldes do produto foram projetados em CAD e fabricados em PLA pela impressora 3D. Os parâmetros da impressão foram: 230°C de temperatura do bico de impressão, 60°C de temperatura da mesa, velocidade de impressão de 20 m/s e taxa de preenchimento de 100%.

Para a realização dos testes com os moldes de corte, o material usado foi preparado com amido gelatinizado. Primeiramente, foi feita uma mistura com 20 g de amido seco e 34 ml de água em temperatura ambiente, após 5 minutos em repouso, deu-se início à gelatinização do material. A gelatinização do amido foi feita em uma extrusora adaptada para esse processo e a temperatura utilizada foi de 90°C⁽¹³⁾. Após gelatinizado, o material foi acrescido de 10 g de amido doce seco e 16 g de papel picado, classificado com peneira de mesh 16. Após incorporado, o material foi

laminado até chegar em uma espessura de 2,5 mm para que os moldes produzissem os produtos de divulgação.

A utilização do molde de corte se dá pela prensagem manual na lâmina do material compósito por um lado específico do molde, o qual torna possível a formação da depressão e o corte total no contorno externo da peça de divulgação. Após realizada a conformação do material, as peças fabricadas foram colocadas em uma estufa à temperatura de 90°C durante 2 horas, para que ocorresse a evaporação da água existente no material.

Os critérios utilizados para a análise dos resultados satisfatórios dos moldes impressos e dos produtos finais do material compósito foram: resistência do molde, facilidade do uso do molde em relação à conformação do material e a profundidade da depressão que mantivesse a maior resistência do produto final.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O produto que se deseja desenvolver, por concepção, deve ser fabricado com materiais biodegradáveis e possuir formato plano que represente, em relevo, uma imagem que divulgue a instituição. Assim, foram projetados moldes de corte a fim de que as peças finais obtivessem o formato das letras “if”, e possuíssem uma depressão entre as letras, formando o relevo desejado. Além disso, o uso desses moldes deve apresentar praticidade e simplicidade na fabricação do produto de divulgação.

O primeiro molde produzido, apresentado nas Figuras 1a e 1b, possui contorno externo das duas letras juntas. Para apresentar praticidade, foi estudado um design de molde no qual as letras “f” se encaixam, assim duas peças são formadas em uma lâmina retangular da composição de amido e papel durante uma única etapa de conformação. Nesse primeiro molde foram definidas as seguintes dimensões: 4,8 cm x 3,9 cm, profundidade de 1 cm e espessura das paredes de 1 mm.

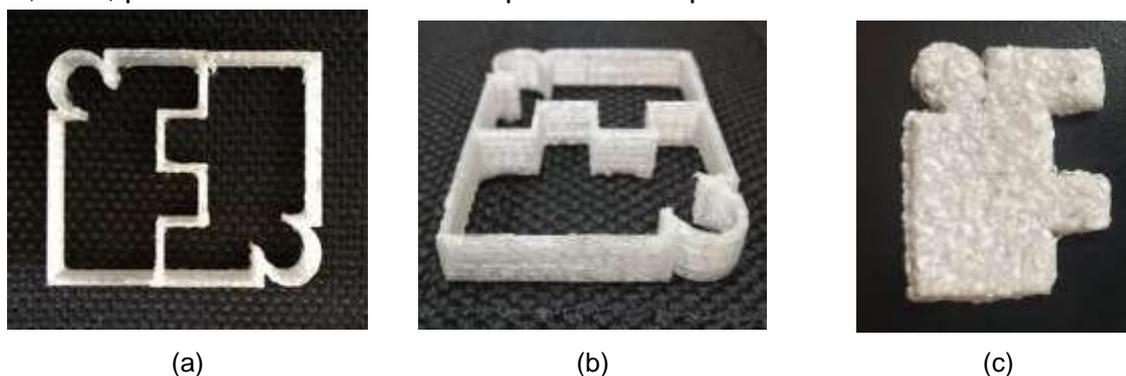


Figura 1: (a) vista superior do molde 1, (b) vista oblíqua do molde 1, (c) peça 1 sem relevo.

O molde 1 apresentou eficiência em relação ao corte da peça, formando o contorno das letras de modo bem definido. A Figura 1c ilustra uma peça obtida com o molde 1, sendo que nela não está conformada a depressão entre as letras “i” e “f”, sendo necessária a realização de uma ação adicional, que foi feita manualmente com o auxílio de um estilete. Obter a depressão com o auxílio de estilete, além de trazer riscos ao operador, causou irregularidades na superfície do material pois foi difícil reproduzir de forma exata a medida de cada letra.

Sendo assim, considerou-se importante a busca por uma solução de conformação em etapa única, da qual fosse possível cortar o material e formar a depressão entre as letras no momento da prensagem.

O segundo molde de corte, exibido nas Figuras 2a e 2b, apresenta, em linhas gerais, o mesmo formato do molde 1, porém com algumas modificações. Para que a depressão seja formada de maneira a não cortar todo material, uma divisória foi acrescentada entre as letras com 0,5 mm de espessura e 9 mm de profundidade, sendo 1 mm destinado à formação da depressão, as paredes de contorno permaneceram com 1 mm de espessura, como demonstrado nas Figuras 2c e 2d.

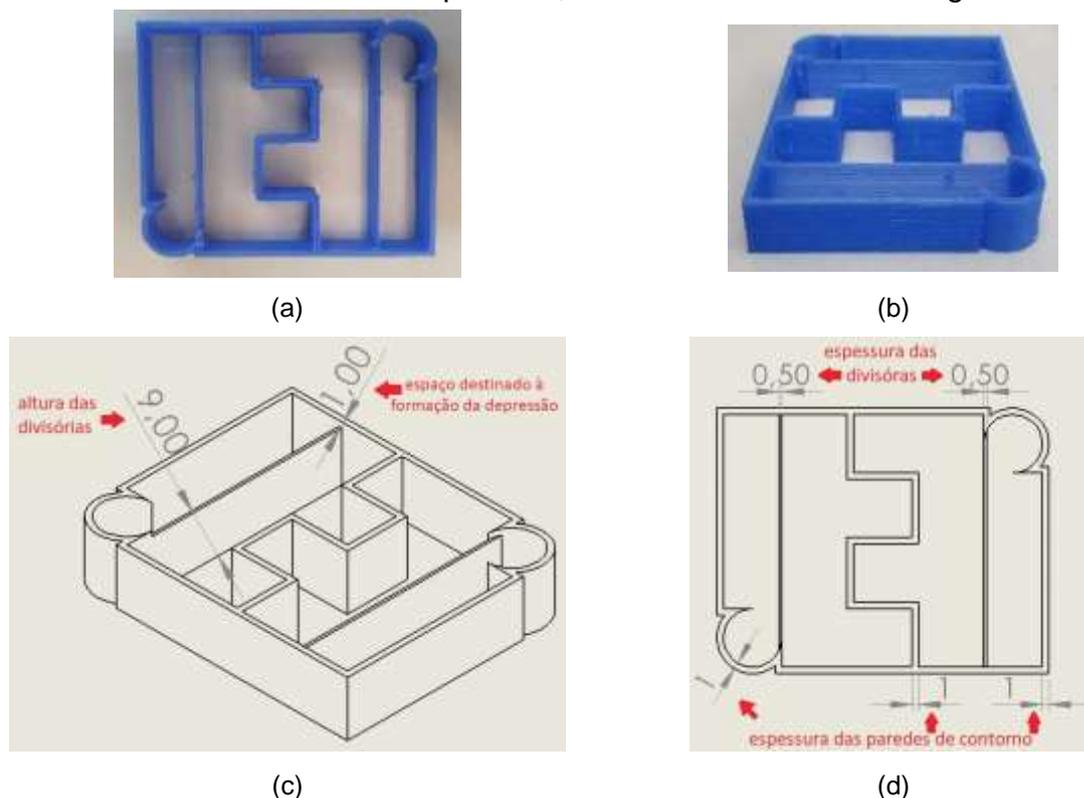


Figura 2: (a) vista superior do molde 2, (b) vista oblíqua do molde 2, (c) demonstração do espaço destinado à formação da depressão e altura das divisórias do molde 2, (d) cota da espessura das divisórias e das paredes de contorno do molde 2.

Após a utilização do molde para a conformação do material biodegradável, as paredes das divisórias do molde apresentaram um leve flexionamento durante o processo de prensagem, demonstrado pela Figura 3a, que foi levemente reproduzido na superfície, como consta na Figura 3b. Essa deformação no molde pode estar associada com a pequena espessura projetada para essa divisória.



(a)



(b)



(c)

Figura 3: (a) flexionamento das divisórias do molde 2, (b) irregularidade na superfície da peça 2, (c) depressão da peça 2.

A peça obtida com o uso do segundo molde, como mostrada nas Figuras 3b e 3a, apresentou o relevo das letras, porém, a depressão de 1,5 mm foi considerada muito grande, como exibido na Figura 3c, o que poderia promover mais facilmente a fratura entre as letras com o manuseio do objeto.

O terceiro molde, exibido na Figura 4, apresenta o mesmo conceito de design do segundo molde e buscou solucionar alguns problemas identificados que foram a flexão indesejada das paredes do molde durante a conformação e a depressão profunda demais.



(a)



(b)

Figura 4: (a) visão oblíqua do molde 3, (b) visão superior do molde 3.

A profundidade do molde de corte passou de 10 mm para 5 mm para resistir maior força no momento da prensagem. As divisórias das letras passaram a ter 0,6 mm de espessura e 3 mm de profundidade, deixando um espaço de 2 mm para formar a depressão na superfície como exibido na Figura 5.

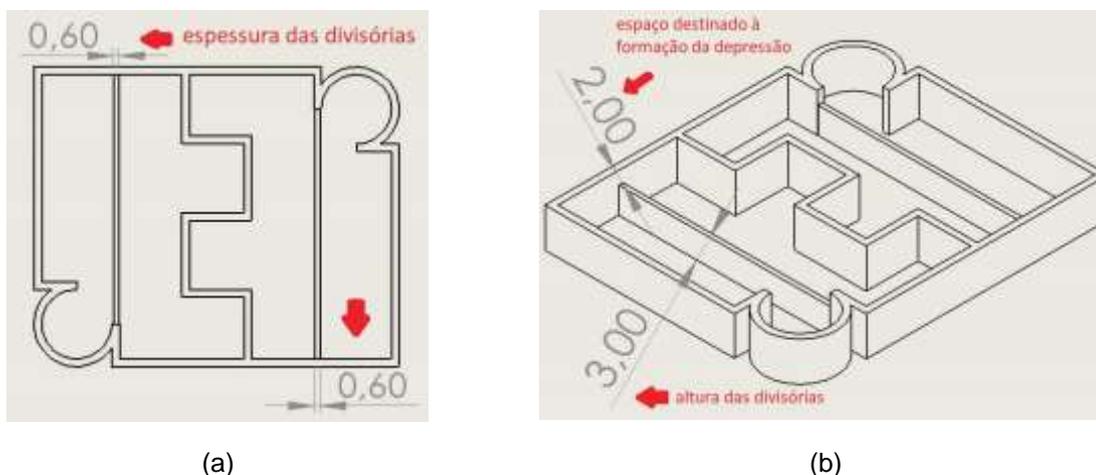


Figura 5: (a) cota da espessura das divisórias do molde 3, (b) cota da altura das divisórias e do espaço destinado à formação da depressão do molde 3.

No entanto, as divisórias do molde 3 também apresentaram um leve flexionamento, como exibido na Figura 6a. Além disso, a divisória rapidamente se rompeu durante seu manuseio por conta da fina espessura e pequena profundidade, conforme mostrado na Figura 6b.

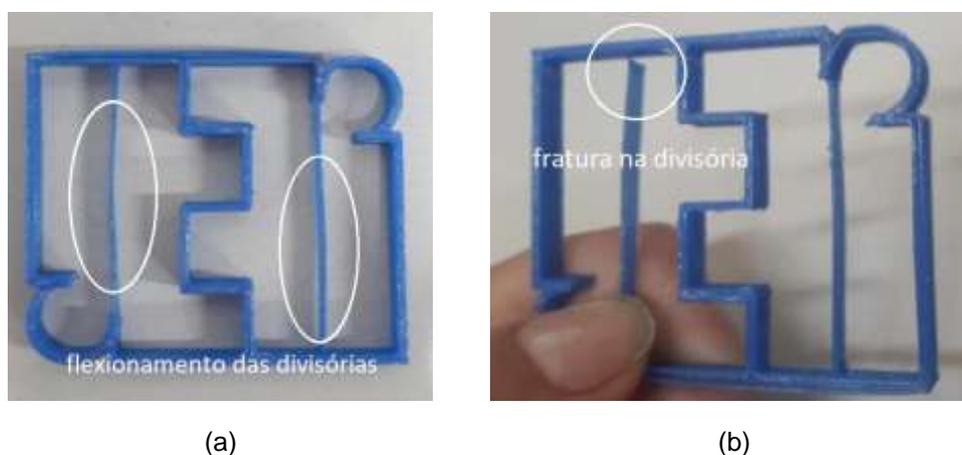


Figura 6: (a) flexionamento das divisórias do molde 3, (b) fratura na divisória do molde 3.

O produto de divulgação obtido com o molde 3, exibido na Figura 7, apresentou a depressão desejada, no entanto, pelo flexionamento das divisórias foi difícil conseguir uma divisão simétrica das letras, apresentando irregularidade na superfície, como é demonstrado na Figura 7b.



Figura 7: (a) visão superior da peça 3, (b) irregularidade na superfície da peça 3, (c) depressão formada na peça 3.

O quarto molde de corte projetado, exibido na Figura 8, apresenta o mesmo design dos moldes anteriores, e suas alterações foram feitas a fim de atribuir mais resistência ao molde.

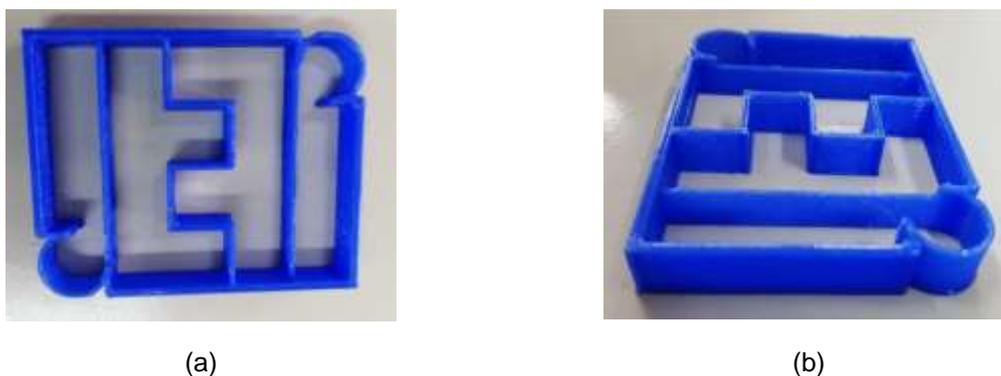


Figura 8: (a) visão superior do molde 4, (b) visão oblíqua do molde 4.

A espessura das paredes de contorno passou de 1 mm para 1,2 mm e sua altura passou de 0,5 mm para 0,8 mm, nas divisórias, a espessura passou de 0,6 mm para 0,8 mm e a altura passou de 3 mm para 6,5 mm, deixando 1,5 mm para a formação da depressão, como exibido na Figura 9

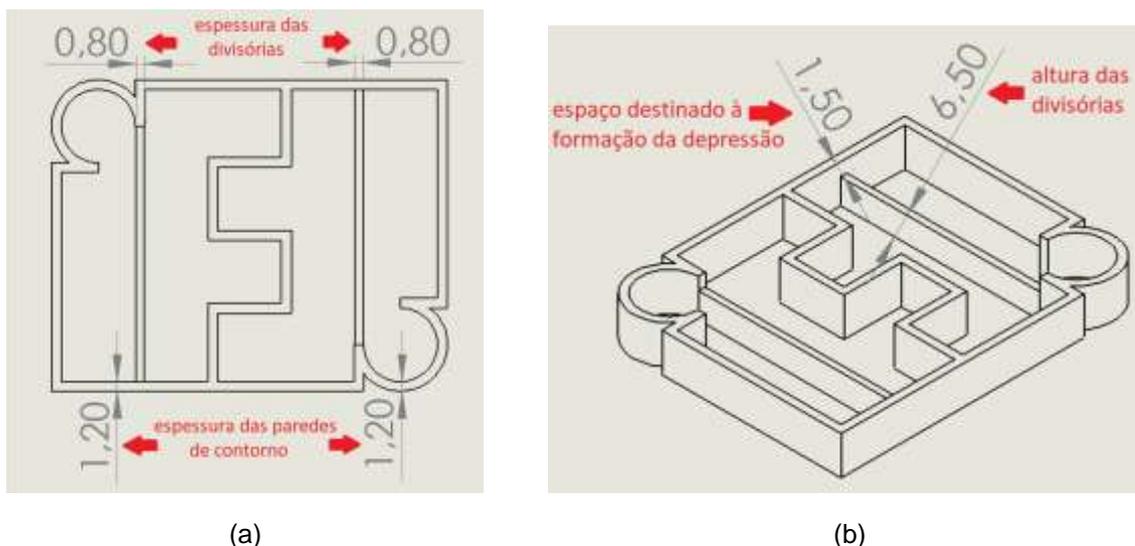


Figura 9: (a) cota da espessura das paredes de contorno e das divisórias do molde 4, (b) cota do espaço destinado à formação da depressão e da altura das divisórias do molde 4.

O produto de divulgação obtido com o molde 4 apresentou medidas consideradas adequadas para a profundidade da depressão como exibido na Figura 10, originando a representação desejada em relevo e com menor probabilidade de fratura pelo manuseio. A conformação do produto foi obtida facilmente com o quarto molde, sem que irregularidades indesejadas fossem reproduzidas na superfície e sem ser necessária força extra para formar a depressão.

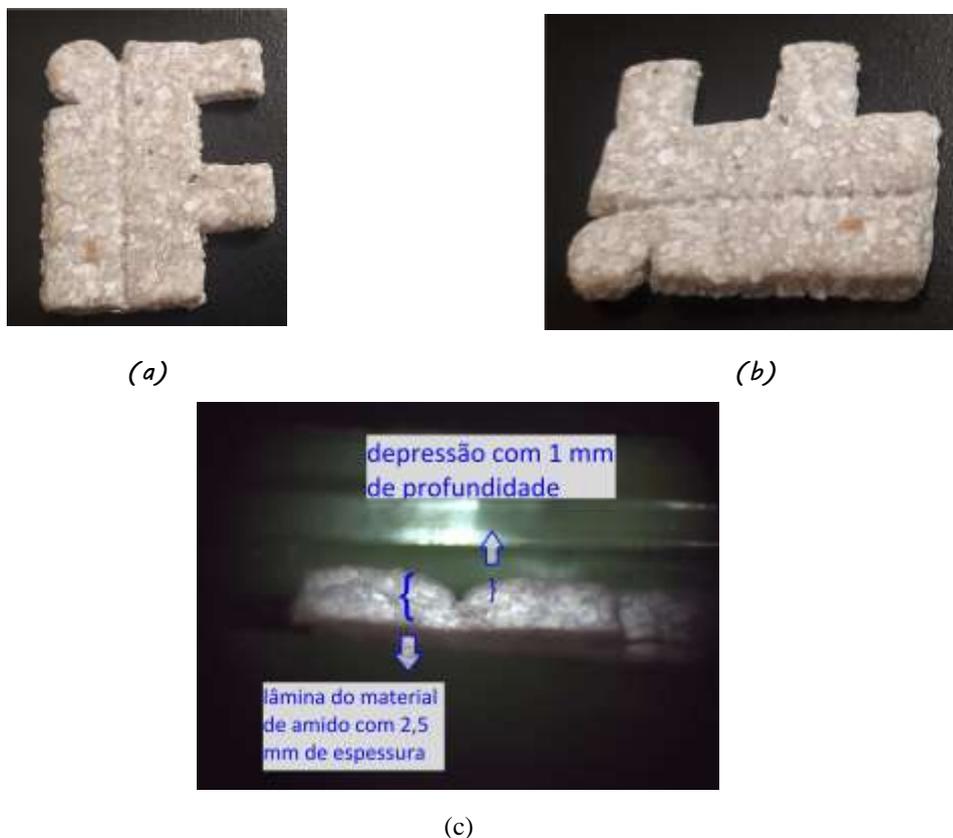


Figura 10: (a) vista superior da peça 4, (b) vista oblíqua da peça 4, (c) depressão da peça 4.

4 CONCLUSÃO

Este estudo possibilitou a escolha de um molde de corte com desempenho satisfatório para o corte de lâminas constituídas por amido gelatinizado e resíduos de papel, do qual atingiu os objetivos estabelecidos, como a utilização de um molde de corte a fim de simplificar o processo de fabricação de um produto de divulgação que apresentasse resistência suficiente durante o manuseio. Os 3 primeiros moldes desenvolvidos apresentaram dificuldades na formação da depressão no material, seja pela necessidade de realizá-la manualmente, seja pela pouca espessura e profundidade das divisórias. O manuseio do molde de corte foi dificultado pela pouca resistência observada nas paredes internas que sofreram leves flexionamentos e até fraturamento durante o uso. O quarto molde fabricado solucionou os problemas anteriores, apresentando facilidade durante o uso, boa resistência, reproduzindo a depressão de maneira regular na superfície do material, e produzindo um produto de divulgação resistente. Divisórias com espessura de 0,8 mm se mostraram satisfatórias para promover a conformação da depressão sem flexionar e uma depressão gerada de 1 mm foi suficiente para evidenciar o relevo sem prejudicar a resistência do produto. Dessa forma, essas dimensões podem ser úteis em futuros projetos de outros produtos.

Agradecimentos

Ao IFSul – Campus Sapucaia do Sul pelo acesso à infraestrutura e pela grande oportunidade de ampliar o conhecimento.

REFERÊNCIAS

- 1 LEVITT, T. Marketing Myopia. Harvard Business Review, July– August 2004. 138 – 149 p.
- 2 KOTLER, P.; KELLER, K. L. Marketing Management. 15 ed. Pearson Education Limited, 2016. 834 p. ISBN 10: 1-292-09262-9.
- 3 KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. Principles of Marketing. 17 ed. Pearson Education Limited, 2017. 737 p.
- 4 LEVY, M.; WEITZ, B. A. Administração de Varejo. São Paulo: Atlas, 2000. 695 p.
- 5 DE OLIVEIRA, D. D. Inovação como estratégia: a nova exigência do mercado. Think. Porto Alegre: ESPM/ RS, 53 – 57 p. jul/dez 2006. ISSN 1678-8508
- 6 ROSA, D. S.; FRANCO, B. L. M.; CALIL, M. R. Biodegradabilidade e propriedades mecânicas de novas misturas poliméricas. Polímeros: Ciência e Tecnologia. v.11. n.2. 2001. 82-88 p.
- 7 PIATTI, T. M.; RODRIGO, R. A. F. Plásticos: características, usos, produção e impactos ambientais. Maceió: Edufal, 2005. 51 p.

- 8 BRITO, G. F.; AGRAWAL, P.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v.6. n.2. 2011. 127 – 139 p.
- 9 ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 15448-1 Embalagens plásticas degradáveis e/ou de fontes renováveis Parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- 10 ROSA, D. D.; LOTTO, N. T.; LOPES, D.R., GUEDES, C. G. F. The use of roughness for evaluating the biodegradation of poly- β -(hydroxybutyrate) and poly- β -(hydroxybutyrate-co- β -valerate). Polymer Testing. v. 23 n. 1. Elsevier, 2004. 121 p.
- 17 FERREIRA, A. M. Estudo de Composições de Amido Termoplástico: Extrusão Reativa e Nanocompósitos com Microfibrilas de Celulose. 82 p. 2012. Dissertação (mestrado em Ciência dos Materiais) Universidade Federal De São Carlos Campus Sorocaba.
- 12 CARDOSO, G.; ANGRIZANI, C.C.; PORTO, J.S.; CALCAGNO, C.I.W. Reutilização de resíduos de papéis em Composição com o amido: uma opção de material para o design sustentável. 6º Seminário de Inovação e Tecnologia do IFSul. 7 a 9 de Novembro, 2017. 15 p.
- 13 ARAÚJO, E. C. C. Produção de biopolímero de amido gelatinizado em extrusora de polímero termoplástico. 50 p. 2018. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em Engenharia Mecânica) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense campus Sapucaia do Sul, RS.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DO EFEITO DA GEOMETRIA DA FIEIRA EM BARRAS TREFILADAS DE AÇO SAE 1045 PARA DIFERENTES REDUÇÕES DE PROCESSO

De Souza, T.F.¹
Wolfardt, M.Jr.²
Turra, C, J.³
Carvalho, F.A.C⁴
Rocha, A.S.⁵

¹ Dr. Eng. Tomaz Fantin de Souza, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, tomazsouza@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Dr. Eng. Mário Wolfardt Jr., Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense, IFC, mario@luzerna.ifc.edu.br e e-mail.

³ Eng. Cristino José Turra, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, cristianojturra@gmail.com.

⁴ Eng. Franciele de Ávila Carvalho, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, francieleavila@bol.com.br.

⁵ Dr. Eng. Alexandre da Silva Rocha, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, alexandre.rocha@ufrgs.br

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Trefilação é um processo de conformação mecânica em que a matéria-prima sofre redução de área de seção transversal através de sua passagem pela fieira. Uma das vantagens deste processo é o excelente acabamento superficial, a elevada resistência mecânica devida ao encruamento do material e a rapidez do processo. Com isso, surgem as chamadas tensões residuais, que provocam uma série de modificações, tais como: fraturas, empenamentos, alteração das dimensões e das propriedades mecânicas. Essas tensões podem ser qualitativamente presumidas correlacionando-se os resultados de microdureza Vickers, através do parâmetro IF, do centro e da superfície das amostras. Neste trabalho, realizou-se a comparação de um processo de trefilação com duas geometrias distintas de fieiras para três reduções de processo, analisou-se: diminuição da rugosidade, força de trefilação, aumento da dureza e diminuição do gradiente de tensões residuais. Após a trefilação, a rugosidade média das barras de aço SAE 1045 previamente usinadas diminuiu cerca de 70%. A fieira convencional necessitou de menores forças de trefilação para todas as reduções de processo em comparação com a fieira modificada, as barras trefiladas não apresentaram diferenças significativas para a medição de micro dureza superficial, não ficando evidenciadas mudanças significativas nas propriedades mecânicas através dos dois processos, o gradiente de dureza sugere menores tensões residuais para o material trefilado através da fieira modificada para grandes deformações de processo.

Palavras-chave: Trefilação; tensões residuais, parâmetro IF, força de trefilação.

**EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE DIE GEOMETRY EFFECT ON SAE 1045
STEEL DRAWN BARS FOR DIFFERENT PROCESS REDUCTIONS**

Abstract

Cold-Drawing is a metalforming process in which the raw material is reduced in cross-sectional area by pulling through a die. One of the goals of this process is the excellent surface finishing, the improvement in mechanical properties due to material hardening and the high speed of the process. Thus, the so-called residual stresses arise, causing a series of modifications, such as fractures, warping, changes in dimensions and mechanical properties. These stresses can be qualitatively assumed by correlating the Vickers microhardness, by IF parameter, results between the center and surface of the samples. In this work, a drawing process was compared with two different die geometries for three process reductions. Analyses were performed to: decreasing in roughness, comparison of the drawing forces, hardness increasing and residual stress gradient. After drawing, the average roughness of pre-machined AISI 1045 steel bars decreased by 70%. The conventional die required lower drawing forces for all process reductions compared to the modified one, the drawn bars showed no significant differences for surface microhardness, and no significant changes in mechanical properties were evidenced by both processes. The hardness gradient suggests lower residual stresses for the modified die for large process deformations.

Key words: Cold-drawing, residual stresses, IF parameter, drawing forces.

1 INTRODUÇÃO

A trefilação é um dos processos de conformação mecânica mais antigos e mais importantes na fabricação de produtos metálicos contínuos com diferentes geometrias, tais como barras, arames e tubos (DOVE, 1979). Há uma série de vantagens ao utilizar produtos trefilados, e entre elas está o fato de possuírem excelente resistência mecânica e acabamento superficial (DIETER, 1986), e dispensarem etapas posteriores de usinagem (ROCHA et al, 2011).

Durante a trefilação, a matéria-prima sofre redução em sua área de seção transversal, através de sua passagem forçada pela fieira (matriz cônica). Com isso, o material é estirado e, conseqüentemente, tem seu diâmetro reduzido à medida que esta deformação acontece. Provavelmente a força de trefilação seja o parâmetro mais estudado do processo de trefilação, pois o seu aumento interfere diretamente na potência para realizar a operação e contribui para o desgaste precoce das ferramentas (DIETER, 1986). Na **Figura 1** são apresentados os esforços presentes no processo de trefilação.

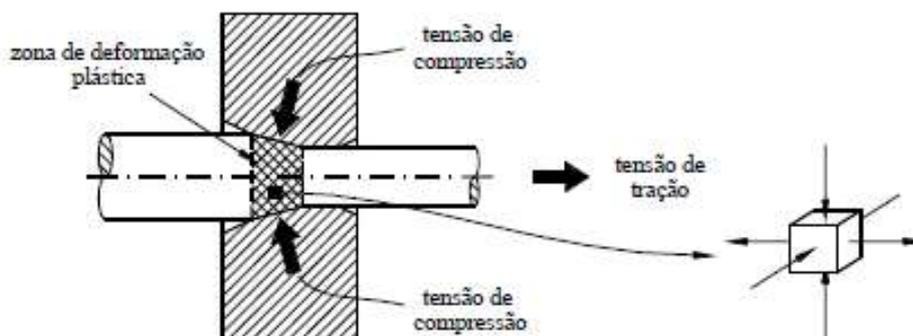


Figura 1 - Representação dos esforços presentes no processo de trefilação (CORRÊA, 2004)

Uma das características da trefilação é que, como é um processo comumente realizado a frio, seus produtos possuem elevada dureza causada pelo encruamento do material. Devido a essa condição de processamento, podem surgir as chamadas tensões residuais. Estas, por sua vez, causam fraturas, empenamentos, alteração das dimensões e das propriedades mecânicas do material. Além disso, prejudicam também a segurança de alguns componentes mecânicos, como por exemplo, os automotivos (eixos e amortecedores) que, por sofrerem tensões externas (compressão e/ou tração) com frequência, podem deformar-se excessivamente ou até romper durante as solicitações de trabalho (NUNES, 2008).

Basicamente, existem duas formas das tensões residuais serem reduzidas: utilizando-se tratamentos térmicos ou otimizando-se os parâmetros de processo. Ao optar pela utilização de tratamentos térmicos, aumenta-se o tempo de produção, o custo do produto final e o consumo energético. Dessa forma, surge a necessidade da otimização dos parâmetros de processo aliados ao conhecimento da região em que ocorre a maior deformação no processo: a fieira, para diminuir as tensões residuais dos materiais trefilados e, conseqüentemente, evitar a utilização de tratamentos térmicos (WANG, 2002).

Neste trabalho foram analisadas as principais características de materiais trefilados para duas geometrias distintas de fieira, uma convencionalmente utilizada na indústria e outra modificada a partir de sugestões de trabalhos anteriores (De Souza, 2017). Durante a realização de ensaios de trefilação, em uma máquina universal de ensaios adaptada para a realização do processo, foi medida a força necessária para realizar a trefilação e após foram analisadas as alterações no perfil de dureza e na rugosidade superficial do material.

Os resultados dos perfis de dureza foram correlacionados de modo a encontrar-se o parâmetro IF, **Equação 1**, relação que leva em consideração as microdurezas do centro e da superfície das amostras como um qualitativo do gradiente de tensões residuais. A avaliação do grau de heterogeneidades das deformações pode ser definida de duas formas: através da Equação 8 ou por meio da Equação 9 (BACKOFEN, 1972).

$$IF = \frac{H_s - H_c}{H_c}$$

Equação 1

Onde: H_s é a dureza superficial e H_c é a dureza no centro das barras.

Como objetivo principal, este trabalho objetivou analisar o efeito de diferentes reduções e fieiras em barras de aço SAE 1045 trefiladas em duas diferentes geometrias de fieira nos perfis de dureza e rugosidade superficial, além de medir a força necessária para realizar o processo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para que fossem atingidos os objetivos desta pesquisa, a metodologia foi dividida em cinco etapas principais, como consta na **Figura 2**.

Inicialmente os corpos de prova foram preparados para dar início aos ensaios de trefilação. Após, as amostras foram preparadas para os ensaios de dureza.

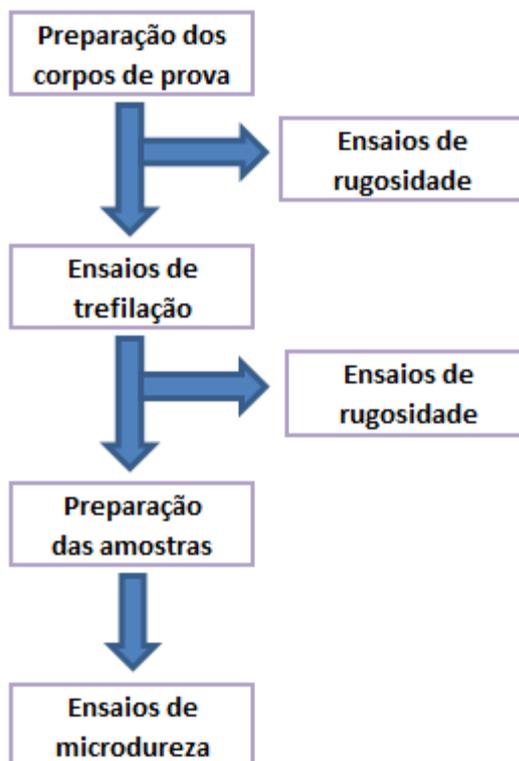


Figura 1 - Diagrama de blocos da metodologia

Os ensaios de rugosidade ocorreram antes e após o processo. A força foi obtida instantaneamente durante a realização do processo através de software acoplado à máquina universal de ensaios.

2.1 Preparação dos Corpos de Prova para os Ensaio de Trefilação

Na **Figura 3** são apresentadas as medidas das barras de aço do aço SAE 1045 laminado depois do processo de usinagem.

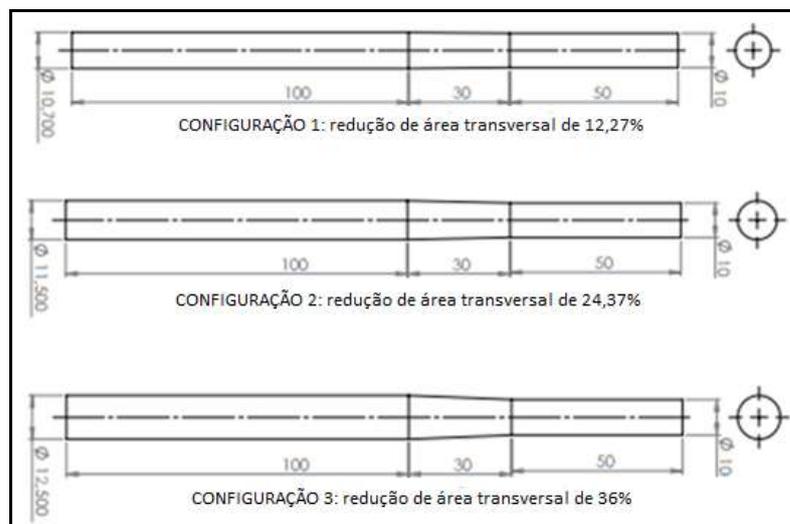


Figura 2 - Dimensões dos corpos de prova para o processo de usinagem

A **Figura 4** ilustra os corpos de prova após serem usinados e lixados com o auxílio de uma lixa de granulometria 150.

Como os corpos de prova precisam atravessar com facilidade parte da fiação para que as garras da Máquina Universal de Ensaio pudessem fixá-los para dar início ao ensaio de trefilação, necessitou-se "apontá-los" com o diâmetro final das barras.

2.2 Ensaio de Rugosidade

Todos os corpos de prova foram submetidos a ensaios de rugosidade. As medições ocorreram antes e após os ensaios de trefilação para verificar a melhoria da qualidade superficial das barras. Os ensaios de rugosidade foram realizados no Rugosímetro Superficial Portátil modelo TR200.



Figura 3 - Imagens dos corpos de prova após serem usinados e lixados

2.3 Ensaio de Trefilação

Utilizou-se a Máquina Universal de Ensaio Emic® (**Figura 5**) com características técnicas descritas no **Quadro 1** para a realização dos ensaios de trefilação.

Utilizada no módulo de tração, a máquina simula o processo de trefilação, e indica através do software Tesc® a força necessária para que a barra atravesse a fiação.

Máquina Universal de Ensaio	
Modelo	DL10000
Marca	Emic®
Acionamento	Eletromecânico
Capacidade (kN)	100
Faixa de Velocidades (mm/min)	0,01 a 500
Curso Útil (mm)	1170
Indicação de força e deslocamento	através do <i>software</i> Tesc®

Quadro 1 - Dados da Máquina Universal de Ensaio

O material foi alongado sob tração uniaxial a uma velocidade constante de 50 mm/min. Tanto as fiação, quanto os corpos de prova, foram imersos no lubrificante Agemix Oil 668, antes da trefilação.



Figura 5 - Máquina Universal de Ensaios e detalhe da fieira empregada

Foram utilizados dois tipos de fieira para simular o processo de trefilação: a fieira convencional (nomeada F1) e a fieira modificada (nomeada F2), ambas esquematizadas e ilustradas na Figura 19 e Figura 20.

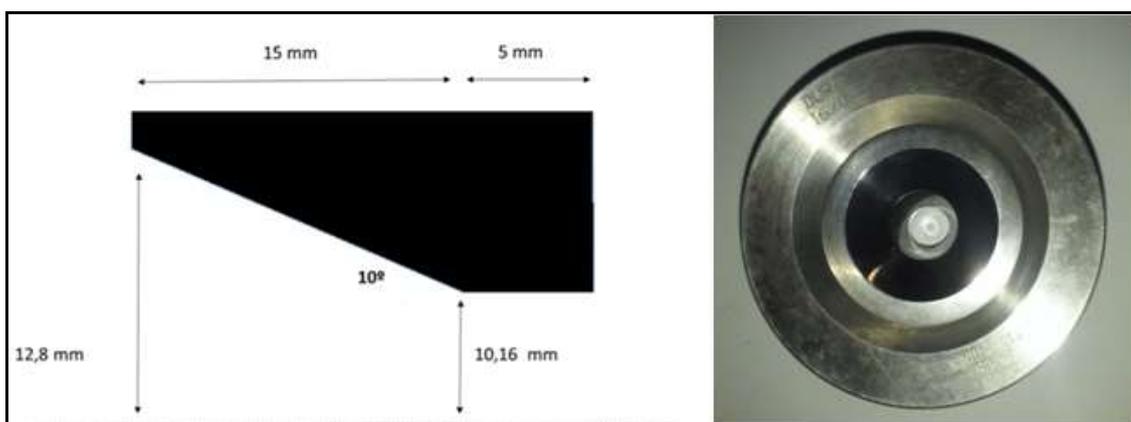


Figura 6 - Esquema e ilustração da fieira F1

A diferença entre F1 e F2 é que F2 possui duas regiões de trabalho com introdução de raios de curvatura entre as duas regiões de trabalho e entre a região de trabalho e a região de calibração (De Souza, 2017).

Esta geometria de fieira foi estudada por Wang (2002) e (De Souza, 2017), comprovando que o modelo com duas reduções pode resultar em uma grande redução de tensões residuais para a direção axial no centro da barra, devido ao fato das zonas de deformação plástica nas duas reduções se conectarem por uma pequena distância.

2.4 Ensaios de Microdureza

As medições de microdureza foram preparadas de acordo com a NBR NM-188-1: 1999 (ABNT). Os ensaios de microdureza Vickers foram realizados no Microdurômetro Digital marca Equilab®, com capacidade de 50 kgf.

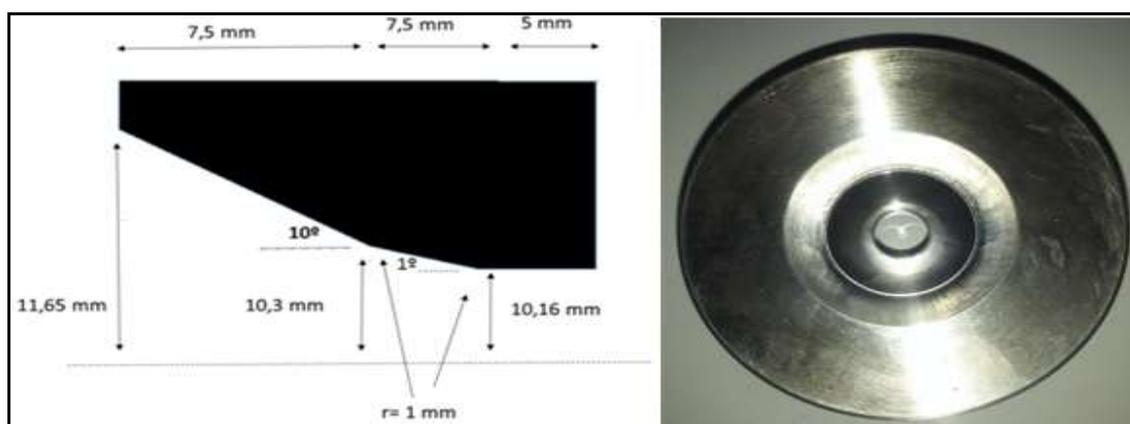


Figura 7 - Esquema e ilustração da fieira F2

A carga aplicada pelo indentador em cada ponto foi de 0,5 kgf, com duração de 10 segundos e com distância entre os pontos de 0,1 mm, totalizando 15 pontos de medição em cada amostra distribuídos da seguinte forma: cinco localizados na superfície 1, cinco no centro e cinco na superfície 2, como mostra a **Figura 8**.

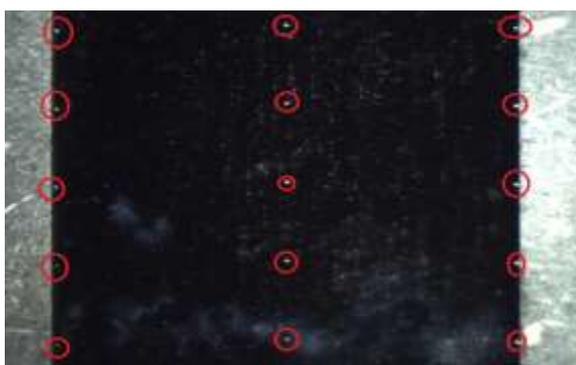


Figura 8 - Pontos das medições de microdureza Vickers em uma amostra

Na **Figura 8**, percebe-se as marcas da penetração do indentador, No **Quadro 2** é apresentada a sequência de ensaios de trefilação.

	Sequência dos Ensaios	Configuração da Barra	Tipo de Fieira	Experimento
Corrida I	01	1	F1	1
	02	1	F1	2
Corrida II	03	2	F1	1
	04	2	F1	2
Corrida III	05	3	F1	1
	06	3	F1	2
Corrida IV	07	1	F2	1
	08	1	F2	2
Corrida V	09	2	F2	1
	10	2	F2	2
Corrida VI	11	3	F2	1
	12	3	F2	2

Quadro 2 – Classificação das barras para os ensaios de trefilação

Os resultados da microdureza Vickers das amostras foram comparados para a análise do gradiente de dureza como uma avaliação qualitativa do gradiente das tensões residuais através do parâmetro IF.

A sequência de ensaios do **Quadro 2** apresenta pelo número da corrida refere-se à redução de processo e fieira utilizada, onde as corridas I e IV representam uma área redução de área de seção de 12%, as corridas II e IV uma redução de 24% e as corridas III e VI uma redução de 36% na área de seção transversal.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Oteve-se resultados de rugosidade, força de trefilação e microdureza Vickers para três reduções do processo de trefilação realizadas em duas diferentes fieiras.

3.1 Medições de Rugosidade Superficial

Ao analisar o **Quadro 3**, percebe-se que o valor máximo de rugosidade encontrado (0,555 μm) após a realização da trefilação é menor do que o valor mínimo das rugosidades antes da realização do processo. Nota-se, ainda, que a rugosidade mínima encontrada foi de 0,129 μm e a média de todas as medições foi de 0,339 μm .

	Antes da Trefilação	Depois da Trefilação
Ra mínimo (em μm)	0,653	0,129
Ra máximo (em μm)	2,682	0,555
Ra médio (em μm)	1,358	0,339
Desvio Padrão	0,553	0,118

Quadro 3 - Resumo das medições de rugosidade

Após a trefilação, a rugosidade média diminuiu 75,04% e, através da comparação dos valores de desvio padrão, pode-se afirmar que as rugosidades mantiveram-se mais estáveis, estes valores vão ao encontro do sugerido na teoria através de trabalhos anteriores, que sugerem uma redução da rugosidade superficial e um excelente acabamento superficial para o processo de trefilação. Isto acontece em função das tensões de cisalhamento presentes na região de contato entre a barra e a fieira.

Além disso, este fenômeno demonstra também uma boa qualidade da lubrificação de processo. A qualidade superficial obtida a través do processo de trefilação é consideravelmente superior à obtida no processo de usinagem.

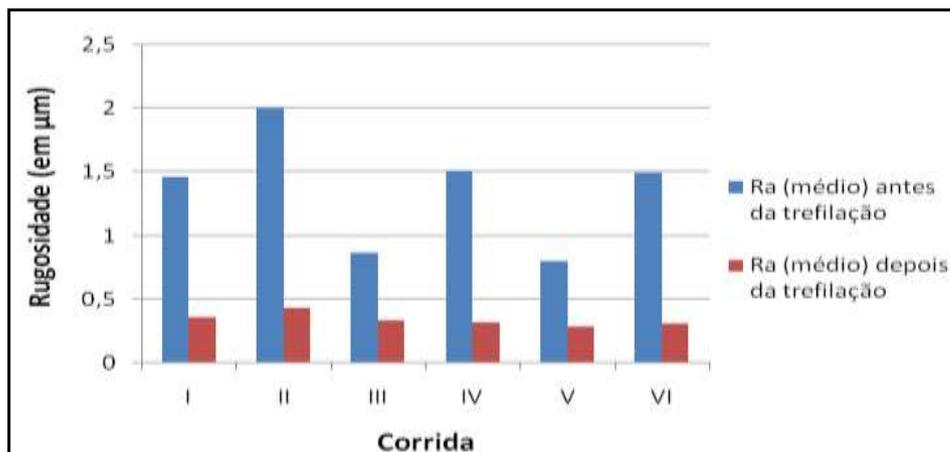


Figura 9 - Comparação entre as rugosidades médias antes e depois da trefilação

Na **Figura 9** é apresentada a redução de rugosidade para cada redução de processo nas diferentes fieiras o que confirma os resultados expostos no **Quadro 3**, a presença de alta tensão de cisalhamento nas regiões de contato permite uma qualificação ou quebra das rugosidades existentes previamente na barra usinada

3.2 Medições de Força de Trefilação

Para cada experimento, a força de trefilação foi indicada pelo *software* Tesc®, as medições foram realizadas instantaneamente com as oscilações demarcadas em gráfico fornecido pelo software. O **Quadro 4** apresenta a força de trefilação para cada configuração de processo.

Corrida	Experimento	Força de trefilação (em kN)	Força média de cada Corrida	Desvio padrão de cada Corrida
Corrida I	1	21,30	21,49	0,269
	2	21,68		
Corrida II	1	28,75	28,63	0,170
	2	28,51		
Corrida III	1	39,16	39,51	0,495
	2	39,86		
Corrida IV	1	23,50	23,43	0,099
	2	23,36		
Corrida V	1	35,10	34,87	0,325
	2	34,64		
Corrida VI	1	40,49	40,66	0,240
	2	40,83		

Quadro 4 - Valores de força de trefilação para cada corrida

Através do **Quadro 4**, que a fieira F1 exigiu forças menores de trefilação ao comparar-se com a fieira F2. O Quadro 4 ainda mostra que, para maiores reduções de área, a força de trefilação aumenta. Na **Figura 10**, esse comportamento pode ser verificado.

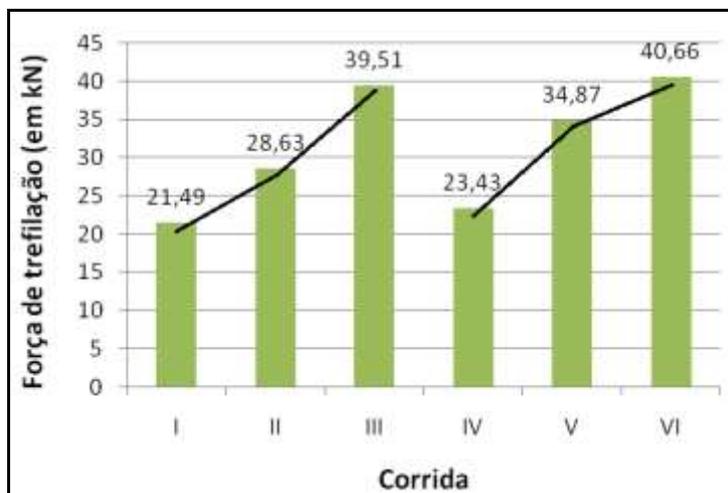


Figura 10 - Comparações entre a força média de cada corrida

A menor variação entre as forças médias para a mesma redução de área está entre as corridas III e VI (2,83%), e a maior variação entre as corridas II e V (17,9%). A variação entre as corridas I e IV foi de 8,28%.

Os resultados encontrados para a força de trefilação na fieira modificada F2 demonstram que apesar da redução de canto vivo com a inserção de um raio de curvatura entre a região de trabalho e a região de calibração permitir um escoamento mais suave do aço dentro da fieira, a inserção de uma segunda região de trabalho, caracterizada na fieira modificada, exige maiores esforços para que a máquina possa fazer com que a barra atravesse a fieira.

Este efeito pode ser explicado pelo escoamento mais homogêneo obtido através da fieira modificada, que ao equilibrar as tensões cisalhantes e trativas acaba exigindo um esforço maior para a realização do processo, em função do deslocamento para o centro da barra das tensões cisalhantes. Este efeito, apesar de aumentar a força de trefilação, pode indicar tensões residuais mais homogêneas de processo.

3.3 Medições de Microdureza Vickers

Na **Figura 11** são apresentados os resultados de microdureza Vickers para as amostras antes e após o processo de trefilação.

A realização das medições de microdureza pode ser um indicativo de presença das tensões residuais através da utilização de parâmetro IF, uma medição qualitativa entre a dureza superficial e central das barras.

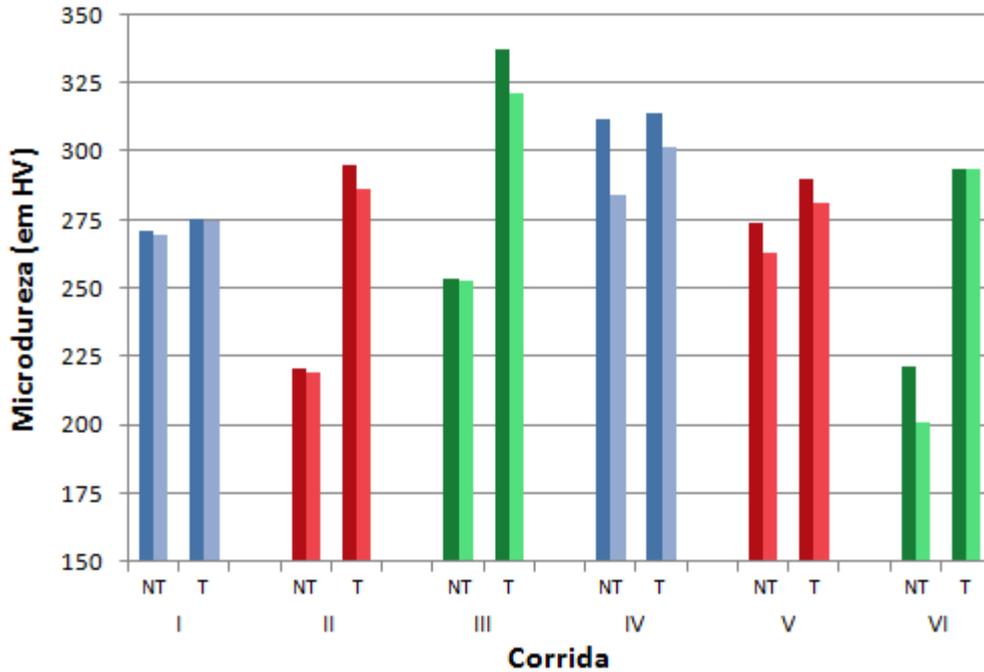


Figura 11 - resultados de microdureza para as amostras antes e após o processo de trefilação

Através da **Figura 11** é possível perceber um aumento da microdureza após o processo de trefilação para todos os experimentos, isto se deve ao endurecimento por deformação provocado pelo escoamento do material dentro da fieira. É possível perceber que o aumento da redução de área de seção transversal não contribui sensivelmente em um aumento da dureza.

Na Figura 12 são apresentados os resultados de Parâmetro IF para cada configuração pesquisada neste trabalho.

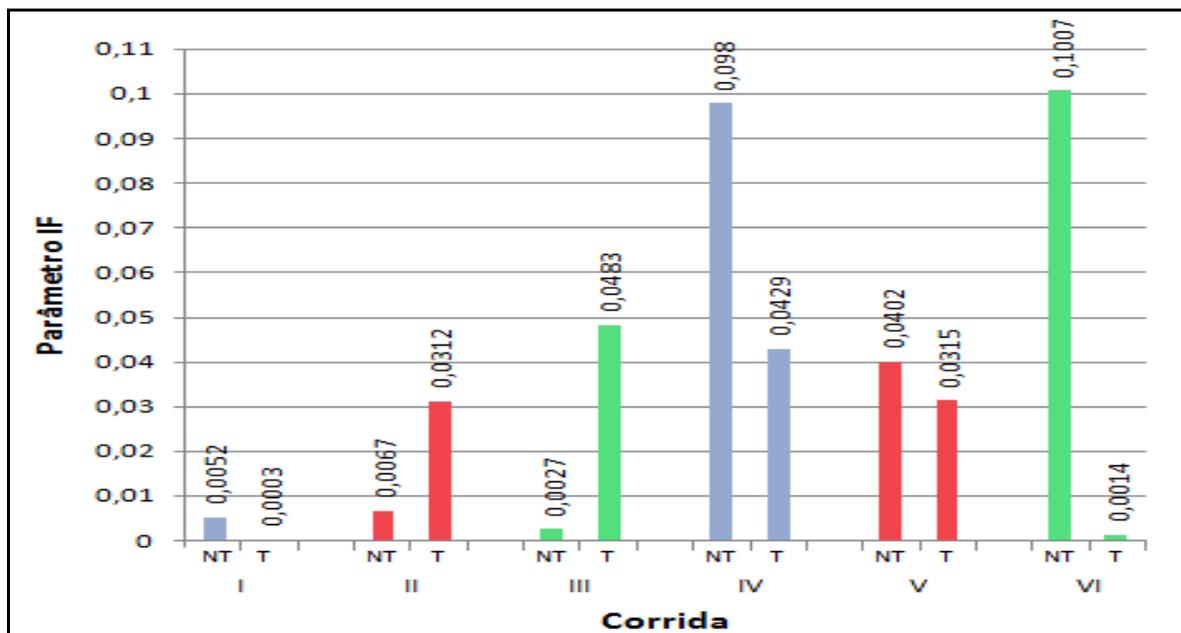


Figura 12 – Parâmetro IF dos processos de trefilação

Ao analisar a Figura 12 percebe-se que, para uma barra com 12,27% de redução de área transversal, as diferenças de microdureza entre o centro e a superfície após a trefilação são menores quando se utiliza a fieira F1. Uma barra que possui 24,37% de redução de área tem a diferença de durezas diminuídas tanto na F1 como em F2 (os parâmetros IF, como citado anteriormente, não variaram consideravelmente). Já para uma barra com 36% de redução de área, os parâmetros IF são menores ao utilizar a fieira F2.

Outro fator importante a destacar, é que não houve uma diferença considerável entre a dureza superficial e a dureza no centro das barras, um indicativo de baixos valores de IF, o que pode sugerir um aumento pouco significativo das tensões residuais após o processo de trefilação, o que vai de encontro à literatura pesquisada.

Como a medição qualitativa das tensões residuais através do parâmetro IF não possui muito detalhamento na literatura até o momento, baixos valores deste parâmetro podem indicar uma ineficiência deste parâmetro para a avaliação das tensões residuais para este processo em específico, já que é sabido que a trefilação provoca considerável aumento nas tensões residuais do processo.

Os valores encontrados para o parâmetro IF não foram conclusivos no que se refere ao aumento no gradiente de tensões residuais, não sendo este parâmetro adequado para a avaliação deste fenômeno especificamente para este processo, sugerindo-se a utilização de difração de Nêutrons ou de Raios-X para uma avaliação dos valores de tensões residuais.

4 CONCLUSÃO

Após a realização desta pesquisa pode-se afirmar que, como consta na literatura, o processo de trefilação possibilita excelente acabamento superficial, pois, após a trefilação, a rugosidade média das barras de aço SAE 1045 diminuiu cerca de 70%. Além disso, a fieira F2 apresentou menores rugosidades se comparada com a fieira F1.

Para a fieira F1, os valores de força de trefilação foram: 21,49 kN para uma barra com redução de área transversal de 12,27%; 28,63 kN para uma barra com redução de 24,37%; e 39,51 kN para uma barra com redução de 36%. Percebe-se que à medida que a redução de área cresce a força de trefilação também aumenta em função dos maiores esforços para realizar a redução na área.

Para a fieira F2, os valores de força de trefilação foram ainda maiores se comparado com a fieira F1: 23,43 kN para uma barra com redução de área transversal de 12,27%; 34,87 kN para uma barra com redução de 24,37%; e 40,66 kN para uma barra com redução de 36%. Com isso, a fieira F1 apresentou os melhores resultados se comparada com a F2, devido a inserção de uma região de trabalho adicional na fieira modificada.

Analisando-se o perfil de microdurezas no centro e na superfície, nota-se que a dureza é maior na superfície, isso porque mesmo com a presença de lubrificante sempre haverá atrito entre a interface fieira/metal, aumentando o encruamento do material nessa região de contato.

Para uma barra com 12,27% de redução de área transversal, os valores de microdureza após a trefilação são maiores quando se utiliza a fieira F2. Uma barra que possui 24,37% de redução de área possui altos valores de microdureza nos dois tipos de fieira. Já para uma barra com 36% de redução de área, as microdurezas são maiores quando se utiliza a fieira F1.

Para uma barra com 12,27% de redução de área transversal, os parâmetros IF são levemente menores quando se utiliza a fieira F1. Na barra com 24,37% de redução os parâmetros IF não variaram consideravelmente. Já para uma barra com 36% de redução de área, as variações são menores ao utilizar a fieira F2.

Apesar de indicar a presença de tensões residuais, os valores de parâmetro IF não são conclusivos para uma avaliação qualitativa para este processo, não sendo possível indicar qual a fieira mais adequada para reduzir o gradiente de tensões residuais, de modo que testes experimentais, como Difração de Nêutrons ou Raios-X se fazem necessários para uma avaliação quantitativa deste fenômeno que se sabe ocorrer para este processo.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Laboratórios LDTM, da UFRGS; LABEMM, do IFC e Laboratório de Usinagem do IFSUL, à CAPES e ao CNPQ pelo apoio concedido.

REFERÊNCIAS

- 1 ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). NBR NM-188-1: Materiais metálicos: Medição da dureza Vickers. Rio de Janeiro, 1999.
- 2 BACKOFEN, W.A. Deformation processing. Londres: Editora Addison-Wesley Pub. Co.; 1972.
- 3 DIETER, G. E. Metalurgia Mecânica. Rio de Janeiro: Guanabara Dois; 1986.
- 4 DIETER, G. E.; HOWARD, A. K.; SEMIATIN, S. L. Handbook of Workability and Process Design. Ohio: ASM International; 2003.
- 5 DOVE, A. B. Steel Wire Handbook. 3. ed. The Wire International Association; 1979.
- 6 NUNES, R. M. Estudo de distorção de barras cilíndricas de aço ABNT 1045 em uma rota de fabricação envolvendo trefilação combinada e têmpera por indução. 2012. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- 7 ROCHA, A. S. et al. Simulação computacional de um processo de trefilação para produção de barras redondas de aço AISI 1045. REM: Revista Escola de Minas (Impresso), v. 64; 2011.
- 8 DE SOUZA, T. F. Metodologia de Otimização de Fieiras de Trefilação Visando a Redução de Tensões Residuais no Material Trefilado através de Simulação Numérica e sua Validação Experimental, 2017. Tese. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul.
- 9 WANG, Z. Residual stress in the forming of materials. Handbook of Residual Stress and Deformation of Steel. Ohio: ASM International; 2002.

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE UM PROCESSO DE TREFILAÇÃO PARA DIFERENTES REDUÇÕES DOS AÇOS SAE 1020 E 1045 EM AMBIENTE INDUSTRIAL E EM MÁQUINA DE ENSAIOS

De Souza, T.F.¹
Wolfardt, M.Jr.²
Pasini, M, R.³
Schoenwald, M.L.⁴
Rocha, A.S.⁵

¹ Dr. Eng. Tomaz Fantin de Souza, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, tomazsouza@sapucaia.ifsul.edu.br.

² Dr. Eng. Mário Wolfardt Jr., Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense, IFC, mario@luzerna.ifc.edu.br e e-mail.

³ Acad. Mateus Ritter Pasini, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense, IFC, mateus.pasini@ifc.edu.br.

⁴ Eng. Maeli Lourenço Schoenwald, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, maeli.schoenwald@hotmail.com.

⁵ Dr. Eng. Alexandre da Silva Rocha, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, alexandre.rocha@ufrgs.br

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Os processos de conformação mecânica alteram as características e a geometria dos materiais, dentre eles, a trefilação faz com que a matéria-prima, usualmente barras cilíndricas, obtenha uma redução na área de seção transversal através da passagem pela matriz cônica, chamada fieira. Dentre as vantagens do processo de trefilação, destacam-se o bom acabamento superficial e a elevada resistência mecânica devida ao encruamento do material. Este trabalho visa analisar diferentes parâmetros do processo de trefilação objetivando interpretar a influência que a redução da área de seção transversal da barra tem sobre a rugosidade superficial do material trefilado, além de realizar uma comparação entre o processo realizado em laboratório com o processo realizado em ambiente industrial. Diferentes reduções em barras de aço SAE 1020 e SAE 1045 laminadas foram utilizadas como corpos de prova. Uma máquina universal de ensaios adaptada foi utilizada para realizar experimentos de trefilação e permitiu a medição da força de trefilação para baixas velocidades de processo, demonstrando que para maiores reduções e para ligas de aço com maior teor de carbono, a força necessária para a realização do processo é mais elevada. Em relação às características superficiais do material, os resultados não foram conclusivos, em alguns casos a rugosidade superficial aumentou após a realização do processo, indo de encontro aos resultados encontrados na literatura e em trabalhos anteriores, sugerindo problemas superficiais na fieira de trefilação industrial e requerem maiores investigações para resultados mais conclusivos.

Palavras-chave: Trefilação; rugosidade, conformação, força de trefilação.

CHARACTERISTICS OF A WIRE DRAWING PROCESS OF A SAE 1020 AND 1045 STEEL DRAWN BY TESTING MACHINE AND BY AN INDUSTRIAL PROCESS

Abstract

Metallforming process are employed by changing geometry and material properties of steel bars, a cold drawing is a process where the raw material get reduction in the cross sectional area by pulling trough a die. The advantages of the drawing process are the surface finishing and the high resistance due the strain hardening from the process. This work aims to analyse different drawing process methods and the influence of the cross section area reduction in the final material performing a comparison between a laboratory and an industrial process for a SAE 1020 and 1045 steel rolled bars. A universal testing machine has allowed to apply the drawing force in the laboratory tests showed an increasing in the drawing force to the high steel carbon percentages and for higher reductions of the cross sectional área. The results for superficial roughness of the material were not conclusive, results are diferente from found in the literature and previous works, suggesting superficial problems in the industrial used die suggesting the necessity of for more tests to get conclusive results.

Key words: Cold-drawing, roughness, hardness drawing forces.

1 INTRODUÇÃO

A trefilação é um processo de fabricação mecânica empregado na produção de barras, tubos e arames e consiste na redução da seção transversal da matéria-prima através da passagem forçada do material pela fieira. Nesse processo, o material é esticado e seu diâmetro reduzido à medida que a deformação acontece (SOUZA, 2014). Na **Figura 1** é mostrada a fieira e suas diferentes regiões.

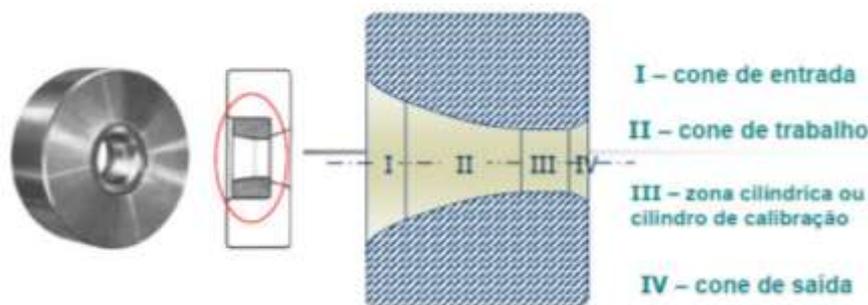


Figura 1 – Fieira e suas regiões internas (Bresciani, 2017)

Zona de entrada (1): local da fieira com ângulo ligeiramente maior que o ângulo de trefilação, indicado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** como 2β , facilitando a centralização da barra e contribuindo para uma melhor lubrificação; **Zona de trabalho (2):** zona onde se localiza o ângulo que será responsável pela redução do metal através dos esforços de tração que puxa o metal pela fieira, essa combinação promove a deformação plástica do material. A partir desta zona, identificada na figura como ângulo 2α , é que se determina a redução da fieira e o diâmetro final da barra; **Zona de calibração (3):** região necessária para a

estabilização e preservação das medidas após o processo de redução da barra de acordo com o menor diâmetro existente da fieira, possui comprimento (H_c) específico, com ângulo zero, conferindo maior qualidade à superfície do metal, pois remove pequenas imperfeições deixadas durante o escoamento do metal; **Zona de saída (4)**: local com ângulo de saída 2γ oposto ao ângulo de entrada, facilita a saída da barra trefilada, permitindo o retorno elástico do material antes da saída total da fieira, minimizando também a possibilidade de abrasão, caso a trefilação seja interrompida ou a fieira não esteja alinhada (NUNES, 2008).

Considerada como um processo de conformação mecânica, a trefilação vem sendo abordada há apenas 40 anos por modelos teóricos. Através desses modelos é possível definir atualmente as forças necessárias do processo, o efeito da geometria da ferramenta (fieira), além das tensões resultantes na área de deformação (SCHAEFFER, 2004).

Este trabalho objetivou analisar diferentes processos de trefilação com objetivo de interpretar a influência que a redução da seção transversal da barra tem sobre as características mecânicas analisadas do produto final. Para tal, foi necessário definir rugosidade superficial e a força de trefilação do metal trefilado em ambiente laboratorial.

A aplicação de parâmetros testados e aprovados proporciona um processo de trefilação mais eficiente e permite contribuir com a eficiência energética em diversos processos, aplicações e afins (CETLIN e HELMAN, 2012).

No processo de trefilação surgem tensões residuais no material o que pode gerar distorções no produto acabado. A relação de redução é um parâmetro de processo que interfere no gradiente de tensões residuais, além do coeficiente de atrito, geometria e ângulo da fieira e a anisotropia do material e é diretamente ligada ao valor da força de trefilação. (SOARES, 2012).

A força de trefilação é um dos parâmetros mais importantes do processo e pode ser prevista através da equação de Siebel, **Equação 2**.

$$F = A_1 \cdot \varphi_A \cdot k_{fm} \cdot \left(1 + \frac{\mu}{\alpha} + \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha}{\varphi_A}\right) \quad \text{(Equação 2)}$$

Onde: k_{fm} é a tensão de escoamento média, φ_A é a deformação verdadeira em área do material, μ é o atrito em Coulomb, α é o semiângulo da fieira e A_1 é a área final da peça (SOUZA, 2011).

Utilizando parâmetros de redução de entrada x redução de saída distintos, foram realizados ensaios em laboratório e em ambiente industrial para os dois aços analisados, SAE 1020 e SAE 1045.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos deste trabalho, foram analisadas 18 barras de aço SAE 1020 e 18 barras de aço SAE 1045 trefiladas através de três configurações de processo para cada material, a mesma configuração foi utilizada para os ensaios em laboratório, apresentadas no **Quadro 1**:

Modelo	Redução	Material	Nº de amostras indústria	Nº de amostras laboratório	Ø Entrada	Ø Saída
1	10%	SAE 1020	3	3	10,00 mm	9,00 mm
2	15%	SAE 1020	3	3	10,00 mm	8,50 mm
3	20%	SAE 1020	3	3	10,00 mm	8,00 mm
4	10%	SAE 1045	3	3	10,00 mm	9,00 mm
5	15%	SAE 1045	3	3	10,00 mm	8,50 mm
6	20%	SAE 1045	3	3	10,00 mm	8,00 mm

Quadro 1 – Corpos de prova utilizados nos ensaios

2.1 Preparação dos Corpos de Prova para os Ensaios de Trefilação

Os **Quadros 2 e 3** representam as relações de medidas das barras de aço do material em análise, barras cilíndricas de SAE 1020 e SAE 1045, ambas laminadas, antes e após o processo de corte e usinagem, respectivamente.

Quantidade	Material	Comprimento	Bitola
1	SAE 1020	2000 mm	12,7 mm
1	SAE 1045	2000 mm	12,7 mm

Quadro 2: Medidas das barras antes do processo de usinagem

Quantidade	Material	Comprimento	Bitola
9	SAE 1020	200 mm	10,00 mm
9	SAE 1045	200 mm	10,00 mm

Quadro 3: Medidas das barras após o processo de corte e usinagem para a trefilação em laboratório

O comprimento do corpo de prova foi definido com base no curso da máquina universal de ensaios e o diâmetro com base na fieira escolhida, as mesmas dimensões foram mantidas para a fieira industrial, objetivando uma maior confiabilidade no processo.

A **Figura 2** representa as dimensões (mm) dos corpos de prova.



Figura 2 Desenho 2D do corpo de prova

Após a usinagem, as peças foram lixadas e polidas, proporcionando um maior ajuste na região de entrada do corpo de prova. A barra é apresentada na **Figura 3**:



Figura 3 - Barra apontada e polida antes do processo de trefilação.

2.2 Medição de rugosidade superficial

Foram realizados ensaios de rugosidade superficial antes e depois do processo de fabricação. Utilizou-se um rugosímetro digital Digimes 3005®. Foram realizadas 3 medições em cada amostra, obtendo assim a rugosidade média para cada amostragem (R_a).

2.3 Ensaio de trefilação

2.3.1 Ensaios de trefilação em laboratório

Os ensaios de trefilação em laboratório foram realizados para comparação de força de trefilação, utilizou-se uma máquina universal de ensaios EMIC®, com capacidade de carga de 100000N acoplada a um dispositivo que permite o encaixe da fieira. A máquina universal de ensaios adaptada para a realização do processo é apresentada na **Figura 4**:



Figura 4 Máquina universal adaptada para ensaios de trefilação

As barras foram trefiladas para três diferentes reduções de processo gerando diferentes forças de trefilação e características mecânicas na barra. A força de trefilação foi obtida instantaneamente a partir do software Tesc® acoplado à máquina.

Os ensaios foram realizados com uma taxa de 100mm/min com lubrificante Agemix-Oil 688®, utilizado comumente em processos de trefilação, os parâmetros do processo realizado em laboratório estão detalhados conforme o **Quadro 4**:

Amostragem	Redução	Material	Nº de amostras	Velocidade	Lubrificante
1	10%	1020	3	100mm/min	Agemix-Oil 688®
2	15%	1020	3	100mm/min	Agemix-Oil 688®
3	20%	1020	3	100mm/min	Agemix-Oil 688®
4	10%	1045	3	100mm/min	Agemix-Oil 688®
5	15%	1045	3	100mm/min	Agemix-Oil 688®
6	20%	1045	3	100mm/min	Agemix-Oil 688®

Quadro 4 Parâmetros do processo de trefilação em laboratório

2.3.2 Ensaios de trefilação industrial

Os ensaios de trefilação em ambiente industrial foram realizados em uma máquina combinada Schumag II®, **Figura 5**, com capacidade de carga de 3 toneladas (29.420N). A máquina não permite a medição automática das forças de trefilação por ser um equipamento antigo e não automatizado. Para tanto, foi utilizada como comparativo, a força teórica obtida através da equação de Siebel.



Figura 5 Trefila Schumag II em ambiente industrial

No **Quadro 5** são apresentados os parâmetros do processo industrial.

Amostragem	Redução	Material	Nº de amostras	Velocidade	Lubrificante
1	10%	1020	3	2000 mm/min	Composto CUTMAX 400
2	15%	1020	3	2000 mm/min	Composto CUTMAX 400
3	20%	1020	3	2000 mm/min	Composto CUTMAX 400
4	10%	1045	3	2000 mm/min	Composto CUTMAX 400
5	15%	1045	3	2000 mm/min	Composto CUTMAX 400
6	20%	1045	3	2000 mm/min	Composto CUTMAX 400

Quadro 5 Parâmetros do processo de trefilação industrial

Foram utilizadas feiras de três diferentes diâmetros e proporções de redução apresentadas nas **Figuras 6, 7, 8 e 9**.



Figura 1 Feira Convencional (SOUZA, 2011)

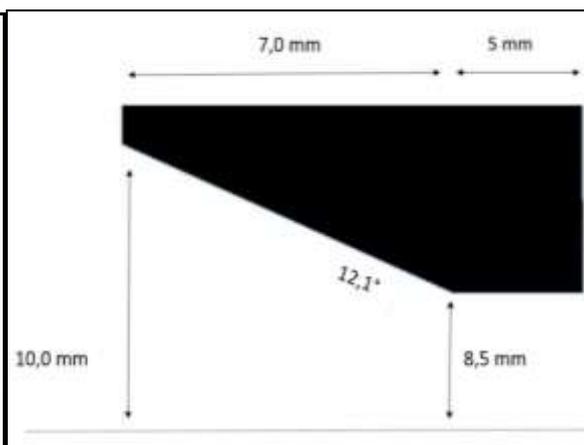


Figura 7 Feira para redução de 10%

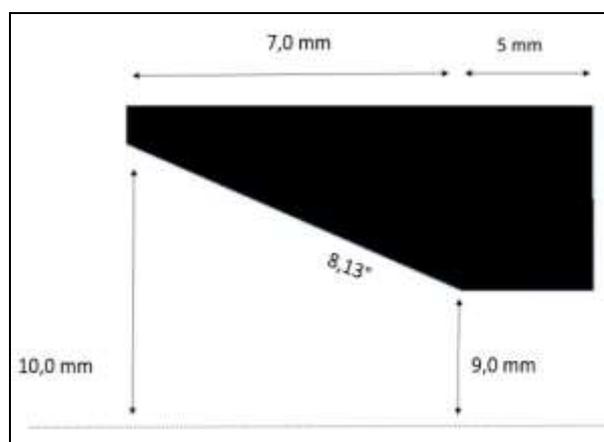


Figura 8 Feira para redução de 15%

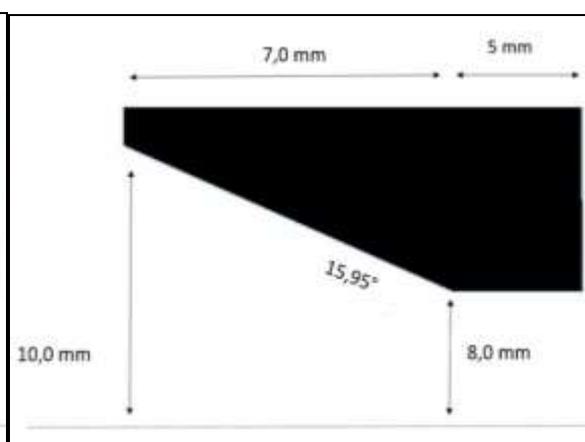


Figura 9 Feira para redução de 20%

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a realização dos ensaios de trefilação foram obtidos resultados de rugosidade superficial para o ensaio de laboratório e também para o processo industrial. A força de trefilação foi obtida através da máquina universal de ensaios e através da equação teórica para ambos os casos.

3.1 Força de trefilação

A força de Trefilação é dependente da porcentagem de redução, das características da máquina utilizada para a realização do processo, das propriedades do material e lubrificação. No **Quadro 6** são apresentados os resultados obtidos para a força de trefilação teórica, obtida através da equação de Siebel para o processo industrial.

Amostragem	Redução	Material	Nº de amostras	Velocidade	Força de Trefilação
1	10%	1020	3	2000 mm/min	17,82 kN
2	15%	1020	3	2000 mm/min	20,55 kN
3	20%	1020	3	2000 mm/min	23,71 kN
4	10%	1045	3	2000 mm/min	20,18 kN
5	15%	1045	3	2000 mm/min	23,61 kN
6	20%	1045	3	2000 mm/min	28,33 kN

Quadro 6 Força de Trefilação Teórica para o Processo Industrial

Através do **Quadro 6** é possível perceber que as barras de aço 1020 necessitaram de uma menor força de trefilação para a realização do processo. A diferença nos valores de força de trefilação teóricos para o processo industrial mostram uma variação entre 13% e 19% para as barras de aço 1020 trefiladas.

Estes resultados indicam que o aumento do teor de carbono e consequente aumento na resistência do material aumentam também a força necessária para a realização da trefilação, para a passagem da barra pela ferramenta. Além disso, maiores valores de redução do processo exigem um esforço maior para que ocorra o escoamento do material na fiação.

Valores menores da força de trefilação tornam o processo mais fácil de ser realizado, visto que, necessitam menos energia para que ocorra a conformação do material e consequentemente diminuem o desgaste na fiação.

No **Quadro 7** são apresentados os resultados para a força de trefilação realizada em laboratório. Ao serem comparados os resultados de força necessários entre o processo desenvolvido industrialmente e o processo controlado em laboratório pode-se perceber que não houve uma variação considerável nos valores de força de trefilação, o que indica uma calibração razoável do equipamento desenvolvido para a trefilação com os valores obtidos no processo industrial.

Ao comparar-se os valores da força de trefilação para a mesma redução de área, obteve-se um força maior para o aço SAE 1045 em todas as reduções analisadas. Uma diferença de 15% foi observada para a redução de 10% de área de seção transversal, 12% para 15% em redução de área e 19% para a maior redução analisada, de 20% da área de seção transversal.

Amostragem	Redução	Material	Nº de amostras	Velocidade	Força de Trefilação
1	10%	1020	3	100 mm/min	17,60 kN
2	15%	1020	3	100 mm/min	21,15 kN
3	20%	1020	3	100 mm/min	23,89 kN
4	10%	1045	3	100 mm/min	20,75 kN
5	15%	1045	3	100 mm/min	24,10 kN
6	20%	1045	3	100 mm/min	29,50 kN

Quadro 7 Resultados da força de trefilação realizada em laboratório

Uma análise visual do processo, nos permite comparar as forças de trefilação entre ambos os processos, conforme a **Figura 10**.

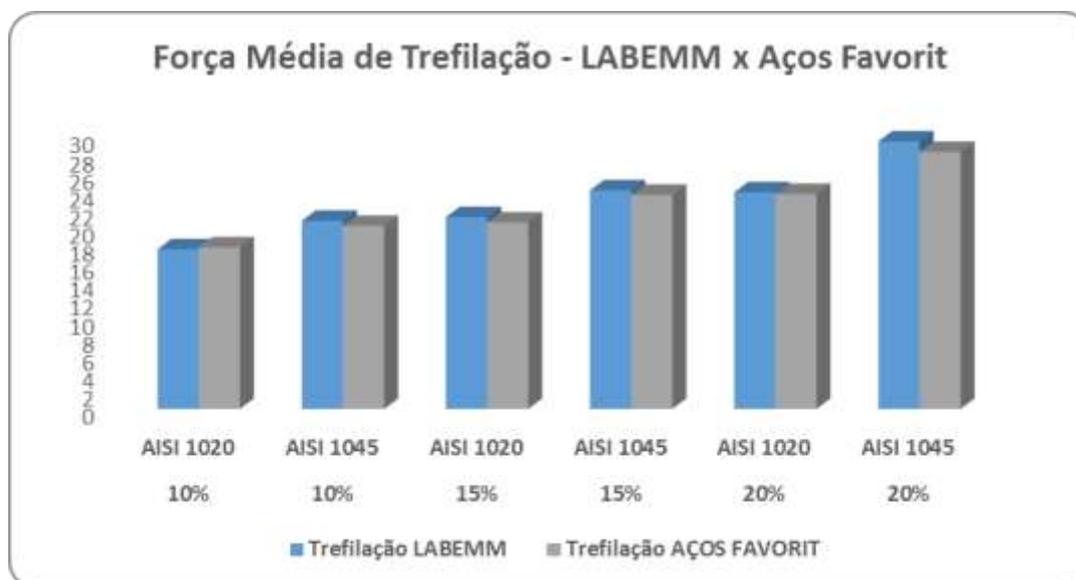


Figura 10 Comparativo da força de trefilação

Foi possível perceber que não houve diferenças significativas entre o teste experimental e o processo industrial apesar das grandes diferenças de velocidades envolvidas nos processos.

Apesar do processo industrial ser realizado a uma velocidade 20 vezes maior do que o processo realizado através da máquina universal de ensaios, as diferenças não foram evidenciadas, pois a equação de Siebel, utilizada para descrever o processo industrial, não leva em consideração a taxa de deformação do material.

Os valores de força de trefilação obtidos no processo industrial necessitam de uma análise mais detalhada, que poderá ser obtida através da adaptação de uma célula de carga à saída do processo.

3.2 Rugosidade

Os resultados de rugosidade das barras ensaiadas permitiram avaliar o acabamento superficial proporcionado pelo processo de trefilação. Sabe-se que

redução nos valores médios da rugosidade é uma das características principais de materiais trefilados.

No **Quadro 8** são apresentados os resultados obtidos para a rugosidade das barras de aço SAE 1020 e 1045 através do processo industrial.

Rugosidade Ra - Aço 1020 Ø 8 mm				Rugosidade Ra - Aço 1045 Ø 8 mm			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Medida 1 (µm)	0,344	0,338	0,378	Medida 1 (µm)	0,272	0,290	0,239
Medida 2 (µm)	0,378	0,324	0,399	Medida 2 (µm)	0,289	0,293	0,251
Medida 3 (µm)	0,350	0,342	0,361	Medida 3 (µm)	0,294	0,270	0,254
Média (µm)	0,357	0,335	0,379	Média (µm)	0,285	0,284	0,248

Rugosidade Ra - Aço 1020 Ø 8,5 mm				Rugosidade Ra - Aço 1045 Ø 8,5 mm			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Medida 1 (µm)	0,347	0,344	0,322	Medida 1 (µm)	0,273	0,324	0,264
Medida 2 (µm)	0,330	0,364	0,339	Medida 2 (µm)	0,282	0,306	0,279
Medida 3 (µm)	0,353	0,356	0,323	Medida 3 (µm)	0,261	0,298	0,285
Média (µm)	0,343	0,355	0,328	Média (µm)	0,272	0,309	0,276

Rugosidade Ra - Aço 1020 Ø 9 mm				Rugosidade Ra - Aço 1045 Ø 9 mm			
	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3		Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Medida 1 (µm)	0,339	0,295	0,370	Medida 1 (µm)	0,411	0,416	0,406
Medida 2 (µm)	0,335	0,290	0,370	Medida 2 (µm)	0,400	0,423	0,395
Medida 3 (µm)	0,313	0,286	0,363	Medida 3 (µm)	0,420	0,415	0,409
Média (µm)	0,329	0,290	0,368	Média (µm)	0,410	0,418	0,403

Quadro 8 Rugosidade no Processo Industrial

Através do **Quadro 8** é possível perceber que a rugosidade das barras de aço 1045 apresentam superfícies mais rugosas após o processo de trefilação para maiores reduções na área transversal.

Para o aço 1020, mesmo com variações pouco significativas, a rugosidade foi levemente reduzida após a realização do processo.

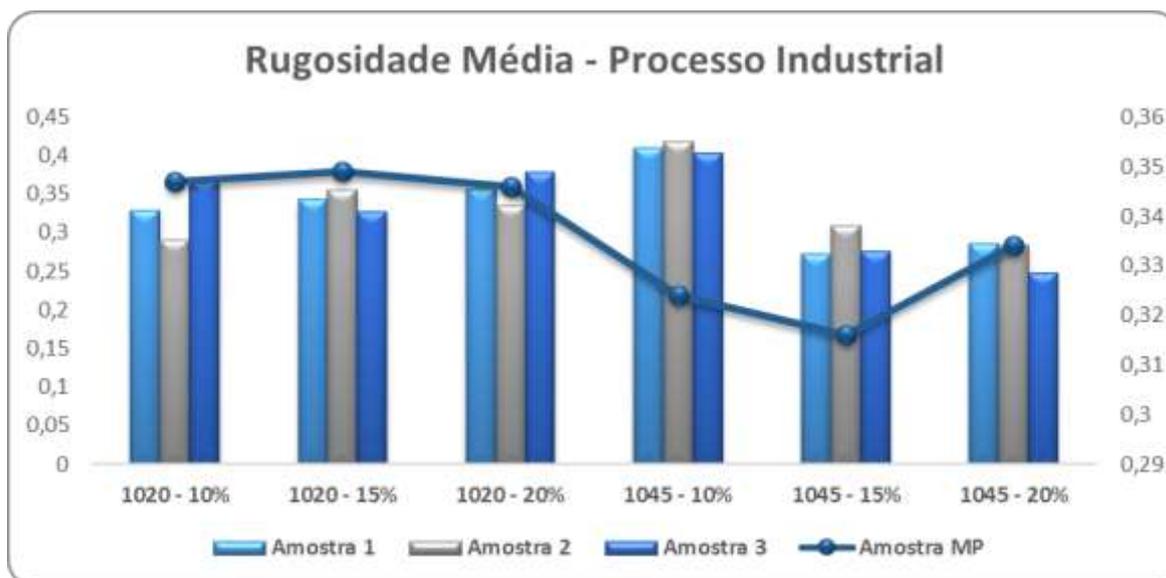
Estes resultados indicam que o aumento do teor de carbono e consequente aumento na resistência do material podem ter influenciado nos valores de atrito entre a fieira e o fio-máquina, é possível que o material tenha sofrido uma movimentação nos seus grãos superficiais que causou o aumento da rugosidade para o aço 1045

O processo de trefilação para barras de aço SAE 1045 com reduções de 10% proporcionam um acabamento superficial de baixa qualidade, já que a rugosidade é maior, inclusive, que a rugosidade da matéria-prima.

A redução de 15% do aço 1045 proporciona acabamento superficial melhorados em relação à mesma redução de aço 1020, porém se comparado com a matéria-prima, houve um aumento na rugosidade superficial.

Já a redução de 20% de aço 1045 não apresenta grandes alterações em relação à rugosidade do material laminado, o mesmo se apresenta para as três reduções do aço 1020.

No **Quadro 9** são apresentados os resultados comparativos dos valores obtidos para a rugosidade dos materiais usinados e trefilados para barras de aço AISI 1020 e AISI 1045.



Quadro 9: Avaliação de rugosidade – Laminado X Trefilado

Através do **Quadro 9** é possível perceber que a rugosidade superficial das barras de aço SAE 1020 foram reduzidas após a realização do processo, o mesmo efeito não é evidenciado para o aço SAE 1045.

Os resultados encontrados para o aço SAE 1045 vão de encontro aos resultados encontrados na literatura. Além disso, os valores de redução da rugosidade superficial encontrados no aço SAE 1020 também não são significativos. Este fenômeno pode ter sido proporcionado por algum problema de lubrificação ou na região interna de trabalho da fieira, como riscos, ou imperfeições.

4 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo final analisar o efeito das variáveis: reduções de área de seção e diferentes máquinas de processo na rugosidade e forças de trefilação para barras de aços SAE 1020 e SAE 1045.

A utilização de combinações de diferentes parâmetros de trefilação: 3 fieiras com geometrias diferentes e ensaios com diferentes tipos de materiais, teve como finalidade a definição dos efeitos destes parâmetros nas características do produto final.

A amplitude das forças de trefilação para as diferentes fieiras não foi elevada, considera-se que ambos os processos estavam de acordo com os requisitos desejados para o processo, possuindo uma calibração adequada e proporcionando resultados confiáveis.

A força de trefilação realizada em laboratório para uma baixa taxa de deformação e a força calculada teoricamente para o processo industrial através da equação de Siebel permitiu observar um aumento na força de trefilação para o aço SAE 1045, em função da maior resistência mecânica.

A força de trefilação realizada em laboratório para uma baixa taxa de deformação e a calculada teoricamente para o processo industrial através da equação de Siebel demonstrou um aumento na força de trefilação para maiores

reduções de processo, mas a variação obtida para as diferentes velocidades não foi significativa.

Os resultados encontrados para o perfil de rugosidade superficial não demonstraram variações significativas entre as peças antes e após o processo de trefilação, o que vai de encontro aos resultados encontrados na literatura ou em trabalhos anteriores. Essas diferenças podem resultar de problemas superficiais na ferramenta de trefilação e requerem maiores investigações para resultados mais conclusivos.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos Laboratórios LDTM, da UFRGS; LABEMM, do IFC e Laboratório de Usinagem do IFSUL, à CAPES e ao CNPQ pelo incentivo concedido.

REFERÊNCIAS

- 1 BRESCIANI Filho, E.; ZAVAGLIA, C. A. C.; BUTTON, S. T.; GOMES, E.; NERY, F. A. C.. Conformação Plástica dos Metais. Campinas: Editora da Unicamp, 1997 (5ª edição).
- 2 CETLIN, Paulo R.; HELMAN, Horacio. FUNDAMENTOS DA CONFORMAÇÃO: Mecânica dos Metais. 2º. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2005. 260 p.
- 3 SCHAEFFER, Lirio. Conformação Mecânica. 2º. ed. Porto Alegre: Imprensa Livre, 2004. 165 p.
- 4 SOARES, C. A. T. Análise das Tensões Residuais no Processo de Trefilação. Considerando os Efeitos da Anisotropia. Dissertação de Mestrado. UFRGS, 2012
- 5 SOUZA, T. F. Simulações Computacionais para Análise e Minimização das Tensões Residuais no Processo de Trefilação. Dissertação de Mestrado. UFRGS, 2011.
- 6 SOUZA, V. M. Análise numérica e experimental da força para trefilar arames de aço baixo carbono. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica, IFSUL, 2014.

MÓDULO DIDÁTICO DE MEDIÇÃO DE DEFLEXÃO

da Rosa, W. C.¹
de Souza, T. F.²

¹ *Graduando em Engenharia Mecânica, Waldo Cruz da Rosa, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, waldodara@gmail.com.*

² *Dr. Eng. Tomaz Fantin de Souza, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, tomazsouza@sapucaia.ifsul.edu.br.*

Resumo

Neste trabalho foi projetado e construído um dispositivo capaz de promover e medir a deflexão em uma viga com a aplicação de uma força conhecida. No projeto, foi empregada simulação computacional através do método de elementos finitos para avaliar as tensões e os deslocamentos máximos da estrutura perante a carga aplicada durante a execução de ensaios. Por meio da simulação computacional, foi verificado que a estrutura não deveria apresentar deslocamentos superiores a 0,05 mm, que é a incerteza máxima de medição de deflexão admitida pela norma ASTM E-855-90 (2000), utilizada como referência. Um teste experimental de flexão foi conduzido para avaliar os deslocamentos da estrutura do dispositivo em virtude da aplicação da carga de ensaio. Esse consistiu em submeter um corpo de prova a uma carga concentrada de 5 kN, aplicada na metade do seu comprimento, e medir os deslocamentos em pontos determinados do equipamento. Os resultados mostraram que os deslocamentos da estrutura do equipamento alcançaram valores abaixo do limite especificado, enquanto as bases dos apoios apresentaram deslocamento transversal à carga aplicada superior ao limite e devem ser melhoradas para a sequência do projeto.

Palavras-chave: Deflexão; Simulação computacional; Projeto.

DIDACTIC MODULE OF DEFLECTION MEASUREMENT

Abstract

In this work was designed and built a device capable of promoting and measuring the deflection in a beam with the application a known force. In the project, a computational simulation using finite element method was employed to evaluate the tensions and the maximum displacements of the structure given the load applied during the execution of tests. Through computer simulation, it was verified that the structure should not have displacements greater than 0.05 mm, which is the maximum deflection measurement uncertainty allowed by ASTM E-855-90 (2000), used as a reference. An experimental flexion test was conducted to evaluate the displacements of the device structure by applying a test load. This consisted of subjecting a specimen to a concentrated load of 5 kN, applied at half its length, and measuring the displacements at certain points of the equipment. The results showed that the displacements of the equipment structure reached values below the specified limit, while the bases of the supports presented displacement transverse to the applied load above the limit and should be improved for the project sequence.

Key words: Deflection; Computer simulation; Project.

1 INTRODUÇÃO

Diante da realidade de alunos cada vez mais interessados em visualizar, fisicamente, aquilo que estudam, a adoção de ferramentas interativas nas aulas mostra-se uma interessante alternativa didática aos professores de disciplinas de mecânica aplicada. Atendendo a esta demanda, buscou-se proporcionar, aos alunos das disciplinas de mecânica dos sólidos, uma maneira de visualizar, fisicamente, os efeitos da deflexão em um dos principais componentes estruturais, que são as vigas. Para tanto, foi projetado e construído um sistema capaz de promover e medir a deflexão em uma viga em virtude da aplicação de uma força conhecida. No projeto, empregou-se simulação computacional, através do método de elementos finitos, para avaliar as tensões e os deslocamentos máximos da estrutura perante a carga aplicada durante a execução de ensaios.

As vigas são peças estruturais submetidas a forças e momentos com vetores perpendiculares ao eixo da barra. Quando as cargas agem no mesmo plano, e se todos os deslocamentos ocorrerem nele, as vigas são ditas estruturas planas e o referido plano é denominado plano de flexão.⁽¹⁾

A curva de deflexão de uma viga pode ser calculada a partir da curvatura oriunda da flexão. Através do equacionamento da curva da deflexão, é possível calcular as deflexões, v (Figura 1), em pontos específicos da viga, que são de grande importância no projeto estrutural, devendo ser analisados se seus valores encontram-se dentro de limites toleráveis.⁽¹⁾⁽²⁾

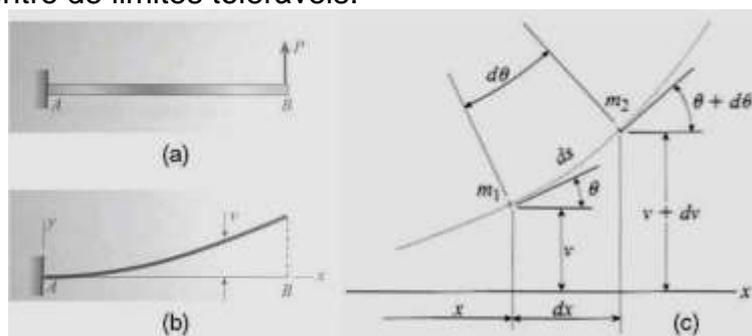


Figura 1. Curva de deflexão de uma viga engastada: (a) Aplicação da carga; (b) Curva de deflexão; (c) Relação da deflexão com a curvatura. Adaptado.⁽¹⁾

Norton⁽³⁾ define o projeto de engenharia: “o processo de aplicação das várias técnicas e princípios científicos com o intuito de definir um dispositivo, um método ou um sistema suficientemente pormenorizado para permitir sua realização”. Segundo o autor, é tarefa do engenheiro definir e calcular as variáveis envolvidas no dimensionamento de cada um dos diversos componentes existentes em uma máquina.

A maioria dos projetos, no entanto, não é original, ou seja, uma inovação. Quase todos os projetos são adaptativos ou desenvolvimentistas, nos quais um produto já existente é aperfeiçoado no âmbito de seu princípio de funcionamento ou mesmo pelo emprego de novos tipos de materiais. Por fim, classifica-se como projeto variante aquele que envolve uma mudança de escala ou dimensão, como a ampliação de uma caldeira, por exemplo.⁽⁴⁾

Na engenharia, muitos fenômenos podem ser descritos em termos de equações diferenciais parciais. Entretanto, a solução analítica dessas equações para geometrias complexas torna-se quase impossível. O Método dos Elementos Finitos, MEF, é uma aproximação numérica destinada a resolver essas equações

diferenciais parciais de modo aproximado e pode ser empregado, entre outras aplicações, para prever o comportamento estrutural, térmico, elétrico e químico de sistemas, tanto no projeto como na análise de desempenho.⁽⁵⁾

A aplicação do método começa pela determinação de um sistema discreto, no qual uma estrutura, inicialmente um sistema contínuo, é dividida em partes separadas distintas, conectadas entre si nos pontos discretos (nós). Com a subdivisão do sistema em um número finito de elementos, a estrutura inteira é modelada por um agregado de estruturas simplificadas.⁽⁶⁾

Ferramentas de *projeto auxiliado por computador* (CAD) e *engenharia auxiliada por computador* (CAE) representam, hoje, um aparato fundamental para a viabilidade econômica dos projetos, já que é cada vez maior a complexidade e simultaneamente menor o tempo para sua elaboração.⁽³⁾⁽⁷⁾

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para alcançar os objetivos do trabalho, foi proposta uma metodologia dividida em cinco etapas, como mostrado na Figura 2. Por se tratar de pesquisa em andamento, este artigo aborda somente as etapas 1, 2 e 3.

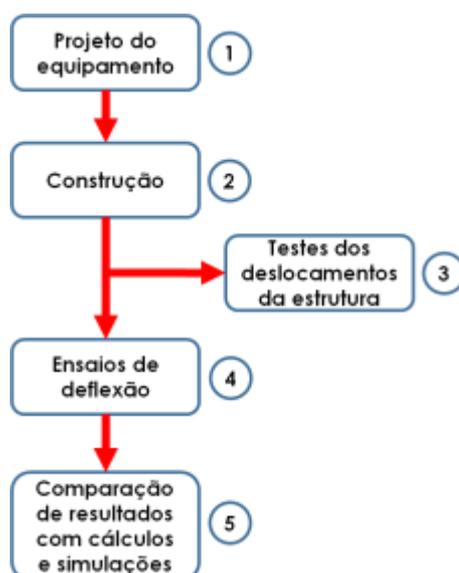


Figura 2. Diagrama de blocos da metodologia da pesquisa completa

2.1 Projeto

Foi elaborado um projeto adaptativo empregando materiais doados e partes reaproveitadas de outros equipamentos. As formas e dimensões adotadas no projeto foram determinadas a partir características construtivas presentes na norma ASTM E-855-90 (2000), sobre ensaio de dobramento de materiais metálicos destinados a aplicações de molas, mas com adequações em relação à finalidade do equipamento.

O equipamento é constituído por uma estrutura, uma unidade de aplicação de força, um sistema de medição de força e um sistema de medição de deslocamento. A Figura 3 mostra o desenho de conjunto e lista de peças.

A estrutura base, o suporte da unidade de força e as colunas são compostos por peças de aço ASTM-A36, na forma de chapas planas (com espessuras entre 9,52 mm e 12,70 mm) e vigas tipo “I” de 4” de 1ª alma (4,83 mm).

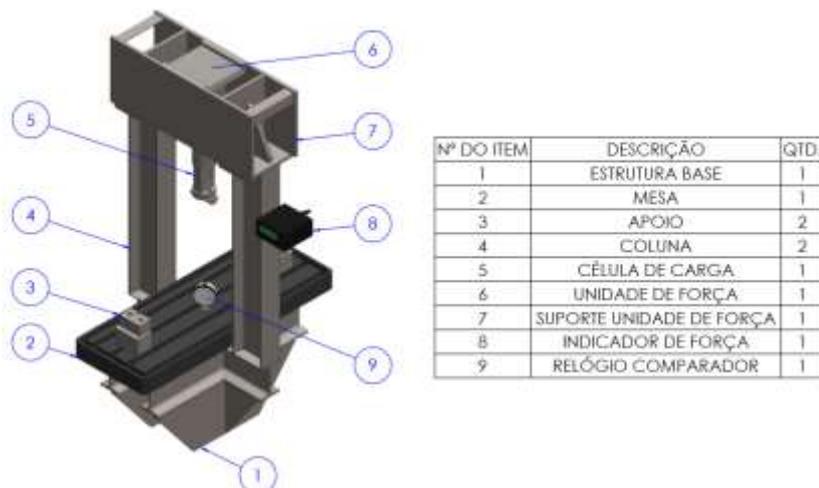


Figura 3. Vista de conjunto do equipamento

A unidade de aplicação de força trata-se de uma bomba hidráulica manual, extraída de uma prensa hidráulica com capacidade de 10 toneladas.

O sistema de medição de força é composto por uma célula de carga tipo Z para carga de até 1000 kgf e um indicador digital de carga (força). O conjunto é alimentado por tensão alternada de 220 volts. Já o sistema de medição de deslocamento é composto por um relógio comparador com resolução de 0,01 mm, montado em um suporte.

2.1.1 Verificações do equipamento por simulação computacional

A partir dos limites operacionais estabelecidos para o equipamento, com carga e vão máximos de 5 kN e 450 mm, respectivamente, foram realizadas simulações computacionais através do método de elementos finitos com o software SolidWorks a fim de garantir a resistência mecânica do conjunto, bem como assegurar que os deslocamentos máximos da estrutura não excedessem o limite máximo admitido pela norma ASTM E-855-90 (2000).⁽⁸⁾

De acordo com a norma, num ensaio de dobramento a deflexão deve ser medida com uma precisão de 0,05 mm, e este valor então foi adotado como o máximo deslocamento admitido para a estrutura do equipamento.

A Figura 4 mostra a simulação dos deslocamentos. Como pode ser visto, o deslocamento máximo observado na estrutura é de 0,03 mm, dentro do limite de 0,05 mm pré-estabelecido no projeto.

A exigência em torno de um valor admissível consideravelmente pequeno para a deflexão implica em uma estrutura excepcionalmente reforçada em termos de resistência mecânica.

A Figura 5 mostra que os níveis de tensão a que são submetidas as peças em chapa do equipamento não excedem 5 MPa. Já a Figura 6 apresenta as tensões presentes nos componentes de viga da estrutura, as quais igualmente apresentam valores abaixo de 5 MPa. Esse valor de tensão representa 2% da tensão de escoamento do aço ASTM-A36 (250 MPa), o que representa um fator de segurança de 1 para 50, caso o projeto fosse abordado com esse foco.

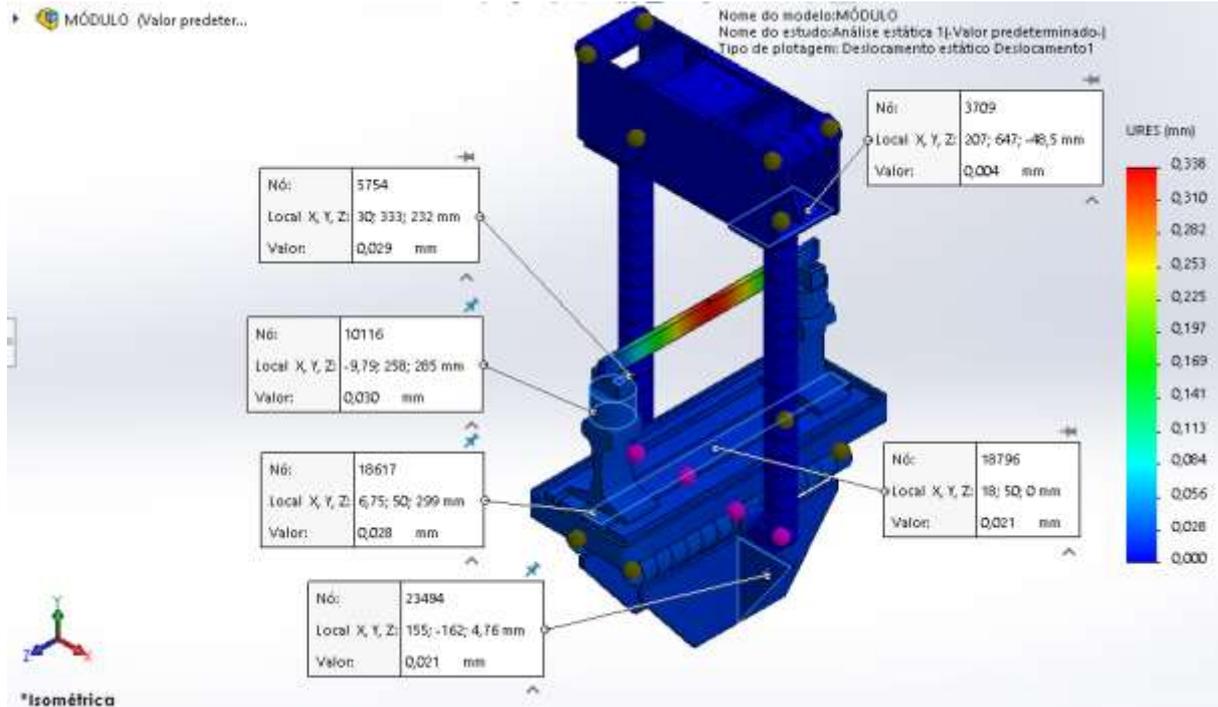


Figura 4. Simulação dos deslocamentos da estrutura

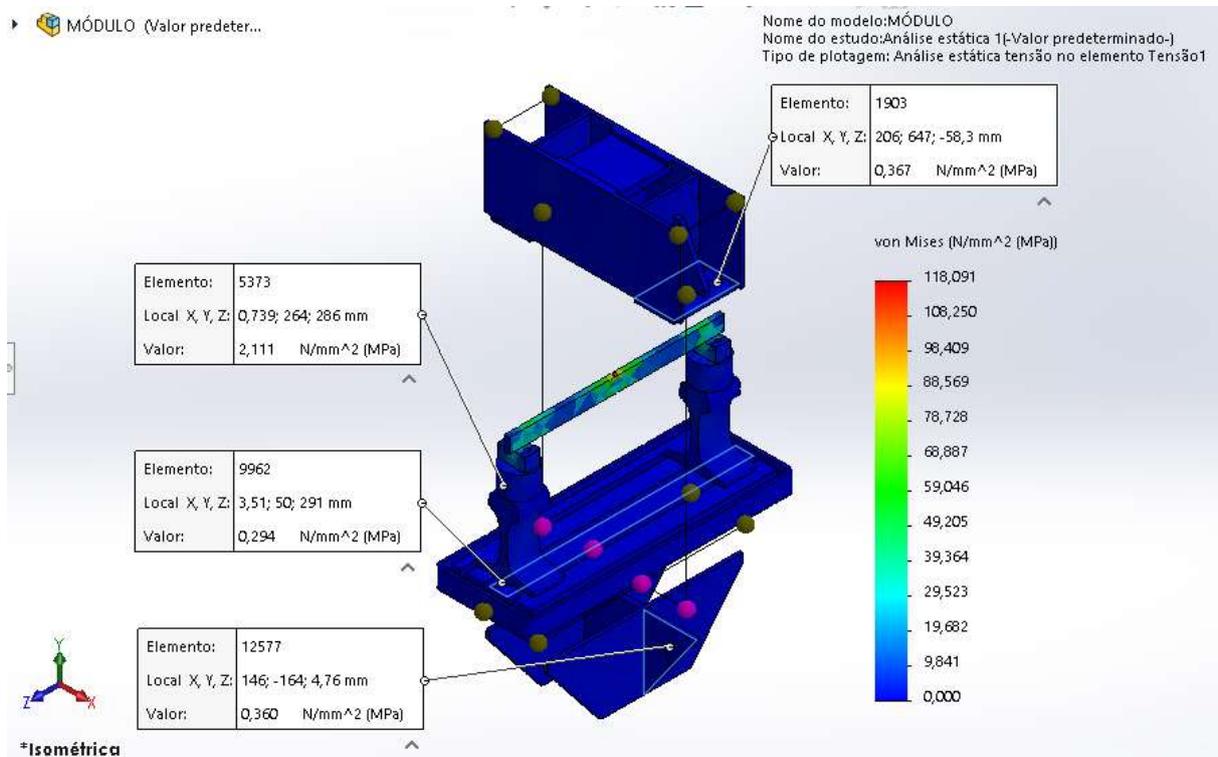


Figura 5. Simulação de tensões: peças em chapa

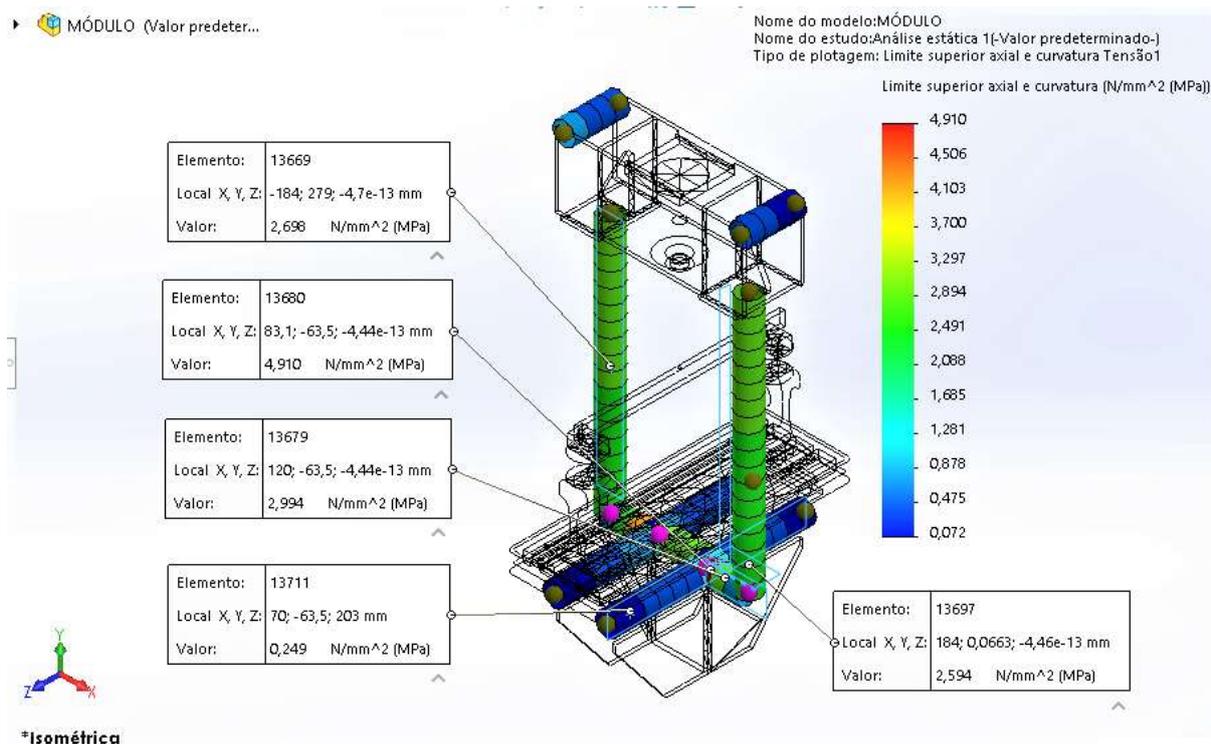


Figura 6. Simulação de tensões: componentes de viga

2.1.2 Preparação das peças

As chapas empregadas na estrutura base e nos reforços do suporte da unidade de força, além das vigas das colunas, foram cortadas com um maçarico de oxicorte manual (Figura 7) e posteriormente lixadas com uma esmerilhadeira para ajuste do alinhamento dos cortes.



Figura 7. Peças cortadas por oxicorte

A mesa é construída em ferro fundido, material de difícil soldagem. Por conta disso, furos com rosca foram executados e uma chapa plana foi aparafusada no componente (Figura 8), sendo esta chapa posteriormente soldada na estrutura base.

A unidade de força e o seu suporte são originados de uma prensa hidráulica com capacidade de 10 Toneladas. A estrutura da prensa foi readequada, sendo removidas as colunas originais e unidas as chapas superiores e inferiores a fim de duplicar a altura da viga formada, aumentando o momento de inércia da seção do perfil.



Figura 8. Chapa aparafusada na mesa

As peças responsáveis por fazer a fixação da célula de carga no equipamento foram construídas em aço SAE 1045, por meio de usinagem (torneamento e fresamento) (Figura 9).



Figura 9. Peças para fixação da célula de carga

Os apoios foram fabricados a partir de uma barra quadrada de 38,1 mm, de aço SAE 1045. Na parte superior, um chanfro de 5° foi realizado para caracterização de um gume no qual os corpos de prova devem ser dispostos durante os ensaios. Os componentes foram acoplados, com parafusos, em suportes construídos a partir de trilhos ferroviários TR 68 e barras de aço SAE 1020.

2.1.2 Teste do equipamento

Após o término da construção do equipamento, um teste foi conduzido para avaliar os deslocamentos dos componentes em virtude da aplicação da carga de ensaio. Esse teste consistiu em colocar um corpo de prova no equipamento, aplicar uma carga concentrada de 5 kN na metade do seu comprimento e medir os deslocamentos em pontos determinados do equipamento.

O corpo de prova foi uma barra de aço SAE 1020 com as dimensões descritas no Quadro 1 e demonstradas na Figura 10.



Figura 10. Ilustração do corpo de prova

Cota	Dimensão (mm)
L	450
L1	550
b	12,7
h	38,1

Quadro 1. Dimensões do corpo de prova

A Figura 11 mostra os pontos de medidos, bem como as direções adotadas a partir do sistema de coordenadas X, Y, Z.

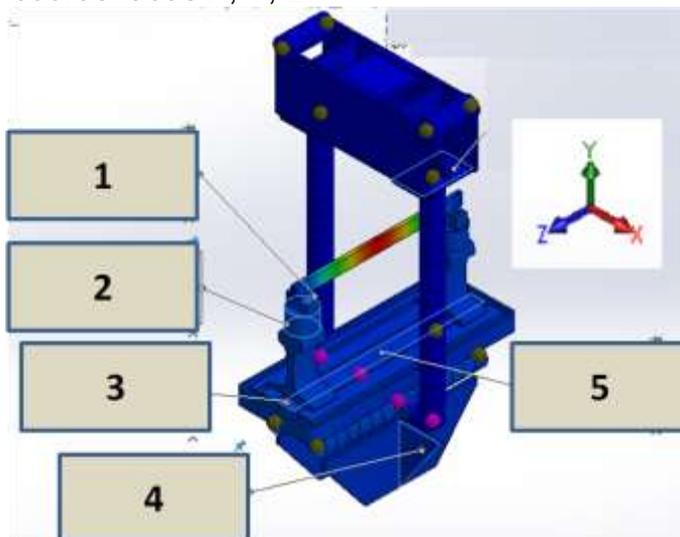


Figura 11. Pontos medidos e orientação dos eixos

As medições foram feitas com um relógio comparador com resolução de 0,01 mm, marca Mitutoyo, que foi montado em uma base magnética presa a uma estrutura rígida alheia ao equipamento (Figura 12).



Figura 12. Medição dos deslocamentos do equipamento

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Montagem

A montagem do equipamento teve início pela estrutura base, sendo posicionadas e fixadas as vigas na parte inferior da chapa aparafusada na base (Figura 13a). Posteriormente, as nervuras foram colocadas, completando a parte inferior do dispositivo (Figura 13b). Como pode ser observado, foram feitos furos nas vigas para acesso aos parafusos das chapas.



Figura 13. (a) Vigas da estrutura base; (b) Nervuras da estrutura base

A seguir, as colunas foram colocadas e alinhadas com uso de um esquadro de precisão, de maneira a ficarem perpendiculares em relação à mesa. Em seguida, o suporte da unidade de força foi colocado na parte superior das colunas, em cima de chapas de apoio. O posicionamento foi novamente realizado com o esquadro de precisão e também com réguas, que auxiliaram o alinhamento do conjunto. A fim de evitar a perda desses alinhamentos por conta de empenamentos introduzidos pela soldagem, perfis foram fixados provisoriamente para realizar um travamento dos componentes, como pode ser visto na Figura 14.

A última etapa da construção com relação à estrutura do equipamento foi a soldagem para união entre as chapas e os perfis. Um dos cordões de solda pode ser observado na Figura 15a. Foi empregada soldagem por eletrodos revestidos, na qual foram utilizados eletrodos AWS E6013 e AWS E7018, com corrente positiva para ambos. O equipamento de solda utilizado foi um inversor de corrente, marca Lincoln Electric, modelo INVERTEC V160-S, com capacidade de 160 A (Figura 15b).

A célula de carga foi montada e acoplada no fuso da unidade de força (Figura 16a) por meio de um parafuso M10 inserido num furo roscado efetuado no fuso quando da fabricação das peças do conjunto da célula. Por fim, os apoios foram fixados junto à mesa com parafusos M12 colocados nos rasgos em “T” destinados à instalação de acessórios (Figura 16b).



Figura 14. Travamento dos componentes para evitar a perda dos alinhamentos



Figura 15. Soldagem dos componentes: (a) cordão de solda; (b) equipamento de soldagem



Figura 16. Componentes de força: (a) célula de carga; (b) apoio

3.2 Medição dos deslocamentos do equipamento

As medições dos deslocamentos foram efetuadas três vezes em cada ponto e os valores médios são apresentados no Quadro 2.

Ponto	Eixo	Valor médio medido (mm)
1	Y	Inconclusivo
2	Z	+0,15
3	Y	-0,05
4	Y	+0,01
5	Y	-0,01

Quadro 2. Resultados das medições dos deslocamentos do equipamento

No ponto 2 houve um deslocamento acima do limite aceitável no projeto e que não foi previsto pela simulação. Uma causa provável para isso pode estar relacionada à ligação das bases do apoio com a mesa, que foi realizada com parafusos, enquanto que na simulação foi assumida uma condição de ligação rígida entre os componentes. No entanto, o deslocamento ocorre em direção transversal ao sentido de aplicação da carga, o que diminui o impacto no erro considerado nos futuros ensaios a serem conduzidos no módulo, mas deve ser corrigido com melhorias no sistema de fixação dos apoios.

Em virtude do deslocamento excessivo no ponto 2, a medição no ponto 1 foi prejudicada e deve ser refeita quando da correção dos apoios.

O ponto 3 apresentou deslocamento de 0,05 mm, um pouco acima do previsto pela simulação, mas dentro do limite estabelecido.

Os pontos 4 e 5 apresentaram valores 50% menores que aqueles obtidos pela simulação. Todavia, a medição no ponto 5 também deve ser refeita após a correção dos apoios, pois ali será posicionado o relógio comparador quando forem realizados os futuros ensaios.

4 CONCLUSÃO

A construção do equipamento se utilizou de meios de fabricação acessíveis e disponíveis no meio industrial da fabricação mecânica, não demandando procedimentos de alto custo agregado e concretizou tudo que fora previsto no projeto.

O teste realizado mostrou que os deslocamentos da estrutura nos pontos 3, 4 e 5 ficaram bastante próximos a simulação computacional, deixando evidente que as condições de contorno adotadas na simulação, no que se refere à estrutura base, mesa, colunas e suporte da unidade de força se mostraram adequadas.

Já o deslocamento a maior no ponto 2, em relação à simulação, sugere que talvez não seja adequado assumir uma condição de rigidez em uma ligação com parafusos, tendo em vista que a maior diferença entre simulação e aplicação real houve justamente numa região com essa característica, que é o caso das bases dos apoios fixadas à mesa.

Uma correção deste meio de ligação se faz necessária para o prosseguimento do projeto de maneira adequada e confiável.

Testes de validação das medições realizadas nas vigas a serem testadas e comparações com os resultados encontrados na literatura ainda se fazem

necessários para a obtenção de resultados mais conclusivos e utilização didática do dispositivo apresentado neste trabalho.

Agradecimentos

Ao Dr. Eng. Carlos Alberto Shuck Bork, e aos professores e técnicos responsáveis pelo laboratório de usinagem do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense, IFSUL, Câmpus Sapucaia do Sul, além de alunos voluntários por todo o apoio técnico e operacional na fabricação dos componentes usinados.

REFERÊNCIAS

- 1 GERE, J. M.; GOODNO, B. J. Mecânica dos Materiais. Tradução de Luis Fernando de Castro Paiva. 7ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- 2 HIBBELER, R. C. Resistência dos Materiais. Tradução de Arlete Similille. 7ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.
- 3 NORTON, R. L. Projeto de Máquinas: Uma Abordagem Integrada. Tradução de Konstantinos Dimitriou Stavropoulos, et al. 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- 4 ASHBY, M. F. Seleção de Materiais no Projeto Mecânico. Tradução de Arlete Similille. 4ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- 5 FISH, J.; BELYTSCHKO, T. Um Primeiro Curso em Elementos Finitos. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- 6 ALVES FILHO, A. Elementos Finitos: A Base da Tecnologia CAE. São Paulo: Érica, 2000.
- 7 SHIGLEY, J. E.; MISCHKE, C. R.; BUDYNAS, R. G. Projeto de Engenharia Mecânica. Tradução de João Batista de Aguiar, José Manoel de Aguiar. 7ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- 8 ASTM International. ASTM E855 – 90(2000): Standard Test Methods for Bend Testing of Metallic Flat Materials for Spring Applications Involving Static Loading. West Conshohocken, 2000.

USINAGEM DO NIÓBIO COMERCIALMENTE PURO, UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ferrari, V.Z.¹

Malfatti, C.F.²

Martins, V.³

Tavares, A.C.⁴

¹ Engenheiro Especialista, Vinicius Zortéa Ferrari, Professor IF Sul – Campus Charqueadas, viniciusferrari@charqueadas.ifsul.edu.br

² Doutora, Célia de Fraga Malfatti, Professora (UFRGS), celia.malfatti@ufrgs.br.

³ Doutor, Vinicius Martins, Pró-Reitor de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação IF Sul – Campus Sapucaia, vmartins@sapucaia.ifsul.edu.br

⁴ Doutor, André Carvalho Tavares, Pesquisador Associado Ldtm UFRGS e andre_c_t@hotmail.com.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

O metal refratário nióbio aparece na indústria na década de 1930 como elemento de liga para melhorar a resistência dos aços inoxidáveis contra a corrosão intergranular. Por volta de 1950 o programa de desenvolvimento de materiais para aplicações nucleares e espaciais abordou nióbio como uma alternativa viável e interessante as aplicações tradicionais produzindo uma série de relatórios técnicos sobre propriedades mecânicas, físicas, químicas, de produção, refino e maquinabilidade. Uma maior diversificação das aplicações do material começa na década de 1970, onde o nióbio passa a ser utilizado em diversas aplicações tecnológicas, especialmente em super ligas para trabalho em altas temperaturas ganhando emprego em escala industrial. Na última década as aplicações de nióbio aumentaram constantemente em vários segmentos, aproveitando suas características: aços microligados, super ligas, implantes médicos, supercondutores e condensadores. Este artigo descreve a seleção de ferramental e parâmetros de usinagem para nióbio comercialmente puro e dá uma visão geral sobre a qualidade, melhor acabamento superficial possível e rendimento de ferramenta utilizada.

Palavras-chave: Nióbio; Propriedades mecânicas e físicas; Usinagem

BIBLIOGRAPHIC REVIEW OF PURE NIOBIUM MACHINING

Abstract

The niobium refractory metal appears in the industry in the 1930s as an alloying element to improve the resistance of stainless steels against intergranular corrosion. Around 1950 the material development program for nuclear and space applications approached niobium as a viable and interesting alternative to traditional applications producing a series of technical reports on mechanical, physical, chemical, production, refining and machinability properties. A greater diversification of the applications of the material begins in the 1970s, where niobium starts to be used in several technological applications, especially in super alloys for work at high

temperatures gaining employment in industrial scale. In the last decade, niobium applications have constantly increased in several segments, taking advantage of its characteristics: microalloyed steels, super alloys, medical implants, superconductors and capacitors. This article describes the selection of tooling and usiangem parameters for commercially pure niobium and gives an overview of the quality, best possible surface finish and tool yield used.

Key words: Niobium; Mechanical and physical properties; Machining

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento dos materiais metálicos está intimamente ligado associado aos avanços tecnológicos da sociedade (1). Nenhum outro material teve mais influência no aumento da capacidade industrial e tecnológica no último século. Os metais refratários e suas ligas apresentam excelente comportamento mecânico em elevadas temperaturas e ótima resistência à corrosão, à abrasão e boa condutividade térmica (4). Metais refratários incluem elementos do grupo IV, V, VI e VII com um ponto de fusão superior a 2000°C.

A combinação única de determinadas propriedades tornas os metais refratários adequados para muitas aplicações técnicas de alto desempenho em alta tecnologia (2)(5). De forma mais restrita, podem ser definidos como metal com estrutura cristalina cúbica de corpo centrada (CCC) e que a proporção da fusão do óxido ao próprio metal seja inferior a um. Dessa forma restritos ao grupo composto por molibdênio, tungstênio, tântalo e nióbio (3)(6). Possuem altas densidades sendo o nióbio com menor densidade, 8,58 g/cc (4).

Uma das principais propriedades dos metais refratários utilizados em altas temperaturas é a sua resistência mecânica. Os metais que estão no Grupo V tem maior solubilidade intersticial, não apresentam temperatura de transição dúctil frágil e tendem a ser afetados por envelhecimento por deformação (4)(7). Com grande afinidade com oxigênio, a oxidação ocorre à partir de 250°C para o tântalo e o nióbio, 300°C para o molibdênio e 400°C para o tungstênio, limitando suas aplicações a atmosfera controlado e inerte ou em fornos de vácuo (8).

À medida que novas tecnologias avançam, as especificações de componentes, acabamento superficial e capacidade de montagem tornam-se mais rigorosas. Técnicas de usinagem e fabricação precisam dar suporte para tais exigências de precisão e geometrias cada vez mais complexas.

2 NIÓBIO

Descoberto em 1801 pelo britânico Charles Hatchett e batizado de columbium, em virtude da amostra vir de Columbia, como era chamado os Estados Unidos, então colônia Inglesa. William Hyde, químico inglês, confundiu elemento com tantálio e o químico alemão Heinrich Rose, em 1846, o definiu como um elemento próprio, nióbio (9). Em 1950 a União Internacional de Química Pura e

Aplicada (IUPAC) adotou nióbio como nome oficial. Columbium fo usado por um longo tempo por metalúrgicos e indústria química nos EUA, mantendo o nome em uso no país (10).

Referenciado com a sigla Nb, é o elemento 41 da tabela periódica, um metal de transição. Apresenta densidade de $8,57 \text{ g/cm}^3$, dureza seis na escala Mohs, ponto de fusão de 2468°C . Com forte afinidade geoquímica com o tântalo, frequentemente encontrados juntos na natureza. Existem mais de noventa espécies minerais de nióbio e tântalo sendo a columbita, tantalita e o pirocloro as principais fontes de nióbio no Brasil e também no mundo na forma típica de Nb_2O_5 (11).

Até a década de 1950, o nióbio era obtido como subproduto da produção de Columbita e Tantalitas, minerais com menor oferta na natureza, deixando seu valor de obtenção alto. Na década de 1960 descobrem-se significativas reservas de pirocloro no Brasil e no Canadá impulsionando o desenvolvimento na obtenção de Nb comercial (12).

2.1 OBTENÇÃO DO NIÓBIO

O Brasil possui as maiores reservas com 98,53%, seguido do Canadá com 1,01% e por fim a Austrália com 0,46%. As reservas brasileiras de nióbio podem ser na ordem de 842,4 milhões de toneladas, com nota média de 0,73% do óxido Nb_2O_5 . As reservas estão nos estados de Minas Gerais em Araxá e Tapira com o total de 75,08%. No estado do Amazonas em São Gabriel da Cachoeira e Presidente Figueiredo respondendo a 21,34%. E o estado de Goiás em Catalão com cerca de 3,58% das reservas nacionais (13). Brasil também aparece como maior produtor mundial do mineral com aproximadamente 97,2% do total global. Internamente, O estado de Minas Gerais, com 83,6%, é o maior produtor (14). O crescimento da produção no Brasil foi de cerca de 5 vezes entre 1965 e 1995, com uma taxa de aumento de 4,5 vezes entre 1995 e 2005 e na mesma taxa ente 2005 e 2010 (15).

O desenvolvimento das técnicas necessárias para o refino e processamento do nióbio puro levou quase 60 anos desde a descoberta do elemento em 1801. A produção de produtos semi-acabados livre de impurezas que permitem uma aplicação técnica de alto rendimento só se tornou possível a partir de meados do século XX. Nióbio é comumente encontrado junto com tântalo, manganês e ferro. Os minérios são quebrados, moídos e refinados por separação por gravidade ou flotação para tratamento químico subsequente (5). Nióbio na natureza está associado, geralmente, com pegmatite sob a forma de columbita, tantalite ou massa de carbonato alcalino, que constitui o mineral denominado pirocloro (16). Existem três vias para possíveis o processamento do minério: tratamento carbotérmico, tratamento aluminotérmico ou por eletrólise em via seca (17) com produto final sob a forma de metal esponja ou pó metálico. Os processos subsequentes para refino e obtenção de produto semi-acabado se dão pelas técnicas de metalurgia do pó ou metalurgia de fusão (18).

Blocos e tarugos são obtidos pelo processo de sinterização pela vida de metalurgia do pó em temperaturas de 2000°C e sob vácuo de aproximadamente 10^{-6} mbar. A temperatura promove a purificação do nióbio por dissociação e evaporação dos compostos intersticiais e das impurezas metálicas de baixa fusão. A densidade após o processo pode chegar a valores de 95% (19). A metalurgia de

fusão se dá através do uso de feixe de elétrons ou fornos de arco elétrico de fusão. Fornos de arco elétrico utilizam eletrodos consumíveis que consiste na matéria-prima do nióbio, que fundem juntamente com a matéria e propiciam o refino de impurezas. Essa rota propicia um densidade de 100% (17)(19).

Os produtos semi-acabados das duas vias são chamados de blocos e tarugos e podem ser transformados por processos típicos de transformação mecânica, como forjamento, laminação e trefila a temperatura ambiente. Todos os tratamentos térmicos devem ser executados a vácuo e a qualidade dos produtos semi-acabados determinada pela pureza do lingote, pela microestrutura e rugosidade da superfície (5)(17).

2.1 APLICAÇÕES DO NIÓBIO

O nióbio aparece no uso industrial em 1930 como elemento estabilizante de aços inoxidáveis contra a corrosão intergranular. Na década de 1970 ganhou campo em aplicações avançadas na forma de superligas (18). Metais refratários foram explorados pelos programas SNAP e SP-100 nos anos 60 e 80 para uso em aplicações de reatores nucleares espaciais nos programas, respectivamente (20). A maior parcela da produção de nióbio é absorvida pela indústria siderúrgica como ferro-liga (FeNb). A indústria automobilística, marinha (plataformas offshore, condutos) e construção civil (pontes e edifícios) demanda nióbio no uso de ligas de aços de elevada resistência. O nióbio também é utilizado na produção de superligas para situações de trabalho em altas temperaturas, como a utilização aeroespacial, no fabrico de componentes de turbinas (21).

A demanda da indústria da construção civil mostra que seu crescimento continuará devido à urbanização, crescimento populacional e substituição de infraestrutura antiga. A necessidade de estruturas mais leves resulta em maior utilização de aços de alta qualidade (5).

A indústria automobilística demanda inovações tecnológicas para reduzir o consumo de combustível, reduzir as emissões de CO₂ e aumentar o número de passageiros com segurança. A rota escolhida é a utilização de aços de baixa liga de alta resistência (HSLA) utilizam nióbio como elemento de liga (22). Aços HSLA, e por consequência nióbio, também aparecem no setor de energia no transporte de gás natural (GN) na necessidade de transporte a longas distâncias e alta pressão, exigindo tubos de aço com maior resistência mecânica (21).

O uso de nióbio cresce no campo da medicina como elemento de liga para aumento de resistência mecânica para implantes ortopédicos bio-compatíveis. No fabrico de ímãs supercondutores utilizados nos instrumentos das máquinas de imagens por ressonância magnética e nas máquinas de ressonância magnética nuclear (23).

O nióbio torna-se um supercondutor a baixas temperaturas na ordem milikelvins (mK) e por esta característica aparece como elemento importante no desenvolvimento dos computadores quânticos (18). Aceleradores de partículas utilizam nióbio de alta para o fabrico das cavidades SRF. O CEBAF* (Continuous Electron Beam Accelerator Facility) do Laboratório Jefferson Lab, (JLab) é o maior acelerador SRF de nióbio sólido do mundo e é construído com folhas de nióbio policristalino. O CRADA (Acordo Cooperativo de Pesquisa e Desenvolvimento) entre CBMM e Jefferson Lab iniciou em agosto de 2004 para estudar as interações

intersticiais (H, C, N, O) do nióbio, desenvolver técnicas de determinação do teor de intersticiais para elevada pureza e avaliação das propriedades mecânicas (24).

2.1 PROPRIEDADES QUÍMICAS DO NIÓBIO

As propriedades físico-químicas do nióbio são similar a do tântalo, o que leva a sua ocorrência conjunta na natureza (25). Apresenta excelente resistência à corrosão e boa ductilidade em temperatura ambiente. Apresenta uma típica coloração cinza e adquire tons de azul quando exposto a atmosfera por longos períodos (5). A formação da camada de óxido é densa, estável e adesiva à superfície do metal, desta forma conferindo uma ótima resistência à corrosão. Em comparação com outros materiais, nióbio apresente um comportamento inferior ao do tântalo e superior ao de ligas como aço inoxidável ou ligas à base de níquel (26).

A oxidação do nióbio no ar mostra-se severa em torno de 400°C, sendo o óxido formado uma das três modificações do pentóxido de nióbio (Nb_2O_5), sendo depende da temperatura de exposição e com ponto de fusão de 1440°C. Assim, o nióbio se coloca em uma posição mais interessante do que o molibdênio ou rênio, apesar da rápida taxa de difusão de oxigênio ser prejudicial (27), conforme mostra a Figura 1.

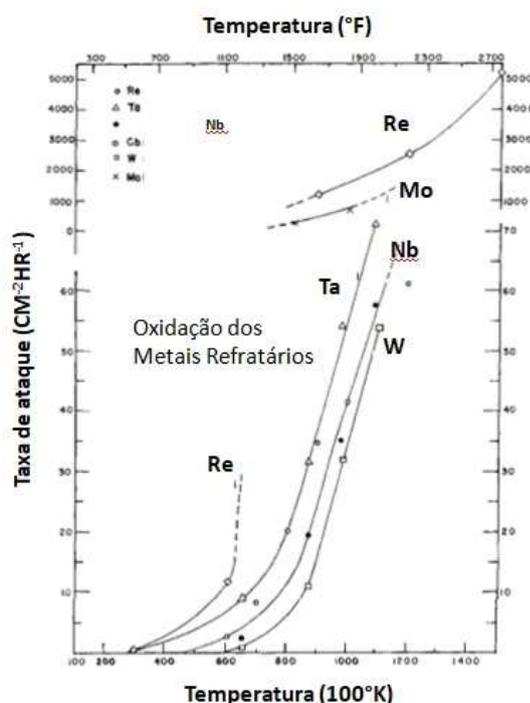


Figura 1. Oxidação reativa em ensaio de 1 hora de exposição em função de temperatura.

2.1 PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DO NIÓBIO

Caracterizado por ter um único isótopo estável, com estrutura cristalina na forma cúbica de corpo centrado (CCC). Aspectos físicos e propriedades mecânicas para nióbio de grau técnico (99,9% pureza) estão resumidos na Tabela 1(28).

Tabela 1. Propriedades físicas e mecânicas do nióbio.

Propriedades físicas e mecânicas do nióbio	Nióbio
Constante de treliça a 20 °C (m)	3.3004 x 10 ⁻¹⁰
Raio atômico (pm)	142,9
Densidade (g/cm ³)	8,56
Ponto de fusão (°C)	2468
Ponto de ebulição (°C)	4927
Calor específico 20 °C (J/kg K)	270
Capacidade térmica (J/mol K)	25,2
Calor de fusão (J/kg)	298,5 x 10 ³
Coefficiente linear de expansão (1/K)	7,2 x 10 ⁻⁶
Condutividade térmica (W/m K)	52,25
Condutividade elétrica (%-IACS)	13,3
Dureza HV10 recozido/como trabalhado	60-110/110-180
Resistência a tração (Mpa) recozido/como trabalhado	250-350/350-500
Alongamento (%) recozido/como trabalhado	25-40/5-25
Temperatura de Recristalização (°C)	900-1527

A estrutura física e suas propriedades mecânicas são influenciadas pelo histórico de deformação mecânica sofrido pelo material e pela pureza intersticial que pode promover a degradação de suas propriedades. As principais impurezas encontradas, de acordo com a Sociedade Americana de Ensaio e Materiais do nióbio, são oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, carbono, ferro, molibdênio e tungstênio (29). A Tabela 2 mostra o teor de impurezas para produtos semi-acabados de nióbio de grau técnico de acordo com a especificação ASTM.

Tabela 2. Teor de impurezas para produtos semi-acabados de nióbio

Elemento	Partes
Oxigênio (µg/g)	30
Nitrogênio (µg/g)	20
Hidrogênio (µg/g)	<1
Carbono (µg/g)	30
Ferro (µg/g)	<50
Molibdênio (µg/g)	<100
Tungstênio (µg/g)	<100

O nióbio solubiliza facilmente os elementos citados a temperaturas elevadas formando compostos estáveis. Pequenas quantidades dos elementos intersticiais aumentam significativamente a dureza levando a uma sensível queda da ductilidade à temperatura ambiente. A influência de elementos intersticiais sobre a dureza é dada na Figura 2 (30).

Devido à grande afinidade do nióbio pelo oxigênio é normalmente encontrado na faixa de 0,005 a 0,1 por cento em massa no material produzido comercialmente (4). O oxigênio à temperatura ambiente se mostra eficiente como endurecedor, diminui com o aumento da temperatura, em faixas de temperaturas entre 760°C e 820°C (1400 °F a 1500 °F) o efeito é se torna menor conforme Figura 3 (31).

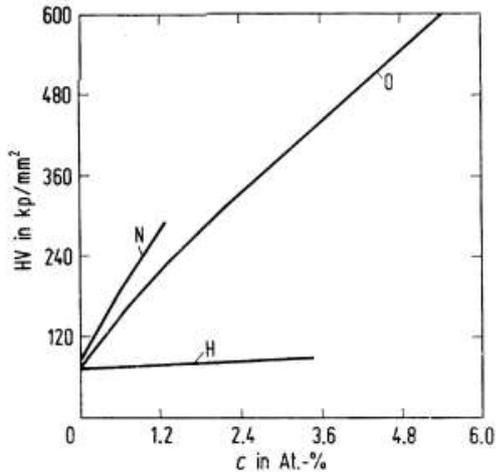


Figura 2. Influência de elementos intersticiais sobre a dureza de nióbio puro.

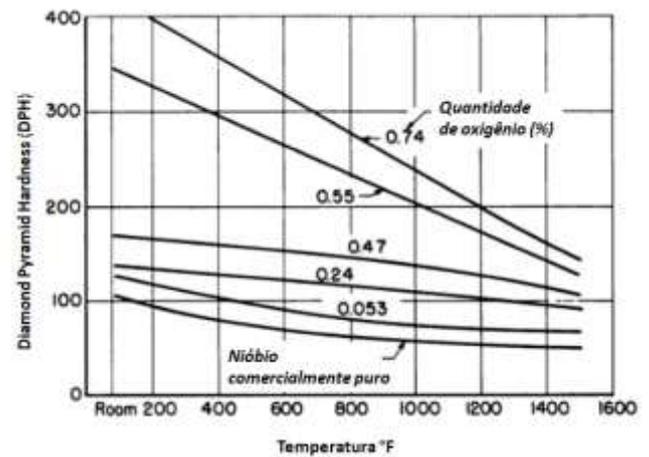


Figura 3. Efeito do oxigênio sobre a dureza do nióbio em temperaturas elevadas.

A Figura 4 ilustra o efeito do oxigênio dissolvido a temperatura ambiente sobre as propriedades de tração do nióbio, mostrando efeitos de reforço na propriedade (32). A Figura 5 mostra os efeitos da temperatura até 501 °C (950 °F) apresentando um grande fortalecimento associado ao envelhecimento por deformação atribuível ao oxigênio (33).

O aumento no teor de oxigênio leva a queda na trabalhabilidade e na capacidade de soldagem. Pequenas quantidades de oxigênio elevam a temperatura de transição fragilidade/dúctil de -200°C para valores superiores à temperatura ambiente reduzindo a aplicabilidade do nióbio (34).

Por possuir boa capacidade de trabalho a frio e de aumento das temperaturas de recristalização em virtude de impurezas, é comum encontrar mal entendidos sobre valores de tensão e capacidade de endurecimento do nióbio e suas ligas (35). Begley ET al (37) mostrou um decréscimo linear no módulo de elasticidade com o aumento da temperatura à partir de 535 °C (1000 F). Que os valores de módulo se mostram dependentes de onde o teste foi rodado, em ar ou vácuo, sendo ligeiramente menores os valores ao ar.

Figura 6 apresenta as alterações propriedades mecânicas em função do grau de deformação inserido no material. Com uma crescente deformação a propriedade de resistência à tração e a dureza apresentam um acréscimo em seus valores. Com altos níveis de deformação o nióbio perde parte da sua ductilidade e a tensão de alongamento é reduzido para 10%, e não apresenta nenhuma fragilização. O tratamento térmico de recozimento de alívio de tensões na faixa de temperatura de 1100 a 1300°C tende a eliminar o endurecimento por deformação por recristalização primária ou secundária (19).

Page ET al, em seu trabalho, sumarizou as propriedades de tração do nióbio não ligado, recozido e a temperatura ambiente e levantou curvas que mostram como o nióbio endurece por trabalho a frio traçando uma analogia a outros materiais, como visto na Figura 7 (38). No estudo de Heal ET al, os efeitos do do trabalho a frio em redução de 70% por laminação, preservados até temperaturas de 600 °C são vistos na Figura 8 (39). A dureza do nióbio comercial na condição recristalizada pode variar de cerca de 50 até de 150 VHN (31).

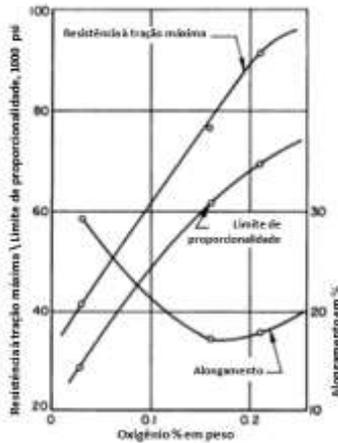


Figura 4. Efeito do oxigênio a temperatura ambiente sobre as propriedades de tensão do nióbio.

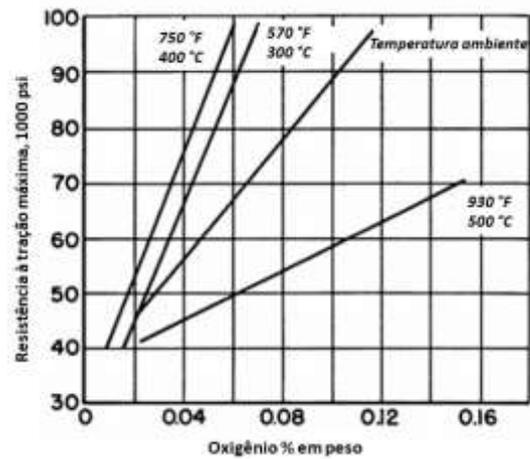


Figura 5. Efeitos do oxigênio na resistência do nióbio em diferentes temperaturas.

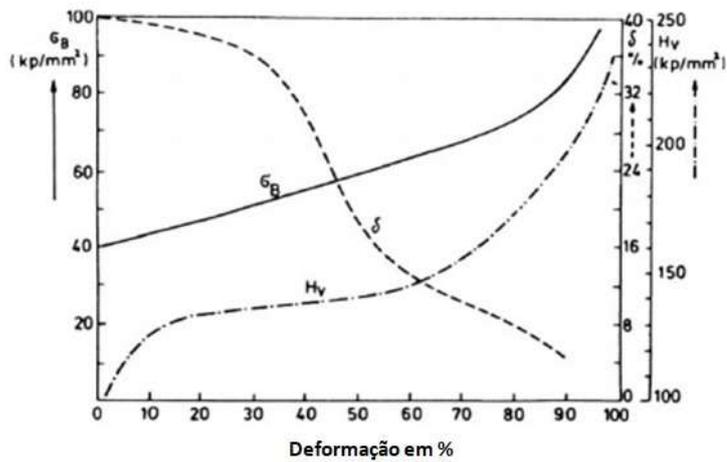


Figura 6. Efeito - Propriedades mecânicas do nióbio em função do grau de deformação.

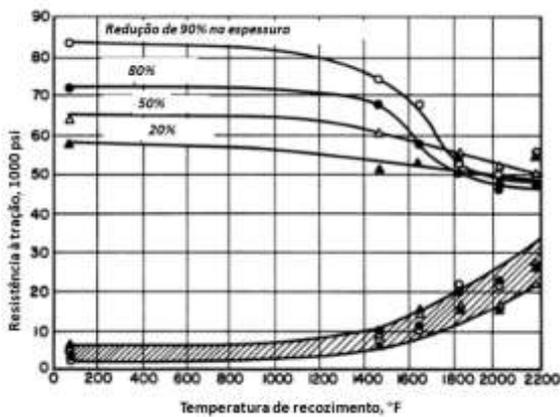


Figura 7. Propriedades de tensão do nióbio comercialmente puro em função da temperatura de recozimento.

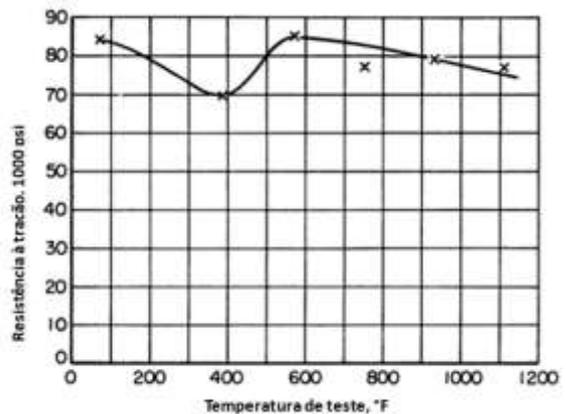


Figura 8. Retenção dos efeitos do trabalho a frio em temperaturas modera em

nióbio não ligado. Redução de 70% em laminação.

O endurecimento por deformação dos metais do grupo V pode ser feito utilizando o elemento tântalo como parâmetro pelas similaridades do comportamento dos elementos deste grupo (7). Os parâmetros de tração para o tântalo em função da temperatura são apresentados na Figura 9. O endurecimento por deformação é representado como a inclinação (m) da curva tensão-deformação, sendo m o gradiente da tensão de escoamento em relação à taxa de deformação, σ é tensão de fluxo, (valor médio entre a força de escoamento e a resistência final do metal em função da deformação), ε é a tensão, e T é a temperatura (7). Sendo nióbio pertencente ao Grupo V, pode-se esperar um comportamento mecânico semelhante. Dados recentes para o vanádio corroboram a idéia de um comportamento padrão para os metais do Grupo V (40).

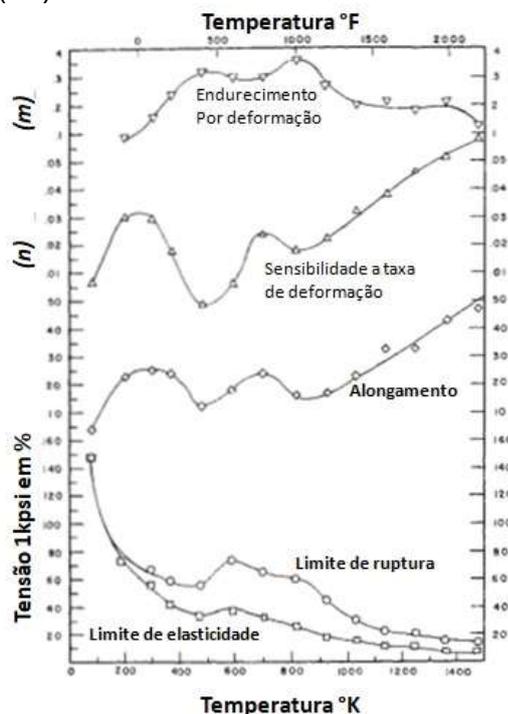


Figura 9. Parâmetros de tração em função da temperatura para tântalo (metal típico do Grupo V).

A condutividade térmica do nióbio aumenta diretamente com o aumento da temperatura, assim como a maioria dos metais (41). A condutividade térmica do nióbio puro a temperaturas inferiores a $-265\text{ }^{\circ}\text{C}$ (9,25 K) é dado pela teoria dos metais, modificado para ter em conta o estado supercondutor do mesmo (42).

3 USINAGEM DO NIÓBIO

Stahl *et al* definiram a usinabilidade de um material pelo desgaste da ferramenta, consumo de energia, integridade da superfície, formação de cavacos, fatores ambientais e ainda como uma combinação destes critérios (43). A resistência ao corte é uma medida para obter uma compreensão parcialmente melhor da usinabilidade, onde uma menor resistência ao corte tende a ser mais fácil de usar. Metais refratários e superligas apresentam maiores forças de corte do que metais e ligas mais comuns (44). O potencial de usinabilidade é ligado a: propriedades mecânicas, propriedades físicas, microestrutura e inclusões (43)(44). A seleção de

materiais de ferramentas, design de ferramentas e condições de corte têm efeitos pronunciados sobre o sucesso e o custo da usinagem dos materiais de maneira geral (46).

Algumas propriedades dos materiais que influenciam o potencial de usinabilidade: 1) Endurecimento por deformação - afeta diretamente a produção de cavaco durante o processo de corte do metal. 2) Ductilidade - pode ser definida como a quantidade de deformação plástica que um material pode suportar sem ruptura. 3) Condutividade térmica – material com alta condutividade térmica conduz mais rapidamente calor gerado pela deformação plástica ou fricção durante o corte de metal para longe da zona de corte. 4) Dureza – apresenta uma forte relação com a resistência à deformação ao corte e em geral, um valor de dureza baixo é favorável para processos de transformação. 5) Abrasividade – apresenta um grande impacto negativo na vida útil da ferramenta de corte (44).

O nióbio oferece uma boa fabricabilidade em função da sua alta ductilidade, alta temperatura de fusão, baixa temperatura de transição dúctil-frágil e densidade relativamente baixa (45). Segundo Horak ET al, técnicas tradicionais de usinagem podem ser usadas para o nióbio (46).

Antoine *et al* mostrou pontos importantes e de relevância no processo de usinagem do nióbio: 1) Manter ferramentas afiadas; 2) Usar alimentação manual, com a taxa sendo critério do operador, para acelerar a remoção de cavacos; 3) Altas velocidades de corte; (2). O uso de ferramentas de aço rápido para usinagem de nióbio é indicado pela fabricante de ferramental ATI em seu estudo de 2011 onde a velocidade de corte de 24 m/minuto a 60 m/minuto e utilizando álcool como lubrificante mostrou ótimos resultados. O inserto de carboneto foi indicado para ser usado para preparar juntas de solda com velocidades de corte na faixa de 85 metros/minuto e 97 metros/minuto em função de uma menor qualidade superficial alcançada. A Tabela 3 apresenta os dados para operações de fresamento específicas.

Tabela 3. Parâmetros para fresamento de nióbio segundo ATI em 2011

Metal Duro				Ferramenta Aço rápido		
Profundidade De corte (mm)	Material ferrament a AISI (ISO)	Velocidade (m/min)	Alimentação por dente (mm)	Material ferramenta AISI (ISO)	Velocidade (m/min)	Alimentação por dente (mm)
0,040	C-2	150-165	0,002	T15, M42	100	0,003
0,150	C-2	140-155	0,004	T15, M42	80	0,003
(1,0)	(K10, M20)	(46-50)	(0,10)	(S9, S11)	(30)	(0,10)
(4,0)	(K10, M20)	(43-47)	(0,15)	(S9, S11)	(24)	(0,10)

Qehaja indica que a rugosidade média da superfície (Ra) é o principal parâmetro para evidenciar a qualidade da superfície durante o processo de usinagem e muito influenciada por parâmetros de usinagem, tais como ângulo de inclinação, ângulo de saída, ângulo de posição em relação à peça, ângulo de aresta

de corte lateral, velocidade de corte, taxa de avanço, profundidade de corte, raio do nariz e tempo de usinagem. Qehaja conclui que os parâmetros de usinagem como taxa de avanço, raio do nariz e tempo de corte são os principais fatores de influência na rugosidade final da superfície de uma peça de nióbio usinada (47).

Amâncio *et al* evidenciou em seu estudo o efeito da variação do ângulo deposição, ângulo de saída e ângulo de inclinação sobre a rugosidade final. Um péssimo acabamento superficial foi evidenciado pela dificuldade da saída do cavaco de usinagem em uma ferramenta com o ângulo de saída próximo de um ângulo reto. Maiores valores do ângulo de posição ou ataque em relação a ferramenta geram cavacos de maior largura, levando a uma maior superfície de contato. Desta forma a ferramenta para retirada de cavaco é mais demandada. O ângulo de inclinação quando negativo (próximo a -5°) apresenta um baixo acabamento superficial. Enquanto que para os ângulos de inclinação nulos e positivos (0° e $+5^{\circ}$) apresenta uma diferença na rugosidade medida, com uma significativa melhora no acabamento superficial (48).

O nióbio gera cavacos de usinagem que tendem a migrar em direção a ferramenta de corte e soldar facilmente a estrutura da ferramenta de corte, sendo um processo favorecido com o aumento da temperatura (2). Geralmente, metais refratários produzem um cavaco endurecido pelo trabalho, altamente abrasivo a face da ferramenta. A superfície usinada endurecida pelo trabalho podem entalhar a ferramenta de corte (6)(49).

Para entender a influência da dureza do material na formação do cavaco de usinagem, Kaneeda *et al* conduziu estudos de corte em nióbio puro avaliando sob efeito da velocidade de corte, profundidade de corte de usinagem e profundidade de corte em um passe anterior a usinagem com o intuito de aumentar a dureza superficial da peça. O citado utilizou ferramenta de corte metal duro K10 com um ângulo de inclinação de 30° e ângulo de alívio de 7° . Foram empregadas velocidades de corte variando entre 5,3 m/min e 50 m/min. Entendeu que pequenas flutuações na força de corte e na espessura dos cavacos levam a formação estável de cavacos, formando cavacos do tipo de fluxo. Em contra partida, grandes flutuações na força de corte, e por consequência na espessura do cavaco, levam a formação de cavacos de forma instável. Correlacionando as profundidade de corte anterior e de usinagem, entendeu que o encontro de ações entre grandes profundidades de pré-corte, que levam a uma aumento da dureza superficial, com grandes profundidades de corte efetivo posterior geração de cavacos de formação instável (50).

Segundo Olsson *et al*, nióbio e cobre livre de oxigênio apresentam uma grande imprevisibilidade na sua usinagem se tornando evidente nas variações significativas da rugosidade superficial atingida. Apontando que as possíveis causas sejam: a alta ductilidade dos materiais; a tendência a partículas de cavaco soldarem a superfície de corte da ferramenta; e a formação de cavacos contínuos. Os quebra-cavacos utilizados nas ferramentas de corte não se mostraram efetivos e uma formação de cavacos contínuos, que tendem a enrolar na ferramenta de corte afetando o acabamento superficial. No teste de ferramentas de corte com insertos PCD (Poly-Crystalline Diamond - Diamante Policristalino), sem quebra-cavacos, apresentaram menor incidência de problemas de solda de partículas de cavaco. Uma maior capacidade de transportar cavacos para longe da superfície de corte ficaram evidenciadas (51).

Na usinagem de materiais metálicos a geração de calor pode trazer benefícios, fornecendo energia ao sistema e facilitando a quebra das ligações durante o processo por deformação seguida de cisalhamento. Porém, o mesmo calor pode aumentar a ductilidade dos cavacos formados levando a dificuldade da sua remoção e facilidade de que soldem a superfície da ferramenta de corte. O uso de fluido de corte refrigerante se faz adequado para minimizar o efeito (48).

Existem discussões sobre a escolha de um lubrificante adequado e suas interações com superfície de nióbio. A contaminação da superfície sobre qualquer tipo de formação se torna inevitável e é dada em acordo com o subsequente procedimento de limpeza. Óleo do tipo silicone deve ser descartado em função da sua dificuldade de limpeza. Moléculas de hidrocarbonetos que possam ser eficazmente lavadas/desengorduradas devem ser preferidas (por exemplo, etanol, hidrocarboneto solúvel em água). Lubrificante com partículas como grafite ou MoS₂ também deve ser evitada, embora um procedimento de limpeza adequado deva ser capaz de mitigar o problema (2). O uso de óleos de corte solúvel em água que contenham enxofre ou cloro mostra bom desempenho em operações com nióbio (2)(48)(51). Uma emulsão de óleo solúvel diluído como um fluido de moagem também é recomendado, apresentando a capacidade de produzir acabamentos mais finos (2)(48). Uma falha operacional no preparo de corpos de amostras, onde nióbio foi usinado uma velocidade de corte de 40 m/min sem refrigeração mostrou um rápido desgastou da ferramenta. O efeito pode ser explicado pela geração de calor do atrito entre a ferramenta e a peça usinada, estimada em torno de 500 °C, onde a ferramenta de metal duro pode sofrer alterações (48).

4 CONCLUSÃO

O projeto da ferramenta a ser utilizada e a seleção correta do lubrificante se mostram relevantes em função da tendência do material em esfolar, rasgar e soldar à face da ferramenta de corte. Ferramentas de aço de alta velocidade e de carboneto têm seu uso frequente, embora a tendência ao aparecimento de defeitos superficiais seja maior com as ferramentas de carboneto.

O Nióbio pode ser torneado com equipamento de oficina padrão. Porém, utilizar elevados ângulos de inclinação positiva para reduzir a formação de crateras e diminuir o desgaste abrasivo são relevantes. A natureza fibrosa do nióbio faz com que quebra-cavacos na sejam eficientes, aumentando a importância do projeto e seleção de ferramentas.

Em operações de torneamento, ferramentas de aço rápido provaram ter os desempenhos mais satisfatórios.

O efeito da variação do ângulo de deposição, ângulo de saída e ângulo de inclinação sobre a rugosidade final de peças usinadas de nióbio. Sendo os valores: Ângulo de posição pode variar de 5° até 25°; Ângulo de saída deve maior que 20°; Ângulo de inclinação pode trabalhar entre 0° e +5°; os que oferecem o melhor acabamento.

Nióbio e ligas de nióbio podem ser comparados analogamente ao aço inoxidável 316 em referência a desgaste da ferramenta devido ao acúmulo de calor e ao latão amarelo em referência à geometria da ferramenta de corte a ser utilizada.

Para reduzir o desgaste pelos altos níveis de abrasividade e ângulo altamente positivo da ferramenta de corte, o uso de um refrigerante solúvel em água com boas características de lubrificação e umectação são indicados.

O nióbio precisa de um controle da vazão de fluido de corte adequada durante o processo de usinagem por possuir alta condutividade térmica. Em função da sua alta condutividade, durante a usinagem pode reter calor levando a um aumento da ductilidade, assim, provocando com isto deformação do cavaco.

Agradecimentos

Este trabalho foi realizado com o apoio da CAPES, entidade do governo brasileiro voltada à formação de Recursos Humanos, com apoio do CNPq e CAPES – PROEX (Processo 23038.000341/2019-71). A Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação IF Sul na figura do Pró-reitor Vinicius Martins. Ao campus IF Sul Charqueadas e sua direção. Ao Lapec UFRGS.

REFERÊNCIAS

- 1 Alves, A. R., & Coutinho, A. R. (2015). *The Evolution of the Niobium Production in Brazil. Materials Research ..*
- 2 Antoine, C., Foley, M., & Dhanaraj, N. (2006). *Physical properties of Niobium and specifications for fabrication of superconducting cavities.*
- 3 Institute, B. M. (1961). *MACHINING OF SUPERALLOYS AND REFRACTORY METALS. Columbus, Ohio: DEFENSE METALS INFORMATION CENTER.*
- 4 Briant, C. (2001). *New Applications and Novel Processing of Refractory Metal Alloys. 15º International Plansee Seminar .*
- 5 Grill, R., & Gnadenberger, A. (2006). *Niobium as mint metal: production, properties, processing. . International Journal of Refractory Metals & Hard Materials. , pp. 275-282.*
- 6 Lipetzky, P. (2002). *Refractory Metals: A Primer. Refractory Metals .*
- 7 Pugh, J. W. (1956). *Temperatura Dependence of the Tensile Properties of Tantalum. ASM.*
- 8 AZoM. (2013). *Niobium, Nb (Formerly Columbium, Cb) Properties, Applications.*
- 9 Hampel, A. (1971). *Rare metals handbook. New York.*
- 10 Steed, J. (2019). *Chemistry in its element: niobium. Acesso em 11 de setembro de 2019, disponível em London: Royal Society of Chemistry.: www.rsc.org/chemistryworld/podcast/interactive_periodic_table_transcripts/niobium.asp*
- 11 Zhang, G. X., Watanabe, N., & Saito, Y. (2008). *Analysis of Hydrogen Diffusion Coefficient during Hydrogen permeation through pure niobium. Hydrogen permeation through pure niobium*
- 12 Júnior, R. F. (2008). *Nióbio. Informe Mineral - Desenvolvimento & Economia Mineral , 129, 147*
- 13 IBRAM, I. B. (2012). *Informações e análises da economia mineral brasileira. Belo Horizonte.*

- 14 American, A. (s.d.). Goiás: Mineração Catalão. Acesso em 14 de outubro de 2019, disponível em Anglo American : <http://www.angloamerican.com.br>
- 15 Mineral., B. M. (2012). Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Sumário. Brasília.
- 16 Griffith, W., & Morris, P. (2003). Charles Hatchett FRS (1765-1847), chemist and discoverer of niobium. Notes & Records of the Royal Society .
- 17 Lupton, D. (1985). Tantal, niob und vanadium. . Vortrag Technische Akademie .
- 18 Oliveira, M., Jansto, S., H., M., Patel, J., & Stuart, M. (2103). 30 Years of Niobium steel development in China. Acesso em 08 de outubro de 2019, disponível em Metal Citic : http://www.metal.citic.com/iwcm/UserFiles/img/zlk/03_30zn/d7.pdf
- 19 Eck, R., & Jangg, G. (julho de 1977). Niob, Tantal, Vanadium—Verarbeitung und Einsatzgebiete . Metall , p. 61.
- 20 Klopp, W. (1984). Space Nuclear Power Systems. M.S. El-Genk, M.D. Hoover (Eds.).
- 21 Rowe, C. (1999). Tantalum and Niobium in chemical applications. Tantalum-Niobium International Study Center Bulletin, (pp. 2-5).
- 22 IAMGOLD. (2012). Niobium 101. Acesso em 09 de outubro de 2019, disponível em IAMGOLD: www.iamgold.com/English/Operations/Operating-Mines/NiobecNiobium-Mine/Niobium-101/default.aspx
- 23 Grabis, J., Munter, R., Blagoveshchenskiy, Y., Gorkunov, V., & Yamshchikov, L. (2012). Plasmochemical Process for the Production of Niobium and Tantalum Nanopowders. Proceedings of the Estonian Academy of Sciences.
- 24 Myneni, G. R. (2004). Physical and Mechanical Properties of Niobium for SRF Science and Technology. Virginia, USA: Accelerator Division - Jefferson Lab.
- 25 Ayanda, O., & Adekola, F. (2011). A review of niobium-tantalum separation in Hydrometallurgy. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering. , pp. 245-256.
- 26 Braun, U. H. (1963). Vanadin-Niob-Tantal. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer.
- 27 Briant, C. (1994). THE PROPERTIES AND USES OF REFRACTORY METALS AND THEIR ALLOYS. General Electric Company, Research and Development Center .
- 28 Plansee, A. (1987). Niobium—Technical Information.
- 29 ASTM_B394-78. Niobium and niobium base alloys.
- 30 Gebhardt, E., & Fromm, E. (1976). Gase und KohlenstoV in Metallen 1976. Springer Verlag , p. 460.
- 31 Frankowski, C. S., & Korytoski, R. D. (11 de dezembro de 1958). Hot Hardness Investigations of Columbium and Some Columbium Alloys. Springfield Armory R&D Report AS.
- 32 Tottle, C. R. (1957). The Physical and Mechanical Properties of Niobium. J. Inst. Metals.
- 33 Vaughan, H. G. (1958). he Tensile Properties of Columbium. United Kingdom Atomic Energy Authority.
- 34 Gebhardt, E., & Fromm, E. (1976). Gase und KohlenstoV in Metallen 1976. Springer Verlag , p. 460.
- 35 Bartlett, E. S., & Houck, J. A. (1960). PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COLUMBIUM AND COLUMBIUM-BASE ALLOYS. Columbus : DMIC Report 125.
- 36 Emsley, J. (1997). The Elements. Oxford, UK, : Oxford University Pre.

- 37 Begley, R. T. (dezembro de 1958). *Development of Niobium-Base Alloys*. WADC Technical Report .
- 38 Page, J. P. (1957). *The Annealing Behavior of Cold-Rolled Niobium*. ORNL Report .
- 39 Heal, T. J. (1958). *The Mechanical and Physical Properties of Magnesium and Niobium Canning Materials*. 2nd Geneva Conference Paper. Geneva.
- 40 Pugh, J. W. (1957). *Temperature Dependence of the Tensile Properties of Vanadium*. AIME Transactions , 1243.
- 41 Kepert, D. (1972). *The early transition metals*. Academic Press .
- 42 Koechlin, F., & Bonin, B. (Janeiro de 1999). *Parametrization of the niobium thermal conductivity in the superconducting state*. *Superconductor Science and Technology* .
- 43 Ståhl, J. (2012). *Metal Cutting – Theories and models*. Division of Production and Materials Engineering,. Fagersta, Sweden: Lund University in cooperation with Seco Tools.
- 44 Andersson, M., & Ståhl, J. (2007). *Polar Diagram Machinability Diagram - A Model to Predict the Machinability of a Work Material*. *Proceedings of the Swedish Production Symposium* . *Proceedings of the Swedish Production Symposium* .
- 45 Goldberg, D., Dicker, G., & Worcester, S. (1972). *Niobium and Niobium Alloys in Nuclear Power*. ENGINEERING AND DESIGN. NORTH-HOLLAND PUBLISHING COMPANY.
- 46 Horak, J., El-Genk, M., & Hoover, M. (1986). *Space Nuclear Power Systems 1985*. Orbit Book.
- 47 Qehaja, N., Jakupi, K., K., Bunjaku, A., Bruçi, M., & Osmani, H. (2015). *Effect of Machining Parameters and Machining Time on Surface Roughness in Dry Turning Process*. *Procedia Engineering* , pp. 135 – 140.
- 48 Amâncio, D. A., de Toledo, J. V., Ferreira, J., Motta Melo, M. L., Silva, G., & Figueira, D. S. (2013). *OTIMIZAÇÃO DO ÂNGULO DE AFIAÇÃO DA FERRAMENTA DE AÇO RÁPIDO PARA USINAGEM DE NIÓBIO EM TORNO CNC UTILIZANDO MÉTODO DE TAGUCHI*. COBEF . Itatiaia - RJ, Brasil.
- 49 Institute, B. M. (1961). *MACHINING OF SUPERALLOYS AND REFRACTORY METALS*. Columbus, Ohio: DEFENSE METALS INFORMATION CENTER.
- 50 Kaneeda, T., Yamada, M., & Anthony, L. (2013). *Chip formation mechanism of pure Niobium plates in a superconducting accelerator cavities*. 13th Euspen International Conference. Berlin.
- 51 Olsson, M., Andersson, A., Schultheiss, F., Bushlya, V., & Ståhl, J.-E. (2014). *MACHINABILITY OF DUCTILE SINGLE-PHASE MATERIALS USED IN ACCELERATOR COMPONENTS - A STUDY WITH FOCUS ON SURFACE INTEGRITY*. Lund University. Lund: Division of Production and Materials Engineering.

“ENTRANDO EM CENA”: APRENDENDO SOBRE A CONQUISTA DOS DIREITOS TRABALHISTAS A PARTIR DE UM JOGO DE INTERPRETAÇÃO DE PAPÉIS EM ESTILO RPG

Parisoto, C.A.¹
Hammes, I. L.²

¹ Mestra, Cristiane dos Anjos Parisoto, crisanjos.historia@gmail.com.

² Doutor, Itamar Luís Hammes, itamarhammes@ifsul.edu.br

Resumo

Este artigo apresenta o recorte da dissertação “As conquistas do proletariado e os sentidos do trabalho: um jogo de RPG como recurso didático para o Ensino da História na Educação Profissional e Tecnológica”, que teve como objetivo central analisar as potencialidades e contribuições do Ensino da História para a formação dos estudantes que cursam a Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio. O jogo “A Revolução Industrial e as conquistas do proletariado” aborda o processo de industrialização na Inglaterra no final do século XVIII, o surgimento do proletariado e a luta destes por direitos. A aplicação do jogo foi realizada com uma turma do Curso Técnico de Multimídia Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal do Rio Grande do Sul, câmpus Vacaria. A partir dos instrumentos utilizados para avaliá-lo, foi possível constatar que o jogo criado é atrativo aos estudantes, tem potencial para ensinar e promover o debate sobre aspectos importantes da vida profissional, além de se apresentar como uma proposta de trabalho interdisciplinar.

Palavras-chave: Educação Profissional e Tecnológica, Ensino de História, Jogo de RPG, Revolução Industrial.

COMING TO SCENE: LEARNING ABOUT THE CONQUEST OF LABOR RIGHTS THROUGH A ROLEPLAYING GAME

Abstract

This article presents a part of the dissertation “The achievements of the proletariat and the meanings of work: a role-playing game as a didactic resource for the teaching of history in vocational and technological education”, whose main objective was to analyze the potentialities and contributions of History for the formation of students who attend Integrated Vocational Education to High School. The game “The Industrial Revolution and the achievements of the proletariat” addresses the process of industrialization in late eighteenth-century England, the rise of the proletariat, and

their struggle for rights. The application of the game was made with a class of the Multimedia Technical Course Integrated to the High School of the Federal Institute of Rio Grande do Sul, Campus Vacaria. From the instruments used to evaluate the educational resource elaborated in this research, it was possible to verify that the game created is attractive to students, has the potential to teach and promote the debate about important aspects of professional life, besides presenting itself as a work proposal. interdisciplinary.

Key words: Vocational Education; History teaching; Role Playing Game; Industrial Revolution.

1 INTRODUÇÃO

A Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio, se apresenta como uma alternativa para romper a dualidade educacional existente em nosso país pois, unindo a formação geral e a formação técnica em um único currículo, pretende garantir aos sujeitos, além do *saber fazer*, o conhecimento do próprio mundo.

O Ensino Médio integrado é aquele possível e necessário em uma realidade conjunturalmente desfavorável – em que os filhos dos trabalhadores precisam obter uma profissão ainda no nível médio, não podendo adiar este projeto para o nível superior de ensino – mas que protagonize mudanças para, superando-se essa conjuntura, constituir-se em uma nova educação que contenha elementos de uma sociedade justa.⁽¹⁾

Segundo Moura⁽²⁾ (2007), o Ensino Médio Integrado se configura como um “projeto de educação emancipatória da classe trabalhadora”. Os filhos dos trabalhadores, ou da classe-que-vive-do-trabalho, como define Antunes⁽³⁾ (2009, p.101), são justamente os que mais precisam de uma educação de qualidade, pautada na interdisciplinaridade dos saberes e preparada para ajudá-los a enfrentar os desafios do mundo do trabalho e não apenas para conseguir um emprego.

Nesse sentido, na expectativa de contribuir com a proposta da Educação Profissional e Tecnológica oferecida nos Institutos Federais, elaborou-se um jogo como recurso didático, para tratar sobre o processo de organização dos trabalhadores no contexto da primeira Revolução Industrial. Este recorte historiográfico se justifica a partir do entendimento de que a Revolução Industrial, “sob qualquer aspecto, foi provavelmente o mais importante acontecimento na história do mundo, pelo menos desde a invenção da agricultura e das cidades”. (HOBSBAWN⁽⁴⁾, 2016, p.60)

A Revolução Industrial não foi uma mera aceleração do crescimento econômico, mas uma transformação sobretudo social, que alteraria fortemente o ritmo de vida e a relação que se tinha até então com o trabalho. A lógica do sistema capitalista que vinha se estabelecendo desde a crise do sistema feudal, se consolidaria. Com o modelo maquinofatureiro, o trabalhador tornou-se um

empregado e passou a receber um salário pela venda de sua força de trabalho. Era o início da alienação do trabalhador diante do próprio trabalho.

Trata-se, portanto, de um tema de grande pertinência para a classe-que-vive-do-trabalho. Entendemos que este é um assunto central a ser estudado não somente nos cursos integrados, mas em todos os cursos destinados à formação profissional, já que a partir dele, é possível fomentar discussões acerca das relações de trabalho e formas de exploração no passado e no tempo presente.

A pesquisa teve como objetivo geral, analisar as potencialidades e contribuições do Ensino da História para a formação dos estudantes da Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio, a partir da criação de um recurso didático capaz de apresentar o processo histórico que reduziu o trabalho a emprego, a exploração dos trabalhadores e a luta destes por melhores condições de trabalho e de vida.

O jogo “A Revolução Industrial e as conquistas do proletariado” é um jogo onde os estudantes/jogadores assumem personagens para vivenciar as situações narradas pelo mestre do jogo.

A escolha do RPG como estilo de jogo, se deu porque nesse modelo, os jogadores não estão competindo entre si. Pelo contrário, precisam colaborar uns com os outros e isso é uma postura mais que desejável quando tratamos da temática sobre a conquista dos direitos, que são sempre ações coletivas.

É importante, porém, destacar que existem semelhanças e diferenças entre o RPG tradicional e o pedagógico, conforme afirma Amaral⁽⁵⁾, 2013, p.13:

(...) o RPG pedagógico prioriza a solução de situações-problema a partir do uso dos conceitos científicos ou apresenta um cenário no qual se possam fazer comparações com conteúdos estudados. Além disso, as regras do RPG utilizado na escola são mais simples do que as do jogo comercial. Isso é muito importante, visto que o professor dispõe de pouco tempo em sala de aula, e seu objetivo é dar agilidade ao jogo.

Por envolverem e desafiarem os estudantes, os jogos de RPG têm sido cada vez mais utilizados como recursos pedagógicos em diversas disciplinas. Isso porque esse tipo de jogo possui uma série de características e desdobramentos interessantes para a sala de aula. O jogo de RPG envolve imaginação, empatia, trabalho em grupo, tomada de decisões coletivas, colaboração entre os participantes, troca de ideias, elaboração de estratégias, concentração e, no caso do Ensino de História, favorece uma imersão no período ou fato estudado, o que possibilita a identificação do estudante como sujeito histórico. Além disso, a partir da temática escolhida para o jogo, poderão ser acrescentados conhecimentos de vários componentes curriculares.

De acordo com Kaplun⁽⁶⁾, (2002), para que um recurso didático cumpra com sua função educativa, deve-se levar em consideração três eixos estruturantes: o eixo conceitual, o eixo pedagógico e o eixo comunicacional. Essa foi, portanto, a grande tarefa: criar um recurso educacional que fosse relevante do ponto de vista conceitual, que possuísse uma metodologia capaz de ensinar o que se pretende e que ao mesmo tempo, fosse atrativo e interessante para envolver o público a que ele se destina. Os jogos de RPG de mesa (Role Playing Game - jogo de interpretação de papéis), possuem características que possibilitam o atendimento de todos estes requisitos.

Na elaboração de um material educativo, não podemos focar apenas no eixo conceitual, pois corremos o risco de criar um produto que interessará apenas a especialistas da área e não atingirá o público que queremos, no caso, os estudantes. Não se pode, no entanto, esquecê-lo sob risco de criar um produto pouco sólido conceitualmente. Por isso, é importante que uma ampla pesquisa sobre o tema do jogo seja realizada. Não há como pensar no desenrolar da partida, na criação dos personagens e situações, sem que se tenha os dados, as características, os detalhes e até curiosidades a respeito.

Para o eixo pedagógico, é necessário compreender as dinâmicas possíveis do jogo e analisar de que maneira a informação chegará até o estudante e se transformará em conhecimento. O jogo de RPG permite a utilização de diferentes recursos para apresentar o assunto, pois além da narrativa, podemos contar com imagens, sons, mapas, gráficos, cenários, tabuleiros, etc. E por se tratar de um jogo, há o envolvimento direto dos estudantes, o que facilita muito o aprendizado. Todos aprendemos melhor quando não nos sentimos apenas ouvintes, mas sim, parte do processo.

E por fim, mas igualmente importante, os jogos de RPG têm se mostrado como ferramentas capazes de atrair os estudantes. Sem o eixo comunicacional, temos um recurso educacional falho, pois se não for interessante aos estudantes, certamente não teremos alcançado o objetivo principal, que é ensinar.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Retomando as questões analisadas inicialmente, para a elaboração do jogo, foram observados os três eixos propostos por Kaplun⁽⁶⁾ (2009), que passamos a apresentar:

a) Para o eixo conceitual, foi realizada uma ampla pesquisa sobre a Revolução Industrial e a classe trabalhadora do período. A narração contida no material intitulado *Livro do mestre*, os assuntos abordados nos baralhos de cartas e nos materiais com informações adicionais, foram baseados especialmente em três obras: no livro *A situação da classe trabalhadora em Inglaterra*, de Friedrich Engels⁽⁷⁾; no capítulo XIII do livro *O Capital*⁽⁸⁾ – “*A maquinaria e a indústria moderna*”, de Karl Marx; e no livro *A Era das Revoluções - 1789 a 1848*, de Eric Hobsbawn⁽⁴⁾. O livro de Engels é bastante rico em detalhes sobre as condições de vida e de trabalho dos operários e mineiros do período, o que auxiliou enormemente na escrita do material. Contudo, para que o jogo não ficasse demasiadamente extenso e complexo, foi necessário deixar alguns dos aspectos importantes de fora da narrativa, como a questão da imigração irlandesa.

b) Para que o eixo pedagógico fosse atendido, usou-se uma linguagem apropriada ao público a que o jogo se destina, e foram criados elementos visuais no tabuleiro para facilitar a compreensão do que estava sendo abordado/narrado pelo mestre do jogo. Foi utilizada uma linha do tempo no tabuleiro para situar os estudantes no tempo histórico em que a Revolução Industrial aconteceu e para que pudessem perceber os eventos de curta e longa duração. Além disso, como os principais momentos históricos abordados pelo jogo – o movimento Ludista e o Movimento Cartista – possuem uma distância temporal significativa, sem essa noção de passagem do tempo, ficaria difícil compreender os limites de atuação de cada

personagem, visto que a expectativa de vida da classe trabalhadora era bastante baixa na época.

c) O eixo comunicacional já está contemplado no fato de o recurso didático se tratar de um jogo, que por si só, já costuma ser atrativo para diferentes públicos. Mas os estudantes/jogadores poderiam perder o interesse logo nos primeiros minutos se não houvessem elementos que prendessem a atenção dos jogadores até o fim. Essa foi uma das principais preocupações durante a elaboração do mesmo, inclusive por não se tratar de um jogo competitivo, o que em geral, já tornaria a experiência agradável. Por isso, as etapas, chamadas de *cenar*, só vão sendo conhecidas ao longo do jogo, para criar um ar de expectativa e colaboração entre os jogadores. Para finalizar o jogo, foi criada uma tabela de pontuação como forma de mensurar o sucesso alcançado, pois para qualquer tipo de jogo, esse é um elemento fundamental.

O jogo “A Revolução Industrial e as conquistas do proletariado” foi elaborado para ser jogado por quatro estudantes, sendo que um deles é o mestre-narrador e outros três interpretam os papéis dos personagens escolhidos. Se houver um número maior ou menor em algum dos grupos, é possível fazer uma adaptação conforme orientações contidas no manual de instruções e regras do jogo.

O jogo é dividido em três *cenar* e leva em torno de 1 hora e 30 minutos. A primeira *cena* conta com a narração do contexto histórico – a ambientação, revelando detalhes quanto ao processo produtivo e às condições de vida a que estavam sujeitos os personagens. Conforme a *cena* vai sendo narrada, o mestre vai marcando a passagem dos anos na linha do tempo indicada na parte superior do tabuleiro. O jogo conta também com três baralhos de cartas que descrevem situações do cotidiano dos trabalhadores das fábricas e das minas de carvão.

Durante toda a narração, o mestre vai mostrando imagens da época, documentos, recortes de jornais e relatos de pessoas que viveram o período, para que os estudantes possam compreender o contexto histórico e “*entrar em cena*”, e na história.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de terem efetivamente *entrado em cena* no jogo, os estudantes responderam a um questionário e participaram de uma roda de conversa a fim de avaliar o recurso didático e o aprendizado adquirido através dele.

Um dos estudantes considerou que o jogo se difere dos RPG que ele conhecia. Especialmente porque os jogadores não possuem liberdade para decidir os rumos da história, ficando mais presos às jogadas de dados e instruções das cartas dos baralhos e das narrativas do mestre.

Esse é um aspecto importante a ser registrado. Não foi possível deixar a narrativa mais solta, com maiores possibilidades de escolha para os jogadores, porque as chances do jogo terminar muito cedo, como que seguindo por atalhos, era considerável. E desta forma, os estudantes poderiam deixar de “vivenciar” alguns dos processos fundamentais para a compreensão da temática a que o jogo se propõe. Por esta razão, foi preciso procurar um equilíbrio entre as possibilidades que esse tipo de recurso oferece e os objetivos de ensino.

No questionário, uma das questões abertas perguntava “em sua opinião, é possível aprender sobre a Revolução Industrial e seus desdobramentos com o jogo?”

Por favor, justifique sua resposta”. Todas as respostas foram afirmativas. Entre as justificativas, um dos estudantes argumentou “sim, pois, utilizando diversos recursos no decorrer da partida, o contato com conceitos, ideias e fatos torna-se mais natural, permitindo correlacionar melhor tais aspectos e suas consequências. As surpresas e reviravoltas da história conseguem envolver os participantes, favorecendo o aprendizado.”

A tabela de pontuação final leva a uma comparação entre o resultado por eles alcançados e o que de fato aconteceu. Esse momento também se constitui em um momento importante de aprendizado, pois ao debater isso em sala de aula, o professor poderá levantar diversas questões, como por exemplo, as dificuldades que encontraram, as situações que seus personagens enfrentaram, enfim, o que aprenderam com a experiência.

Concordamos com Pacheco, quando diz que “antes de formar o profissional, trata-se de formar o cidadão, capaz de compreender o processo produtivo e seu papel dentro dele, incluindo as relações sociais estabelecidas a partir daí”. (PACHECO⁽⁹⁾, 2015, p.29)

A criação do jogo “A Revolução Industrial e as conquistas proletárias”, procura aliar o ensino da História à proposta dos Institutos Federais de oportunizar aos seus estudantes uma educação emancipadora, articulando trabalho, ciência e cultura. Onde os mesmos possam refletir a partir de situações-problema, sobre as próprias condições de trabalho, à luz dos conhecimentos historicamente produzidos.

4 CONCLUSÃO

São muitas as justificativas para que este jogo seja utilizado nas aulas de história da Educação Profissional Integrada ao Ensino Médio. A primeira delas, é que o tema do jogo é um assunto dos mais importantes para a compreensão do mundo contemporâneo. A inclusão deste tema nas ementas de História dos cursos técnicos integrados, é indispensável para a formação humana e profissional dos estudantes. Afinal, não há como compreender as atuais relações de trabalho, de produção e consumo, sem que se tenha noção de como se originaram tais relações e sem conhecer o passado de luta de tantos trabalhadores para a conquista dos mais elementares direitos trabalhistas.

Ainda em relação ao assunto do jogo, é este um tema que permite aos estudantes perceberem que a história está sendo construída a cada dia, já que a revolução iniciada na Inglaterra do final do século XVIII, ainda está em curso.

Os direitos trabalhistas são conquistas da própria classe trabalhadora e é fundamental que os trabalhadores do nosso tempo possam conhecer como se deu esse processo, inclusive por estarmos diante de constantes e severos ataques a estes direitos historicamente conquistados. Acreditamos que o desconhecimento deste processo histórico contribui para que os trabalhadores não percebam a força que possuem para frear tais retrocessos, nem para lutar por melhores condições, à exemplo daqueles que o fizeram no passado.

Agradecimentos

Agradecemos ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul câmpus Vacaria, especialmente à turma do curso de Multimídia e seu coordenador, o professor Fernando Leão por colaborarem enormemente para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- 1 FRIGOTTO, Gaudêncio; CIAVATTA, Maria; RAMOS, Marise (orgs.). Ensino médio integrado: concepção e contradições. São Paulo: Cortez, 2012.
- 2 MOURA, Dante Henrique. Educação básica e educação profissional e tecnológica: dualidade histórica e perspectiva de integração. *Holos*, v.2, ano 23, p. 4 -30. 2007.
- 3 ANTUNES, Ricardo. Os sentidos do trabalho: ensaio sobre a afirmação e a negação do trabalho. São Paulo, SP: Boitempo, 2009.
- 4 HOBBSAWM, Eric. A Era das Revoluções, 1789-1848. 36ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2016.
- 5 AMARAL, Ricardo Ribeiro do. RPG na escola: aventuras pedagógicas. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2013.
- 6 KAPLÚN, G. Material Educativo: a experiência de aprendizado. *Revista Comunicação e Educação*, São Paulo, n. 27, p. 46-60, maio/ago 2002.
- 7 ENGELS, Friedrich. A situação da classe trabalhadora na Inglaterra. Ed. São Paulo: Boitempo, 2008.
- 8 MARX, Karl. O capital: crítica da economia política. Livro I, Vol 1. 34ª ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2016.
- 9 PACHECO, Eliezer. Fundamentos político-pedagógicos dos institutos federais: diretrizes para uma educação profissional e tecnológica transformadora. Natal: IFRN, 2015.

A NECESSIDADE DA INCLUSÃO DA AGROECOLOGIA NOS CURSOS TÉCNICOS DE AGROPECUÁRIA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL

Parisoto, M.¹
Calixto, P. M.²

¹ Mestre, Maico Parisoto, professor das redes municipal e estadual; maicoparisoto@yahoo.com.br
² Doutora, Patrícia Mendes Calixto, professora do IFRSul, patriciamcalixto@gmail.com

Resumo

Este artigo apresenta o recorte de uma pesquisa desenvolvida no Curso Técnico de Agropecuária Integrado ao Ensino Médio no Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Vacaria. Nele, analisamos o Projeto Pedagógico do Curso (PPC) em questão, focando em como os temas sustentabilidade e agroecologia aparecem no PPC e nos componentes curriculares do curso. Através da pesquisa, observou-se que temas relacionados à sustentabilidade constam no documento, contudo, a agroecologia não é mencionada nenhuma vez no mesmo. No entanto, quando foram analisados os 28 componentes curriculares do curso, constatou-se que em apenas 8 deles o tema está presente, sendo 3 da área propedêutica e 5 da área técnica. Ao término da pesquisa, chegou-se à conclusão de que há a necessidade da inclusão da agroecologia nos componentes curriculares e/ou da inclusão dela como uma disciplina específica no curso. Esta inclusão, além de fortalecer a produção agroecológica da região onde o Campus está inserido, contribuirá para a formação de um estudante preocupado com os problemas socioambientais da atualidade.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Agroecologia; Educação Profissional.

THE NECESSITY OF THE AGROECOLOGY'S INCLUSION IN THE TECHNICAL COURSE OF FARMING IN THE PROFESSIONAL EDUCATION

Abstract

This paper presents a part of a research developed in the Technical Course of Farming integrated to High School in Federal Institute of Rio Grande do Sul, Campus Vacaria. In it, we analyzed the Course Pedagogical Project (PPC in Portuguese), focusing in how the themes sustainability and agroecology appear in the PPC and in its disciplines. Through the research, it was observed that themes related to the sustainability appear in the document, however, the agroecology is not mentioned not once in the same. However, when 28 disciplines of the course were analyzed, in just 8 of them the theme was present, being 3 of them propaedeutic disciplines and 5 technical disciplines. As results, it was concluded that it is necessary to include the agroecology in the disciplines and/or to include it as a specific discipline in the course. This inclusion, more than to strengthen agroecological production of the region where the Campus is included, will contribute to the training of a student worried with the current socio and environmental problems.

Key words: Sustainability; Agroecology; Professional Education.

1 INTRODUÇÃO

Em uma sociedade onde os impactos socioambientais estão tão presentes e evidentes, é necessário que as instituições de ensino levem seus estudantes a refletir sobre o assunto. Quando falamos em tais impactos, não basta abordarmos com os estudantes apenas conceitos básicos como destino do lixo, tempo de decomposição dos materiais, poluição dos automóveis e assim por diante. Claro que estes temas são importantes e essenciais, no entanto, precisamos ir muito além disso.

É necessário levar o estudante a refletir sobre como as nossas ações estão interferindo diretamente no equilíbrio dos ecossistemas. E quando falamos da educação profissional, especialmente o ensino médio integrado, estas reflexões não devem ser somente abordadas nas disciplinas propedêuticas, mas também nas disciplinas da área técnica. Disciplinas estas que não podem focar em apenas preparar o estudante para o mercado de trabalho, mas sim para o mundo do trabalho. Neste sentido, a formação do estudante tem de ser integral. E assim sendo, esta formação passa pela construção de um cidadão crítico aos problemas sociais e ambientais da nossa sociedade.

Nas últimas décadas, vários dos problemas socioambientais que viemos enfrentando, está relacionado ao modelo de agricultura que foi imposto pelo capital. Modelo este que gera grandes impactos ambientais pelo uso excessivo de produtos tóxicos que contaminam os bens naturais, associado ao desequilíbrio ambiental provocado pelas monoculturas. No que se refere aos problemas sociais, o modelo potencializa as já enormes desigualdades sociais em nosso país, pois o pequeno produtor enfrenta grandes dificuldades neste modelo e muitas vezes acaba abandonando o meio rural em busca de melhores condições nas cidades. No entanto, sabemos que o meio urbano não é capaz de gerar emprego para todos estes trabalhadores.

Para Balsan⁽¹⁾ (2006, p. 141) “Precisamos esquecer da ‘ideologia modernizadora’, e construir uma realidade na qual a agricultura deve ser enfocada sob um olhar que não se volte apenas para a reprodução do capital.”

Neste sentido, os cursos técnicos, principalmente aqueles relacionados a atividades agrícolas, devem abordar temas como a agricultura familiar e a sustentabilidade em seus currículos. Logo, a agroecologia surge com um enorme potencial, pois ela segue os princípios da sustentabilidade e gera renda e trabalho. Sem contar, que não necessita de grandes extensões de terra e nem de enormes investimentos em equipamentos e produtos para a produção de alimentos. Para Altieri⁽²⁾ (2012, p.15) “A agroecologia fornece as bases científicas, metodológicas e técnicas para uma nova *revolução agrária* não só no Brasil, mas no mundo inteiro.” Portanto, a agroecologia surge como uma ciência capaz de realizar a transição para uma agricultura e, posteriormente, uma sociedade sustentável.

Sendo assim, esta pesquisa tem como objetivo compreender como a *sustentabilidade* e a *agroecologia* são abordados no Projeto Pedagógico do Curso Técnico de Agropecuária Integrado ao Ensino Médio⁽³⁾ no IFRS, Campus Vacaria. Esta instituição foi escolhida, pois a mesma tem a educação profissional integrada ao ensino médio, além da importância que tem para o desenvolvimento da região onde está inserida. Cabe ressaltar, que na região onde o Campus está inserido, temos o município de Ipê, que desde o ano de 2010 tem o título de Capital Nacional da Agroecologia, o que acaba justificando ainda mais a presente pesquisa.

O Curso Técnico de Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, na perspectiva da politecnia ou ensino tecnológico, defendido por autores como Frigotto⁽⁴⁾ (2012) e Saviani⁽⁵⁾ (2007), busca a formação integral do estudante através da união entre educação e trabalho. Sendo assim, os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, apresentam-se como uma possibilidade viável de fortalecer as práticas agroecológicas e despertar uma consciência coletiva para a sustentabilidade. A transição para um modelo de sociedade sustentável requer uma educação que vá além da simples transmissão de técnicas de cultivos. Requer um estudante que pense e reflita sobre suas ações no mundo, estando preocupado em superar um modelo de sociedade que gera desigualdades sociais e degradação ambiental.

Nesse contexto, é necessário ressaltar a importância dos Cursos Técnicos estarem integrados ao Ensino Médio, pois desta forma, permitem aos estudantes uma instrução intelectual ligada ao trabalho produtivo. Nessa perspectiva, o trabalho volta a ser visto como um princípio educativo, aliando formação geral à formação específica, buscando superar a dualidade escolar e os problemas socioambientais da nossa sociedade, formando integralmente o estudante.

2 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Como a pesquisa pretende compreender como a *sustentabilidade* e a *agroecologia* são abordados no Projeto Pedagógico do Curso Técnico de Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, foi utilizado o método exploratório. Para Gil⁽⁶⁾ (2008, p.27)

Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis.

Na primeira etapa da pesquisa, realizou-se uma busca no portal da instituição, especificamente no campo dos cursos técnicos, e percebeu-se que na matriz curricular do curso técnico de agropecuária integrado, não havia uma disciplina específica de agroecologia, assim como, nenhuma que abordasse especificamente os problemas sociais e ambientais. Ao buscar informações junto a coordenadora de ensino da instituição e a um professor do curso (indicado pela coordenação), houve a confirmação de que não havia uma disciplina específica de agroecologia no referido curso.

Após este contato inicial, fui para a análise documental, neste caso no Projeto Pedagógico do Curso (PPC) vigente. De acordo com Ludke e André⁽⁷⁾ (1986, p. 38), “a análise documental pode se constituir numa técnica valiosa de abordagem de dados qualitativos, seja complementando as informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema.”

Desse modo, como dito anteriormente, busquei informações no PPC do curso sobre como os temas *sustentabilidade* e *agroecologia* são abordados atualmente nas disciplinas das áreas do ensino propedêutico e nas áreas do ensino técnico do curso. Durante a pesquisa, também pesquisou-se como a formação integral é abordada no documento.

Após buscar as informações, a pesquisa seguiu a *Análise de Conteúdo*, de acordo com as orientações de Bardin⁽⁸⁾ (1977), realizada em três etapas: (a) pré-

análise, (b) exploração do material e (c) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação.

A seguir são apresentados os resultados da análise do PPC e das grades curriculares do referido curso.

3 ANÁLISE DO PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO TÉCNICO EM AGROPECUÁRIA INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO DO IFRS – CAMPUS VACARIA

Para conhecer as características do curso e compreender como os temas formação integral, *sustentabilidade*, *agroecologia* e *impactos socioambientais* são abordados na matriz curricular e, conseqüentemente, na formação dos estudantes, analisou-se o Projeto Pedagógico do Curso Técnico de Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, de outubro de 2016, ainda vigente no início deste ano.

De acordo com o referido documento, o curso tem carga horária de 3.726 horas distribuídas em 2.384 horas do núcleo de base comum, 1.262 horas do núcleo profissional e 80 horas de atividades curriculares complementares.

De acordo com o PPC, o curso tem como missão

[...] capacitar indivíduos para exercer a cidadania, promovendo a consciência social, formando e qualificando técnicos competentes e atuantes na sociedade, colaborando assim para o desenvolvimento e crescimento humano, e para a melhoria da qualidade de vida das pessoas. (2016, p. 7)

A instituição pretende formar o estudante de forma integral, buscando integrar a educação básica à educação profissional.

[...] a oferta do primeiro Curso Integrado ao ensino médio, forma de oferta que trata este PPC, tem o desafio de valorizar a formação humana de forma holística; o trabalho inter, multi e transdisciplinar e a integração de conteúdos entre educação básica e profissional. Essas condições permitem destacar a importância e o significado de cada componente curricular, já que cada um deles não é visto de forma isolada. (PPC, 2016, p. 16).

Nos princípios filosóficos e pedagógicos do curso, o documento prevê que busca formar profissionais

[...] preparados para o mundo do trabalho, com valores éticos, conectados às tecnologias sustentáveis e ao empreendedorismo, principalmente relacionado às especificidades regionais, o IFRS *Campus Vacaria*, estimulará ações de ensino, pesquisa e extensão; trabalhará a aplicação dos saberes; a reflexão de estudantes e professores sobre o seu papel na sociedade e sua constituição como um agente de transformação da realidade local e regional. (PPC, 2016, p. 24)

O documento reforça que a formação destes jovens deve se basear nos princípios da cidadania, buscando uma formação para o mundo do trabalho, pois

[...] partindo da compreensão da educação tecnológica ou profissional não como apenas ‘instrumentalizadora’ de indivíduos para o trabalho determinado por um mercado que impõe os seus objetivos, mas também numa ampliação da perspectiva desses indivíduos acerca do mundo do trabalho. Portanto, tais propósitos se consolidam por meio de temas como as questões ambientais, as questões de gênero e etnia, tendo a geração de conhecimentos a partir da prática interativa com a realidade de seu meio, bem como extração e problematização do conhecido e a investigação do não conhecido para poder compreendê-lo e influenciar a trajetória dos destinos de seu *locuse* dos seus entornos. (PPC, 2016, p. 24/25)

Através das citações mencionadas, percebe-se que o curso não almeja apenas uma educação “instrumentalizadora”, preocupada somente em atender o mercado de trabalho. Mas sim, a formação integral do estudante, auxiliando na construção de um cidadão crítico, consciente, reflexivo e preocupado com o local onde está inserido, buscando a transformação da realidade, tanto na questão social, quanto na ambiental, preparando-o para o mundo do trabalho.

Nesse sentido, de acordo com o foco desta pesquisa, buscou-se através da análise documental, compreender como a sustentabilidade e a agroecologia são mencionadas no PPC do curso.

O curso é organizado em quatro séries, mesclando disciplinas do ensino propedêutico com o ensino técnico.

Na página 25, tem-se que “A preocupação com o desenvolvimento sustentável deverá permear todas as etapas de formação dos estudantes do Curso Técnico em Agropecuária.” Logo em seguida, nas páginas 25 e 26, o documento diz que “Os princípios da sustentabilidade estarão presentes em todos os componentes curriculares do curso, e serão norteadores nas ações de diagnóstico e proposições durante os Projetos Integradores.”

Há também na matriz curricular o Projeto de Formação e Integração (PFI), pertencendo a área das Ciências Humanas e suas tecnologias, que

[...] têm por objetivo integrar os conhecimentos construídos nos distintos componentes curriculares do curso, promovendo o desenvolvimento de competências aos estudantes, considerando suas trajetórias, suas vivências e seus anseios. Estes componentes curriculares estarão presentes em todos os anos do curso, assumindo papel norteador da formação. (PPC, 2016, p. 29)

Realizando uma análise mais detalhada, pesquisou-se como os princípios da sustentabilidade, da agroecologia e a preocupação com os impactos ambientais, são abordados nas ementas dos componentes curriculares do curso.

Na primeira série do curso, estão previstos 16 componentes curriculares, sendo 11 da base comum e 5 da área técnica.

Nesta série, temos a disciplina de *Introdução a agricultura* que prevê na página 56, como objetivo geral “desenvolver olhar crítico e consciente sobre o impacto das atividades agrícolas sobre o meio ambiente.” Na ementa, tem-se como temas a serem abordados, o “Impacto agrícola sobre a qualidade da água” e a “Educação Ambiental”.

Além da disciplina citada acima, temos o *Projeto de Formação e Integração I* que pode contemplar o tema “Educação ambiental”, mas não há uma garantia, pois de acordo com o PPC

O tema das atividades dos Projetos deverá ser definido anualmente, em reunião do Colegiado do Curso, juntamente com a escolha da Equipe Coordenadora. Os temas definidos podem ser estruturados em subtemas, devendo considerar os componentes curriculares oferecidos naquele ano e em consonância com a Resolução CNE/CEB N° 02/2012 que define as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio e cita os temas definidos [...].(2016, p. 29).

Na disciplina de *Fitossanidade e agroclimatologia*, página 52, temos na ementa o tema “Receituário agrônomo: manipulação de agrotóxicos e uso de EPI;”. No entanto, não fica claro se durante as aulas serão abordados os impactos sociais e ambientais causados por estes produtos.

Portanto, percebe-se que na primeira série do curso, apenas a disciplina de *Introdução a agricultura* assume o compromisso de debater com os estudantes os impactos socioambientais causados pela agricultura.

Na segunda série, são 15 componentes curriculares, sendo 12 relacionados a base comum e 3 da base técnica. Destes, temos a disciplina de *Biologia*, página 61, onde a ementa prevê trabalhar a “Ação humana sobre o ambiente – desequilíbrios ambientais” e a “Educação ambiental”. Assim como a disciplina de *Geografia*, página 67, onde consta o tema “Biosfera: os diversos tipos de paisagens naturais para a compreensão de sua importância econômica e ambiental”. Além destas duas disciplinas, assim como na primeira série, o *PFI* pode abordar o tema “Educação ambiental”.

Na terceira série, são 15 componentes curriculares, encontrando-se 12 componentes relacionados da base comum e 3 da base técnica. Novamente na disciplina de *Geografia*, página 87, aparece na ementa um tema relacionado, descrito como “A urbanização mundial, seus impactos sociais e ambientais”. No *PFI* consta o mesmo tema citado acima na disciplina de geografia, acrescido da “Educação ambiental”.

No objetivo geral do componente curricular *Bovinocultura, Ovinocultura e forragens*, na página 92, aparece “[...] obter um manejo eficiente da utilização de forragem com ênfase na sustentabilidade das pastagens.” Na ementa tem-se “Introdução ao estudo da produção de ovinos, bovinos de corte e de leite considerando a viabilidade econômica e a sustentabilidade.”

Em *Olericultura, jardinagem e paisagismo*, página 94, encontra-se na ementa o “Cultivo orgânico de hortaliças” e a “Educação ambiental”.

Na quarta série, há 16 componentes curriculares, sendo 12 relacionados a base comum e 4 da área técnica. No componente curricular de *Avicultura e suinocultura*, página 111, contêm “sistemas de tratamento, manejo e destinos de dejetos” que podem ser considerados como princípios de sustentabilidade. Além deste componente, em *Gestão rural, planejamentos e projetos*, página 115, a ementa prevê o tema “Educação ambiental”, assim como no *PFI IV*.

Percebe-se, que mesmo que esteja presente no PPC nas páginas 25 e 26, que os princípios de sustentabilidade estarão presentes em todos os componentes curriculares, isso não se concretiza quando analisamos as ementas dos mesmos. Dos 28 componentes curriculares presentes na matriz curricular - incluindo o Projeto

de Formação e Integração -, em apenas 8 deles há temas a serem estudados que tem relação com princípios sustentáveis. Isso corresponde a apenas 28,5% da matriz curricular. Além disso, a agroecologia como uma ciência que produz alimentos de maneira sustentável, não é abordada em nenhuma das ementas.

Ainda que na página 18, estejam como objetivos específicos do curso “Formar profissionais capazes de elaborar projetos de produção de novas culturas, adaptadas às condições climáticas da região, com vistas a viabilizar, de forma sustentável, a pequena propriedade rural;” e “Desenvolver no futuro profissional as competências necessárias para a ampliação dos sistemas de produção existentes, de forma inovadora, a partir de uma perspectiva de desenvolvimento rural e urbano sustentável;” não encontra-se nenhuma vez ao longo do documento as *palavras agroecologia, agricultura ecológica, agricultura orgânica ou permacultura*, que são modelos sustentáveis de produção de alimentos.

Entende-se que os modelos supracitados podem/devem ser abordados nos Projetos de Formação e Integração, assim como nas Atividades Curriculares Complementares, mas isso não justifica a ausência deles em um documento norteador do curso.

Sabendo que a região, especialmente o município de Ipê, tem um grande potencial na agroecologia, este tema deveria ao menos estar presente em alguma disciplina, fornecendo aos estudantes os saberes necessários para a construção de uma sociedade mais sustentável.

Portanto, após a análise, conclui-se que das quatro séries do curso, a terceira série é a que apresenta na ementa uma preocupação maior com temas relacionados à sustentabilidade ambiental. E ao que percebe-se, a disciplina de *Introdução a agricultura* é aquela que mais se destaca quando o assunto são os possíveis impactos ambientais causados pela agricultura moderna. Porém, ainda é necessário (re)pensar a inclusão de mais temas relacionados a questão ambiental, de preferência em todos os componentes curriculares, assim como, acredito ser importante incluir um componente curricular específico para a agroecologia, visando estimular e fortalecer a agricultura familiar ecológica da região.

4 CONCLUSÃO

Mesmo que conste no PPC⁽³⁾ que os “princípios da sustentabilidade estarão presentes em todos os componentes curriculares do curso”, não é o que observamos quando analisamos as ementas das disciplinas, pois, apenas 8 componentes (sendo 3 do ensino propedêutico e 5 do ensino técnico) mencionam os princípios sustentáveis. Assim como, não há nenhuma menção no documento referente à *agroecologia, agricultura ecológica, agricultura orgânica ou permacultura*, modelos considerados sustentáveis do ponto de vista econômico, social e ambiental. Portanto, é preciso (re)pensar os conteúdos que estão na ementa e fomentar debates a respeito, buscando a construção de uma agricultura sustentável.

Do mesmo modo, consideramos indispensável os cursos que trabalham com a agricultura, oportunizem aos educandos estudos sobre modelos agrícolas sustentáveis, deixando assim de ser um mero reproduzidor do modelo convencional/moderno que vem se mostrando insustentável do ponto de vista social e ambiental, pois além de agravar as desigualdades sociais, vem esgotando os bens naturais.

Precisamos (re)pensar nossas atitudes, nossas políticas públicas e nossos hábitos de produção e consumo, para buscarmos a transição para um modelo de

sociedade sustentável. Assim sendo, precisamos de uma transição no campo agrícola, transição esta, agroecológica.

Nesse sentido, as instituições de ensino têm um papel fundamental, pois através de uma educação emancipadora, buscando a formação integral de seus estudantes, será possível a construção de uma sociedade mais justa e que esteja em harmonia com o meio ambiente, cuidando dos bens naturais.

Para isso, precisamos de uma educação profissional que não esteja focada em apenas preparar o estudante para servir ao mercado de trabalho, mas sim oportunizar uma formação omnilateral através da integração entre educação básica e educação profissional, preparando o cidadão para o mundo do trabalho. Formação esta, para que além de técnicos, sejam cidadãos conscientes e preocupados com os impactos socioambientais da atualidade.

Logo, os cursos de agropecuária precisam levar seus estudantes e professores a debaterem e refletirem sobre os impactos sociais e ambientais provocados pelo modelo hegemônico de agricultura, para a partir desta reflexão, buscar a transição para um modelo agrícola sustentável.

Com a pesquisa, foi possível perceber que além de oportunizar espaços de debates e reflexões sobre os impactos socioambientais, a sustentabilidade e a agroecologia, é necessário também a inclusão de um componente curricular específico sobre agroecologia no curso técnico em agropecuária integrado ao ensino médio, assim como, a necessidade de uma abordagem mais ampla sobre sustentabilidade nos componentes curriculares.

REFERÊNCIAS

- 1 BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. In: Campo-território: revista de geografia agrária, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.
- 2 ALTIERI, M. Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável. 3ª ed. São Paulo, Rio de Janeiro: Expressão Popular, 2012.
- 3 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL. Campus Vacaria. Projeto Pedagógico do Curso Técnico em Agropecuária Integrado ao Ensino Médio, 2016.
- 4 FRIGOTO, G. Concepções e mudanças no mundo do trabalho e o ensino médio. In: FRIGOTTO, G.; CIAVATTA, M.; RAMOS, M. (orgs.). *Ensino médio integrado: concepção e contradições*. 3ª ed. São Paulo: Cortez, 2012. p. 57- 82.
- 5 SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. Revista Brasileira de Educação. v. 12, n. 34, p. 152-180, jan./abr. 2007.
- 6 GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- 7 LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisas em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.
- 8 BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.

DIÁLOGOS SOBRE A FORMAÇÃO NO CURSO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

Martins, R. S.¹

Santos Jr, N. J. F. dos²

Valadão, Y. das N.³

¹ Mestre em Sistemas e Processos Industriais, Richard Silva Martins, IFSul Câmpus Novo Hamburgo, richardmartins@ifsul.edu.br

² Doutor em Educação, Nei Jairo Fonseca dos Santos Junior, IFSul Câmpus Novo Hamburgo, neifonseca@hotmail.com

³ Mestrando UFRGS, Yuri das Neves Valadão, IFSul Câmpus Novo Hamburgo, yurivaladao@pelotas.ifsul.edu.br

Resumo

Trataremos de desafios da formação no Curso Técnico em Mecatrônica, ofertado pelo IFSul – Câmpus Novo Hamburgo. O mundo do trabalho do técnico em mecatrônica é pensado, entre outros aspectos, pelo aumento do uso de equipamentos mecânicos, controlados por computadores, exigindo profissionais cada vez mais especializados. A implantação de tecnologias de automação, robótica e microeletrônica nos provoca a pensar sobre o sentido, o valor e os limites éticos do mundo do trabalho. Destacamos a necessidade da formação profissional e tecnológica articular a fundamentação teórica à prática, possibilitando uma inserção responsável no mundo do trabalho, a partir do entendimento crítico de como se constitui a sociedade humana em suas relações sociais e como funciona o mundo da natureza. Nosso objetivo é examinar, partindo de diferentes pontos de vista, desafios pedagógicos e conceituais do referido curso técnico, considerando a função social do IFSul e a compreensão da educação como uma prática social. Nossos resultados são parciais, pois se trata de um momento inicial de uma pesquisa que almeja promover um diálogo, a partir de diferentes olhares, sobre um curso técnico comprometido em promover formação humana integral, por meio de uma proposta que encadeie ciência, trabalho, tecnologia e cultura. Posto isto, compreendemos como resultado a exigência de superarmos a visão dicotômica entre o pensar e o fazer. Do mesmo modo, sublinhamos que nossa conclusão sinaliza para uma proposta educacional que busca romper com a separação entre formação geral e formação técnica, assentada no resgate do princípio da formação humana em sua totalidade.

Palavras-chave: IFSul; Curso Técnico em Mecatrônica; Desafios; Formação Integral.

DIALOGUES ON FORMATION IN TECHNICAL COURSE IN MECHATRONICS

Abstract

We will address the challenges of training in the Mechatronics Technical Course offered by IFSul - Campus Novo Hamburgo. The world of work of the mechatronics technician is thought, among other things, by the increased use of mechanical equipment, controlled by computers, requiring increasingly specialized professionals. The implementation of automation, robotics and microelectronics technologies

causes us to think about the meaning, value and ethical limits of the world of work. We emphasize the need for professional and technological training to articulate the theoretical foundation to practice, enabling a responsible insertion in the world of work, from the critical understanding of how human society is constituted in its social relations and how the world of nature works. Our objective is to examine, from different points of view, the pedagogical and conceptual challenges of this technical course, considering the social function of IFSul and the understanding of education as a social practice. Our results are partial, because it is an initial moment of a research that aims to promote a dialogue, from different perspectives, about a technical course committed to promoting integral human formation, through a proposal that links science, work, technology and culture. We understand as a result the demand to overcome the dichotomous view between thinking and doing. In the same way, we emphasize that our conclusion points to an educational proposal that seeks to break the separation between general formation and technical formation, based on the rescue of the principle of human formation in its entirety.

Key words: IFSul; Mechatronics Technical Course; Challenges; Integral Formation.

1 INTRODUÇÃO

Pensar no curso técnico em mecatrônica, em suas diferentes modalidades de oferta, no âmbito do IFSul – Câmpus Avançado Intermediário Novo Hamburgo, significa refletir sobre a *práxis* pedagógica num tempo de profundas contradições e, sobretudo, de uma inaceitável situação, em que o avanço científico e tecnológico é arquitetado pelos detentores do capital em detrimento das mínimas condições de vida de mais de dois terços da população mundial. Desse modo, nossa abordagem aponta para a exigência de uma reflexão sobre a produção, o impacto e os sentidos das tecnologias no campo da educação profissional e tecnológica.

A nossa reflexão aqui desenvolvida é resultado de um diálogo sobre o projeto pedagógico do curso técnico em mecatrônica e possibilidades de qualificar e aprimorar o processo de ensino e de aprendizagem dos estudantes vinculados ao referido curso. Partimos do pressuposto que o curso técnico em mecatrônica visa promover o intercâmbio de conhecimento, partindo da concepção da formação do técnico em mecatrônica, elaborada segundo uma perspectiva de formação humanística e técnica, aproximada de novos conceitos de tecnologia e mecatrônica, para que sirvam como ponte entre o mundo do trabalho e o ambiente escolar.

A dimensão do campo de atuação profissional do técnico mecatrônico é apresentada pelo viés da abrangência e da diversidade, sinalizando desafios de diferentes naturezas. O técnico em mecatrônica pode atuar no projeto, na instalação, nas medições, na programação de máquinas e equipamentos automatizados e sistemas robotizados, observando normas de segurança, valores éticos, humanísticos e científicos que regem o mundo das ciências. Isso implica numa visão da educação profissional e tecnológica que abre caminhos para o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Dessa maneira, o aspecto teórico fundante do nosso diálogo pode ser pensado a partir da rápida globalização e da evolução da tecnologia, das formas como afetaram a vida de todas as pessoas envolvidas com a indústria e com negócios (pelo menos na última metade do século XX). O desalento provocado pela força da globalização e da tecnologia revolucionou o ambiente de cada indivíduo,

portanto, é preciso conhecer um pouco melhor as diretrizes da educação profissional e tecnológica e seus desafios, que compõe a formação do técnico em mecatrônica.

O curso técnico em mecatrônica fundamenta-se a partir da necessidade de formar o estudante para desenvolver e implementar modelos que incluam técnicas de programação, eletrônica, mecânica, telecomunicação e eletrotécnica. Nesse sentido, nossa pretensão é pensar sobre desafios da formação do técnico em mecatrônica, sublinhando a estrutura multidisciplinar do curso e o compromisso com a formação do discente para o pensamento autônomo e para o exercício da cidadania.

Entre outros resultados do diálogo proposto, vislumbramos a diminuição dos índices de evasão e retenção, a partir da abordagem de práticas didático-pedagógicas criativas e inclusivas e da inserção dos discentes no desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Os avanços tecnológicos parecem indicar que somos seres fundamentalmente linguísticos, como afirmam diversos estudiosos do campo da educação profissional e tecnológica, de acordo com essa linha interpretativa, é por meio da linguagem que construímos boa parte do que somos e do mundo a nossa volta. Com base na linguagem identificamos, classificamos e entendemos nossas inúmeras experiências do dia a dia. A educação profissional e tecnológica trata de fatos e fenômenos novos, que exigem a elaboração de novos métodos, novas tecnologias e novas teorias. Seguindo esse propósito, Pacheco (2015, p. 6) aponta, no exercício de refletir sobre as diretrizes para uma educação profissional e tecnológica transformadora, para

A transição do século XX para o século XXI coincidiu com uma mudança paradigmática de grandes proporções. A fragilização dos modelos explicativos, a derrocada do socialismo e a revolução nos costumes criaram crises identitárias em todos os níveis. A despeito disso, uma nova perspectiva para a vida humana é o objeto que nos move neste início de século e de milênio. O aspecto simbólico dessa passagem reitera questões que continuam urgentes, que mobilizaram o desejo e a energia de trabalho das gerações que nos antecederam. Entre essas questões encontra-se a educação, que foi particularmente atingida pela crise e pelas políticas neoliberais, perdendo suas referências. Como política social capaz de emancipar, sua força deve ser renovada por meio de projetos criativos e desafiadores.

O desenvolvimento das novas tecnologias eletrônicas, que perpassam o campo da educação profissional e tecnológica, trouxe a velocidade da comunicação e da informação e a automação da produção e distribuição dos produtos. Essa transformação nas forças produtivas (pois a tecnologia alterou o processo social do trabalho) vem gerando o desemprego em massa, a exclusão social, política e cultural de grandes massas da população, mas carrega a promessa de profissões ainda inexistentes. Dialogar sobre o curso técnico em mecatrônica implica em pensar num movimento formativo que considere em pensar sobre direitos econômicos e sociais conquistados pelas lutas populares, os quais correm perigo

por causa da privatização, do encolhimento da esfera pública e do alargamento da esfera dos interesses privados.

2 METODOLOGIAS CONTEMPORÂNEAS DE ENSINO E A FORMAÇÃO DO TÉCNICO EM MECATRÔNICA

As atividades de formação de um profissional técnico em mecatrônica são complexas e diversas. A formação exige conhecimentos técnicos múltiplos e com relativa profundidade nas áreas de mecânica e eletroeletrônica. Além disso, dada a condição fundamental desse profissional estar imerso em um contexto social e tecnológico, a reflexão de ordem ética e humanística é de suma importância.

Algumas estratégias pedagógicas contemporâneas buscam tratar desses desafios na formação profissional e tecnológica. Se as exigências de conhecimentos tornam os processos de ensino complexos, o espectro do perfil de estudante não é menos profundo, pois muitas informações estão disponíveis nas plataformas digitais e um dos desafios educacionais centrais é cativar os estudantes para o processo de ensino em sala de aula e mostrar que as interações e conexões sociais são de suma importância para a formação profissional e tecnológica. Morán (2015, p.17) salienta que:

As instituições educacionais atentas às mudanças escolhem fundamentalmente dois caminhos, um mais suave - mudanças progressivas - e outro mais amplo, com mudanças profundas. No caminho mais suave, elas mantêm o modelo curricular predominante – disciplinar – mas priorizam o envolvimento maior do aluno, com metodologias ativas como o ensino por projetos de forma mais interdisciplinar, o ensino híbrido ou *blended* e a sala de aula invertida.

A metodologia de projetos como estratégia de ensino e aprendizagem promove um espaço de protagonismo dos educandos, pois busca torná-los agentes ativos na construção do conhecimento.

O principal objetivo deste modelo de ensino é incentivar os alunos para que aprendam de forma autônoma e participativa, a partir de problemas e situações reais. A proposta é que o estudante esteja no centro do processo de aprendizagem, participando ativamente e sendo responsável pela construção de conhecimento (GAROFALO, 2018, p. 1).

Outra possibilidade de ensino com metodologia ativa é a gamificação. Segundo Alves (2015), gamificação trata-se da utilização de conceitos e de dinâmicas de jogos para promover maior engajamento do educando nas atividades escolares, correlacionando assim com uma melhoria nos processos de aprendizado e na formação do conhecimento. Para uma melhor definição dessa metodologia, recorreremos a Fardo (2013):

A gamificação não implica em criar um game que aborda o problema, recriando a situação dentro de um mundo virtual, mas sim em usar as mesmas estratégias, métodos e pensamentos utilizados para resolver aqueles problemas nos mundos virtuais em situações do mundo real.

Jane McGonigal (2012 *apud* Alvez, 2015) indica a prática de jogos como ferramenta de ensino e de aprendizagem refletindo a partir das seguintes estatísticas:

- 69% dos líderes do núcleo familiar jogam vídeo games;
- 97% dos jovens jogam no computador e/ou vídeo games;
- 40% de todos os jogadores são mulheres;
- 1 em cada 4 jogadores tem mais de 50 anos;
- 35 anos é a idade média dos jogadores e eles jogam há, aproximadamente, 12 anos;
- A maioria dos jogadores não possui intenção de parar de jogar.

As estatísticas referidas mostram-se importantes no que tange a análise do alcance dos jogos, e sublinha que não há idade padrão, tão pouco gênero único no consumo de jogos como atividade de diversão. Com isso, a utilização do método de gamificação mostra-se não apenas interessante, mas uma ferramenta viável de aplicação e exploração de conhecimentos (Burke, 2015; Alves, 2015).

Alguns ensaios que versam sobre o tema gamificação podem ser citados: Mattar et. al. (2017) promoveu uma revisão sobre a possibilidade de um projeto de jogos digitais auxiliar a compreender a formatação de uma metodologia científica eficiente. Martínez e Pérez (2017) propunham jogos de realidade aumentada para trabalhos científicos, com o intuito de melhorar a interação e a motivação dos educandos com os sistemas e os métodos. Ramos et. al. (2013) promovem a utilização do conceito de realidade aumentada para a formação profissional e tecnológica, simulando ambientes industriais para promover não só o aprendizado educacional, mas a perspectiva do desenvolvimento dos arranjos produtivos regionais.

Pensando nesse desafio de formação profissional e tecnológica, a estrutura curricular do curso técnico em mecatrônica permite, em sua matriz, o desenvolvimento de atividades com projetos, almejando a integração de diversas áreas do saber. No itinerário final do curso técnico em mecatrônica, após a construção das bases de conhecimento, os componentes curriculares de projetos mecatrônicos são planejados com o objetivo de integrar conceitos e práticas, para que os estudantes possam criar, como resultado final, um produto que expresse conexões entre conceitos e práticas.

3 ATIVIDADES DE PROJETOS MECATRÔNICOS E A PERSPECTIVA DE GAMIFICAÇÃO

Os componentes curriculares de Projetos Mecatrônicos adotam uma abordagem integradora de diferentes conhecimentos que compõe a estrutura curricular do curso técnico em mecatrônica. Partindo de questões desafiadoras que inquietam os estudantes e contribuam com o contexto social, por meio da estratégia didática da Metodologia de Projetos, objetiva-se construir um protótipo com caráter inovador, aliando ciência, tecnologia e trabalho em equipe.

Os módulos são compostos por 20 semanas e contém 4 períodos de aula. As atividades são propostas considerando o trabalho em equipe. Na condução das atividades, inicialmente, são apresentados alguns passos para auxiliar no planejamento: a) apresentação dos conceitos e da metodologia de projetos; b) definição de um conjunto de tarefas e a identificação de interdependência entre elas, assim como de suas responsabilidades; c) definição de resultados de cada tarefa; e d) definição de marcos de referência (avaliação, acompanhamento).

O planejamento é evidenciado como uma das principais etapas do trabalho. Em diversas situações ficou perceptível a necessidade de ajuste das atividades em função de variáveis que interferem no cronograma de tarefas.

Analisando os resultados das atividades com projetos, dois pontos fundamentais se destacam: a) os estudantes entendem como uma boa estratégia para possibilitar a aplicação dos conhecimentos; e b) a importância do planejamento no trabalho com projetos e o desafio em realizar propostas que atendam as demandas da sociedade local.

A avaliação dos estudantes, realizada diretamente pelo docente que ministra o componente curricular em voga, a partir de consulta verbal, no fim do período letivo, revela que a metodologia via projetos contribui de forma interessante com a construção do conhecimento. Outra característica apontada indica que a metodologia adotada permite lidar com os desafios práticos do trabalho em equipe.

No trabalho com projetos as atividades iniciais são de planejamento das tarefas. Com frequência esse momento inicial não é valorizado pelos estudantes, porém, no decorrer do desenvolvimento das atividades, ocorre essa percepção por parte deles, em especial, quando se deparam com problemas na execução dos projetos, principalmente, pela falta de recursos e materiais, quando então fica evidente que a etapa de planejamento é determinante. Além disso, na busca por atender as demandas da sociedade local, percebe-se a necessidade de análise de cada etapa, incluindo possíveis variáveis.

Outra proposta metodológica para o desenvolvimento do conhecimento no curso técnico em mecatrônica é a gamificação. Para a execução de tal proposta, entende-se que esta deve contemplar os objetivos do curso técnico em mecatrônica, entre os quais, destacam-se os seguintes (IFSUL, 2019, p. web):

O Curso Técnico em Mecatrônica tem por objetivo formar técnicos, de nível médio, por meio de uma formação humanística, científica e tecnológica, capacitando-os para sua inserção no mundo do trabalho, de modo compromissado com o desenvolvimento regional e nacional, exercendo atividades de forma ativa, crítica, ética e criativa.

Com base nestes objetivos, a reflexão desenvolvida nesse texto estabelece como horizonte formativo a necessidade do diálogo entre as diversas áreas do saber que compõe o curso, vinculando os conceitos tecnológicos com as áreas pedagógicas e sociais, buscando a compreensão do educando para a tensão entre as inovações tecnológicas e a formação humana.

Mesmo na condição de uma proposta, a implementação da gamificação no curso busca, entre outros resultados, a criação de um jogo virtual, baseado em tecnologias computacionais conhecidas, permitindo o aperfeiçoamento dos conhecimentos debatidos em aula e, também, a inclusão da hipótese de sala de aula invertida (Bannel et al, 2016). A proposta de gamificação, na sua fase inicial de implementação, surgiu de Richardson (2016), que usou o jogo Minecraft para auxiliar na aprendizagem de lógica e de linguagens de programação para computador. Jogo desenvolvido em 2009, que é praticado por pessoas de diferentes idades, uma vez que é acessível e possui o intuito de construções de ambiente e espaços. Ainda baseado no mesmo jogo, Souza (2018) realizou análise de jogos digitais como ferramentas pedagógicas, concluindo que esse tipo de prática contribui com vários benefícios para os alunos e apresenta boa flexibilidade, podendo ser aplicada como

elemento de aproximação para diversas disciplinas, como matemática, história, química, física, biologia e administração, entre outras.

Assim, a proposta ainda em fase de evolução, busca a criação de um jogo que relacione as ideias técnicas e humanas em um ambiente multidisciplinar, promovendo a ampliação dos conhecimentos dos educandos. Inicialmente, voltado para área técnica, para disciplinas que enfrentam maior resistência do educando e, por consequência, apresentam em mesma proporção dificuldades de aprendizagem, como ocorre nos componentes de eletricidade, programação e eletrônica. Posto isso, o jogo deverá nortear o game player pelo próprio Câmpus, realizando desafios nas disciplinas e pequenas competições, fazendo-se valer do interesse pela competitividade que a faixa etária dos estudantes demonstra, almejando a melhoria dos conhecimentos destes.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O diálogo proposto questiona, de maneira abrangente, a possibilidade da educação profissional e tecnológica responder as diversas necessidades humanas em tempos atuais. Além disso, a complexidade dos fenômenos é uma interrogação sempre constante no campo da educação técnica. Os muitos problemas ambientais decorrentes da ação humana são exemplos de uma espécie de omissão dos processos educacionais que pretendem potencializar o ser humano, enquanto integralidade, no desenvolvimento de sua capacidade de gerar conhecimentos a partir de uma prática interativa com a realidade, na perspectiva de sua emancipação. Em vista disso, o curso de mecatrônica deve ser pensado para a construção de uma sociedade mais democrática, inclusiva e equilibrada social e ambientalmente.

O desafio dos espaços escolares extrapola a singela transmissão da informação como forma de instrução, avança para uma necessidade de diálogo e de construção coletiva, abordando temas éticos, tecnológicos e sociais, em busca da formação humana na sua integralidade e metodologias diferenciadas.

A metodologia de trabalho com projetos, na estrutura do curso técnico em mecatrônica, cumpre um papel essencial no tocante à integração das múltiplas habilidades necessárias à formação mecatrônica, propedêutica e profissional, pois torna o educando agente ativo no processo de construção do conhecimento e na responsabilidade pelo mundo. A proposição de aplicação da gamificação também se mostra promissora, necessita ser pensada e elaborada de maneira coletiva, no que se refere à escolha dos elementos e de sua aplicação no contexto específico do profissional técnico em mecatrônica, buscando atender as finalidades da formação integral.

O curso técnico em mecatrônica deve, por diferentes caminhos, ser concebido como instrumento de libertação individual e coletiva, em que o estudante passa a compreender as engrenagens sociais nas quais está inserido, naquele determinado momento histórico e a sua potencial capacidade de agir. Resulta como desafio maior a proposição de uma organização curricular que articule os conhecimentos técnicos, as ciências naturais e humanas, as linguagens e a filosofia e suas respectivas tecnologias a partir de metodologias interessantes ao universo discursivo dos estudantes. O trabalho com projetos e a gamificação são possibilidades metodológicas que buscam restabelecer elos que unem diversos saberes e, portanto, promovem a superação gradativa da compartimentação do conhecimento na formação profissional e técnica.

REFERÊNCIAS

- 1 VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa científica em administração. 6. ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2005.
- 2 Z.Y. Liua, N.H. Loha, S.B. Tora, K.A. Khora, Y. Murakoshib, R. Maedab, T. Shimizub Micro-powder injection molding, Journal of Materials Processing Technology 127 (2002) 165-168.
- 3 Processo de corte de jato de água com abrasivo. Disponível em: <<http://ciencia.hsw.uol.com.br/questao553.htm>>. Acesso em: 6/07/2011.
- 4 R.M. German, A. Bose, Injection Molding of Metals and Ceramics, MPIF, Princeton, NJ, 1997.
- 5 Thanassis Speliotisa, Dimitris Niarchosa, Patrick Meneroudb, G. Magnacb, Franck Claeysseb, John Pepinc, Claude Fermond, M. Pannetierd, N. Biziered, Micromotor with screen-printed rotor magnets; Journal of Magnetism and Magnetic Materials 316 (2007) e 120 e123.
- 6 BARBOSA, J.P. Refino de ouro. In: TRINDADE, R.B.E.; BARBOSA FILHO, O. (Ed.). Extração de ouro: princípios, tecnologia e meio ambiente. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2002. cap. 6, p. 157-177.
- 7 BRITTO, R.; PEREIRA, M. A. Manutenção autônoma: estudo de caso em empresa de porte médio do setor de bebidas. In: SEMINÁRIO DE ESTUDOS DE ADMINISTRAÇÃO - SEMEAD DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, 7., 2003, São Paulo. Anais... São Paulo; 2003.
- 8 PACHECO, E. Fundamentos político-pedagógicos dos institutos federais: diretrizes para uma educação profissional e tecnológica transformadora. Natal: IFRN, 2015.

O EMI SOB A ÓTICA DOS ESTUDANTES DOS QUARTOS ANOS DOS CURSOS TÉCNICOS INTEGRADOS DO IFRS CAMPUS OSÓRIO

Garcez, E. B.¹
Loponte, L. N.²

¹ Acadêmica do curso de Mestrado em Educação Profissional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense – IFSul, RS, Eloise Bocchese Garcez, E-mail: eloise.garcez@osorio.ifrs.edu.br

² Doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Luciana Neves Loponte, E-mail: lucianaloponte@sapucaia.ifsul.edu.br

Resumo

O presente estudo, constituído no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica em Rede Nacional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, é parte do trabalho de mestrado intitulado *A concepção de Ensino Médio Integrado no âmbito dos Cursos Técnicos do IFRS Campus Osório: entre o previsto e o vivenciado pelos estudantes*. Apresenta-se como uma proposta de investigação da concepção de Ensino Médio Integrado (EMI) assumida neste *Campus*, sob a ótica dos estudantes, a partir dos pressupostos filosóficos e legais que sustentam esta proposta. Para este trabalho, serão apresentados parte dos dados referentes a aplicação do instrumento de pesquisa com os estudantes dos quartos anos dos cursos técnicos integrados, considerando as categorias motivação para escolha do curso, objetivos de formação e possibilidades de atuação profissional, a partir do que está previsto no Projeto Pedagógico Institucional e a Organização Didática. Infere-se, a partir desta análise preliminar, que o EMI do *Campus Osório* encaminha-se numa perspectiva de formação humana com vistas à integralidade dos sujeitos, considerando o previsto nos documentos institucionais analisados, frutos de uma construção coletiva de diferentes segmentos da instituição. O Ensino Médio Integrado, conquanto apresente dispositivos legais e institucionais que o oriente, constitui-se de um processo construído no cotidiano das instituições, dos Institutos Federais e, por isso, a importância de escuta, avaliação e reavaliação por parte dos diferentes sujeitos que compõem este processo.

Palavras-chave: Ensino Médio Integrado; estudantes; Institutos Federais.

HIGH-SCHOOL INTEGRATED UNDER THE VIEW OF FOURTH YEAR STUDENTS OF IFRS CAMPUS OSORIO INTEGRATED TECHNICAL COURSES

Abstract

This study, constituted within the scope of the Postgraduate Program in Vocational and Technological Education in the National Network of the Federal Institute of Education, Science and Technology in Rio Grande do Sul, is part of the master's degree project entitled *The conception of High-School Integrated in IFRS Campus*

Osório Technical Courses: between the expected and the lived by the students. It is presented as a research proposal of the conception of High-School Integrated assumed in this Campus, from the students' perspective, from the philosophical and legal assumptions that support this proposal. For this work, part of the data regarding the application of the research instrument with the fourth year students of the integrated technical courses will be presented, considering the categories motivation for choosing the course, training objectives and possibilities of professional performance, based on provided for in the Institutional Pedagogical Project and the Didactic Organization. It is inferred from this preliminary analysis that the High-School Integrated of Campus Osório is guided by a perspective of human formation with a view to the comprehensiveness of the subjects, considering what is foreseen in the institutional documents analyzed, the result of a collective construction of different segments of the institution. The High-School Integrated, although presenting legal and institutional provisions that orient it, is a process built in the daily life of the institutions, the Federal Institutes and, therefore, the importance of listening, evaluation and reassessment by the different subjects that compose it this process.

Key words: High-School Integrated; students; Federal Institutes.

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo, constituído no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica em Rede Nacional do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense, é parte do trabalho de mestrado intitulado A concepção de Ensino Médio Integrado no âmbito dos Cursos Técnicos do IFRS Campus Osório: entre o previsto e o vivenciado pelos estudantes. Apresenta-se como uma proposta de investigação da concepção de Ensino Médio Integrado assumida no IFRS *Campus* Osório, sob a ótica dos estudantes dos cursos técnicos integrados, a partir dos pressupostos filosóficos e legais que sustentam esta proposta.

No que se refere aos aspectos metodológicos, parte de uma pesquisa documental acerca das legislações e documentos institucionais, bem como da aplicação de um questionário escala com os estudantes do Ensino Médio Integrado do *Campus* Osório, público-alvo desta pesquisa.

Para este trabalho, serão apresentados parte dos dados referente a aplicação do questionário com os estudantes dos quartos anos dos cursos técnicos integrados nas categorias motivação para escolha do curso, objetivos de formação e possibilidades de atuação profissional, considerando o que está previsto no Projeto Pedagógico Institucional (PPI) e a Organização Didática (OD) do IFRS.

1.1 O CONTEXTO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL NO BRASIL

Ao abordar o percurso histórico da educação profissional no Brasil, cabe destacar que esta é marcada, inicialmente, por um viés assistencialista, passando, ao longo das décadas, ao atendimento das necessidades advindas do processo de industrialização do país, associado e subordinado ao capital estrangeiro. Assim, a

concepção de formação estava (está) voltada aos interesses do capital, com vistas a adequar o sistema educacional à necessidade de mão-de-obra qualificada para o mercado de trabalho⁽¹⁾.

Ao considerarmos os aspectos legais da educação brasileira, observamos que a dualidade estrutural sempre esteve presente. Destaca-se, por exemplo, a Lei Orgânica do Ensino Secundário, ao promover um ensino propedêutico e profissional com estruturas paralelas independentes. Esta dualidade também esteve, na ocasião da aprovação da primeira LDB (Lei Nº 4.024, de 20 de dezembro de 1961) pois, ainda que a educação profissional tenha sido promovida a um patamar equivalente ao ensino médio, na prática, era compreensível que os egressos do ensino propedêutico tivessem maiores chances de ascender ao ensino superior. Cabe destacar também que, embora o país tenha vivenciado uma legislação que tornou compulsória a profissionalização no 2º grau (Lei Nº 5.692, de 11 de agosto de 1971), esta ocorreu numa perspectiva de formação unilateral, sem relação com o ensino propedêutico.

Assim, neste contexto, foi a partir do fim do regime militar que os ideais progressistas de educação se fortaleceram entre os educadores numa mobilização pela aprovação de uma LDB com um viés unitário de educação, sob a concepção da politecnicidade⁽¹⁾. No entanto, a aprovação da LDB no Congresso Nacional, em dezembro de 1996, trouxe uma concepção de educação básica e tecnológica fragmentada e focalizada, conforme afirma Ramos: “Com algumas conquistas, o texto aprovado, na verdade, foi de uma lei minimalista, que permitiu uma onda de reformas na educação brasileira, dentre as quais esteve a realizada pelo Decreto no 2.208/97, que regulamentou os artigos 39 a 42 e o parágrafo 2o do artigo 36 da LDB”⁽¹⁾.

Assim, foi a partir da revogação do Decreto Nº 2.208/97, que legalmente impedia a integração entre educação profissional técnica de nível médio com o ensino médio, através do Decreto Nº 5.154/2004, que se buscou “[...] restabelecer os princípios norteadores de uma política de educação profissional articulada com a educação básica, tanto como um direito das pessoas quanto como uma necessidade do país [...]”⁽¹⁾, sugerindo assim “[...] superar o ser humano dividido historicamente pela divisão social do trabalho entre a ação de executar e a ação de pensar, dirigir ou planejar”⁽¹⁾.

Nesta perspectiva, em 2008, foram instituídos pelo Governo Federal, 38 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, através da Lei Nº 11.892, com o objetivo basilar de “derrubar as barreiras entre o ensino técnico e o científico, articulando trabalho, ciência e cultura na perspectiva da emancipação humana”⁽²⁾. Pacheco⁽²⁾ ainda destaca que:

O fazer pedagógico desses institutos, ao trabalhar na superação da separação ciência/tecnologia e teoria/prática, na pesquisa como princípio educativo e científico, nas ações de extensão como forma de diálogo permanente com a sociedade, revela sua decisão de romper com um formato consagrado, por séculos, de lidar com o conhecimento de forma fragmentada⁽²⁾.

1.2 O IFRS *CAMPUS* OSÓRIO

Entre os 17 campi do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), destaca-se o *Campus* Osório. Atendendo toda a região do Litoral Norte do RS, suas atividades iniciaram em agosto de 2010. Atualmente, cerca de 900 estudantes, distribuídos nos turnos manhã, tarde e noite, frequentam cursos de Administração e Informática, na modalidade integrado; Eventos, Panificação e Administração, na modalidade subsequente; Tecnólogos em Processos Gerenciais e em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Licenciaturas em Letras Português/Inglês e em Matemática e Especialização em Educação Básica e Profissional.

Com relação à modalidade integrado, atualmente estão matriculados 425¹ estudantes, divididos em 16 turmas, sendo 8 turmas por curso, com duas turmas por ano (1º, 2º, 3º e 4º anos), o que comprova a expressividade desta modalidade em número de matrículas. Desse modo, o *Campus* Osório busca atender o previsto no Artigo 8º da Lei de Criação dos Institutos Federais (Lei Nº 11.892/2008)⁽³⁾, que é a destinação de 50% das suas vagas para os cursos integrados.

E, neste sentido, cabe mencionar a Resolução Nº 055, de 25 de junho de 2019⁽⁴⁾, do Conselho Superior do IFRS, que aprovou a Política Institucional para os Cursos de Ensino Médio Integrado deste Instituto, visando fortalecer esta proposta formativa na Instituição, destacando como concepção, a formação humana integral e o trabalho como princípio educativo, destacando a participação dos estudantes como sujeitos ativos deste processo.

Quando nos sustentamos no trabalho como princípio educativo, estamos propondo uma percepção na qual os estudantes sejam sujeitos ativos, buscando, assim, a ampliação dos espaços de escuta e atuação política destes jovens e adultos na construção do EMI. Para tanto, é preciso afirmar as relações dialógicas no processo de ensino e aprendizagem. Perceber o conhecimento como algo que se constrói nos espaços de trocas. Desta maneira, estamos primando pela criticidade, pela coletividade e pelo comprometimento ético, solidário e cidadão⁽⁴⁾.

1.3 PRESSUPOSTOS FILOSÓFICOS DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL INTEGRADA AO ENSINO MÉDIO

O Documento Base da Educação Profissional Técnica de Nível Médio Integrada ao Ensino Médio⁽⁵⁾ destaca que esta proposta formativa, ao abranger as dimensões indissociáveis do trabalho, da ciência e da cultura que configuram a formação humana, “[...] contempla as bases em que se pode desenvolver uma educação tecnológica ou politécnica e, ao mesmo tempo, uma formação profissional

¹ Informação disponibilizada pelo Sistema de Informações Acadêmicas do IFRS. Acesso em 12 jun. 2019.

stricto sensu exigida pela dura realidade socioeconômica do país”. Ao nos referirmos ao conceito trazido por Marx, Saviani⁽⁶⁾ destaca que politecnia compreende o “[...] domínio dos fundamentos científicos das diferentes técnicas utilizadas na produção moderna, ou ainda, “[...] a união entre instrução intelectual e trabalho produtivo”.

No que tange à concepção e princípios, o referido Documento Base⁽⁵⁾ defende, a partir do desenvolvimento articulado da educação profissional técnica de nível médio com o ensino médio, uma formação humana voltada à integralidade, omnilateralidade e totalidade do sujeito, abrangendo tais dimensões, conforme corrobora Ramos⁽¹⁾:

[...] O trabalho compreendido como realização humana inerente ao ser (sentido ontológico) e como prática econômica (sentido histórico associado ao modo de produção); a ciência compreendida como os conhecimentos produzidos pela humanidade que possibilita o contraditório avanço das forças produtivas; e a cultura, que corresponde aos valores éticos e estéticos que orientam as normas de conduta de uma sociedade⁽¹⁾.

Ao tratar do conceito de omnilateralidade originado por Marx, Manacorda⁽⁷⁾ faz referência a “[...] um desenvolvimento total, completo, multilateral, em todos os sentidos, das faculdades e das forças produtivas, das necessidades e da capacidade da sua satisfação”⁽⁷⁾.

Ainda, ao considerarmos esta relação indissociável entre as dimensões que configuram a formação humana, estamos destacando o trabalho como princípio educativo, pois é através do trabalho que o homem, histórica e ontologicamente, cria sua existência, ensinando e aprendendo a cada geração⁽⁶⁾.

Compreender a relação indissociável entre trabalho, ciência, tecnologia e cultura significa entender o trabalho como princípio educativo, o que não significa “aprender fazendo”, nem é sinônimo de formar para o exercício do trabalho. Considerar o trabalho como princípio educativo equivale dizer que o ser humano é produtor de sua realidade e, por isto, se apropria dela e pode transformá-la. Equivale dizer, ainda, que nós somos sujeitos de nossa história e de nossa realidade. Em síntese, o trabalho é a primeira mediação entre o homem e a realidade material e social⁽¹⁾.

Assim, a integração entre a educação profissional de nível médio e o ensino médio, antes mesmo de analisá-la enquanto dispositivo legal, constitui-se em uma concepção de formação humana com vistas à emancipação dos sujeitos:

Como formação humana, o que se busca é garantir ao adolescente, ao jovem e ao adulto trabalhador, o direito a uma

formação completa para a leitura de mundo, e para a atuação como cidadão pertencente a um país, integrado dignamente a sua sociedade política. Formação que, neste sentido, supõe a compreensão das relações sociais subjacentes a todos os fenômenos⁽⁸⁾.

2 METODOLOGIA

Com o objetivo de identificar a concepção de Ensino Médio Integrado assumida na instituição, sob a ótica dos estudantes desta modalidade, optou-se pela aplicação de um questionário tipo Likert⁽⁹⁾, no qual, a partir de uma escala de atitudes, os estudantes manifestaram a concordância ou discordância em relação a afirmações divididas nas seguintes categorias fundamentadas nos documentos oficiais que orientam o Ensino Médio Integrado: motivação para escolha do curso, objetivos de formação, desenvolvimento do curso, possibilidades de atuação profissional, infraestrutura do *campus*, professores e equipe de ensino, gestão democrática, satisfação em relação à instituição e ao curso⁽¹⁰⁾.

Foram propostos 28 itens com uma escala de concordância de 4 níveis, sendo que, o nível 1 corresponde a *concordo totalmente*, o nível 2 corresponde a *concordo parcialmente*, o nível 3 corresponde a *discordo parcialmente* e o nível 4 corresponde a *discordo totalmente*. Os estudantes de ambos os cursos foram convidados a participar voluntariamente da pesquisa, sendo esclarecidos os objetivos, bem como apresentados os Termos de Consentimento Livre e Esclarecido e Termos de Assentimento. Para a análise e interpretação dos dados obtidos através da aplicação do questionário escala, realizou-se uma análise descritiva. Com relação aos documentos institucionais que orientam esta proposta formativa, foi realizado um exercício analítico.

Para este trabalho, serão apresentados parte dos dados referente a aplicação do questionário com os estudantes dos quartos anos dos cursos técnicos integrados (categorias motivação para escolha do curso, objetivos de formação e possibilidades de atuação profissional), considerando o que está previsto no Projeto Pedagógico Institucional (PPI) e a Organização Didática (OD) do IFRS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 O PROJETO PEDAGÓGICO INSTITUCIONAL DO IFRS

A construção do Projeto Pedagógico Institucional do IFRS⁽¹¹⁾, aprovado em 2011, foi fruto de uma construção coletiva entre diferentes segmentos da instituição e, conforme é apresentado no documento, “[...] contribuiu para reforçar o compromisso coletivo com a concepção de Educação Profissional e Tecnológica, impulsionada pela articulação entre trabalho, cultura, ciência e tecnologia”⁽¹¹⁾.

Com relação aos cursos técnicos integrados também enfatiza a relação entre os conceitos constituintes da dimensão humana, destacando que estes cursos “[...] visam a uma formação emancipatória, buscando estratégias de ensino que priorizem

a articulação entre as dimensões trabalho, ciência, tecnologia e cultura, permitindo ao jovem a compreensão dos fundamentos técnicos, sociais, culturais, políticos e ambientais do sistema produtivo”⁽¹¹⁾.

Desse modo, o documento afirma o compromisso com a formação humana integral, enfatizando o trabalho no seu sentido ontológico, constituinte dos sujeitos. Assim, defende que os trabalhadores devem ser o centro deste processo, sendo contrário a uma educação fragmentada, a serviço do mercado de trabalho. Então, a perspectiva é de uma formação que não se restringe à formação técnica de uma determinada atividade profissional, mas essencialmente, a formação de cidadãos, comprometidos com a coletividade.

3.2 A ORGANIZAÇÃO DIDÁTICA DO IFRS

Inicialmente aprovada em 2015, a Organização Didática do IFRS⁽¹²⁾, conforme seu artigo 1º, dispõe sobre as normas e procedimentos acadêmicos dos cursos do IFRS, considerando a legislação educacional vigente e demais ordenamentos institucionais. Com relação aos cursos técnicos integrados destaca-se em seu Artigo 20º, que estes devem conduzir o estudante “[...] a uma ampla formação integral para a cidadania, em termos sociais, culturais e econômicos, uma habilitação profissional técnica de nível médio que lhe possibilitará a inserção no mundo do trabalho e a continuidade de estudos na educação superior”⁽¹²⁾.

Ainda, ao referir-se no Conselho de Classe, Artigo 181º, o destaque é para a análise do processo de ensino e aprendizagem do estudante, numa perspectiva integral. O Artigo 225º destaca a prática profissional como um elemento que deve promover a articulação de saberes da área profissional em questão com os saberes do mundo do trabalho, com vistas a uma formação cidadã.

Desse modo, a Organização Didática está em consonância com o Projeto Pedagógico Institucional do IFRS, defendendo a articulação entre a formação profissional e a formação básica na organização curricular dos cursos ofertados, numa perspectiva que rompe com a formação unilateral dos sujeitos, buscando assim, uma formação humana integral.

3.3 PERFIL DOS RESPONDENTES

Considerando o recorte apresentado neste trabalho, estudantes dos quartos anos dos cursos técnicos integrados, aplicou-se o questionário em uma amostra de 58 estudantes, no período compreendido entre 02 e 05 de agosto de 2019, correspondendo a 68,23% desta população, sendo 30 respondentes do curso de Administração e 28 respondentes do curso de Informática. A aplicação do questionário ocorreu nos Laboratórios de Informática do *Campus*, em períodos previamente cedidos pelos professores, através da disponibilização de um link de acesso do Google Formulários aos estudantes.

Dos 58 respondentes, 33 estudantes declararam-se do gênero feminino e 25 do gênero masculino. Ao analisarmos a relação de gênero em relação ao curso, observamos que o curso da Administração apresenta um percentual do gênero feminino mais expressivo em relação ao gênero masculino, sendo 70% e 30%, respectivamente. Em contrapartida, o curso da Informática apresenta uma condição mais equilibrada, com 57,14% de estudantes do gênero masculino e 42,86% do

gênero feminino. Com relação à faixa etária dos respondentes, a média foi de 18 anos. Em relação ao desenvolvimento de algum estágio ou atividade remunerada, 44,83% declaram realizar, enquanto 55,17% não trabalham e/ou realizam estágio.

Os respondentes residem em municípios que abrangem o litoral norte do RS, sendo ainda muito expressivo o quantitativo de estudantes residentes em Osório com relação aos demais: Palmares do Sul (1,72%), Terra de Areia (1,72%), Pinhal (1,72%), Maquiné (1,72%), Cidreira (3,45%), Xangri-lá (6,90%), Imbé (6,90%), Tramandaí (10,34%), Capão da Canoa (13,80%), e Osório (51,72%).

3.4 COMPREENDENDO OS RESULTADOS

Para este trabalho, são apresentados os dados referentes a aplicação do questionário com os estudantes dos quartos anos dos cursos técnicos integrados considerando as categorias motivações para escolha do curso (Tabela 1), objetivos de formação (Tabela 2) e possibilidades de atuação profissional (Tabela 3), a partir do que está previsto no Projeto Pedagógico Institucional (PPI) ⁽¹¹⁾ e a Organização Didática (OD) ⁽¹²⁾ do IFRS.

Tabela 1. Resultados da Categoria Motivações para a escolha do Curso.

Afirmação	Concordo totalmente	Concordo	Discordo	Discordo totalmente
A formação técnica foi decisiva para a escolha do curso.	31,03%	29,31%	25,86%	13,79%
A escolha do curso foi em função das atividades desenvolvidas nos Projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão.	13,79%	32,76%	20,69%	32,76%
A escolha pelo curso foi em função da proposta de formação humana integral prevista na instituição.	29,31%	43,10%	15,52%	12,07%

Na afirmação *A formação técnica foi decisiva para a escolha do curso*, pelo resultado total relacionado à concordância (60,34%), infere-se que há uma forte associação dos Institutos Federais com a formação técnica ofertada. No entanto, considerando a afirmação *A escolha pelo curso foi em função da proposta de formação humana integral prevista na instituição*, como foi expressivo o número de respondentes que concordaram com a afirmação (72,41%), sugere-se que, embora a formação técnica seja um diferencial na formação do estudante e, por isso a escolha pelo curso, conforme a afirmação anterior, outros aspectos formativos podem ter sido considerados ao optar por estudar no IFRS Campus Osório.

Com relação à afirmação *A escolha do curso foi em função das atividades desenvolvidas nos Projetos de Ensino, Pesquisa e Extensão*, infere-se pelos resultados que, embora mais de 50% dos respondentes não concordem com a afirmação, é relevante o número de respondentes que concordaram com a afirmação, o que sugere a abrangência destas ações para além dos muros da instituição.

Tabela 2. Resultados da Categoria Objetivos de Formação.

Afirmiação	Concordo totalmente	Concordo	Discordo	Discordo totalmente
A formação promovida no curso tem como principal objetivo o preparo profissional.	17,24%	39,66%	29,31%	13,79%
A formação promovida no curso tem como principal objetivo o preparo para ingresso em curso superior.	15,52%	46,55%	31,03%	6,90%
A formação promovida no curso tem como principal objetivo o preparo para o mundo do trabalho.	13,79%	37,93%	37,93%	10,34%

Com relação à afirmação *A formação promovida no curso tem como principal objetivo o preparo para o ingresso em curso superior*, cabe destacar que, embora um percentual expressivo considere ter escolhido o curso em função da proposta de formação humana integral prevista na instituição (Tabela 1), 62,07% concordaram com este objetivo, que é de formação unilateral, o que pode sugerir o desconhecimento acerca do conceito de formação humana integral.

Tabela 3. Resultados da Categoria Possibilidades de atuação profissional.

Afirmiação	Concordo totalmente	Concordo	Discordo	Discordo totalmente
A formação recebida no curso destina-se somente à atuação profissional na área técnica relacionada ao curso.	5,17%	27,59%	46,55%	20,69%
A formação recebida no curso destina-se à atuação profissional na área técnica do curso e em outras a ela relacionadas.	8,62%	62,07%	22,41%	6,90%
A formação recebida no curso, destina-se à atuação profissional em qualquer área, independentemente do curso.	15,52%	34,48%	25,86%	24,14%

Nesta categoria, observa-se que os estudantes dos quartos anos compreendem que a formação do curso não é exclusivamente técnica, visto que 62,07% concordam e 8,62% concordam totalmente que a formação recebida no curso propicia a atuação em outras áreas relacionadas à formação técnica, o que corrobora com a afirmação seguinte: *A formação recebida no curso destina-se à atuação profissional na área técnica do curso e em outras a ela relacionadas*, com concordância de 70,69%.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo proposto neste trabalho, constata-se a relevância em ouvir os estudantes, público-alvo desta proposta formativa. O Ensino Médio Integrado, conquanto apresente dispositivos legais e institucionais que o oriente, constitui-se de um processo construído no cotidiano das instituições e, por isso, a importância de escuta, avaliação e reavaliação por parte dos diferentes sujeitos que compõem este processo. Infere-se, a partir desta análise preliminar com os estudantes dos quartos anos, que o Ensino Médio Integrado do IFRS *Campus Osório* encaminha-se numa perspectiva de formação humana com vistas à integralidade dos sujeitos, considerando o previsto nos documentos institucionais analisados, frutos de uma construção coletiva de diferentes segmentos da instituição. Assim, esta análise contribuirá o desenvolvimento do presente projeto de mestrado, cuja pesquisa encontra-se em andamento.

REFERÊNCIAS

1. RAMOS, Marise Nogueira. História e política da educação profissional. Curitiba: Instituto Federal do Paraná, 2014. Disponível em: <https://curitiba.ifpr.edu.br/wp-content/uploads/2016/05/Hist%C3%B3ria-e-pol%C3%ADtica-da-educa%C3%A7%C3%A3o-profissional.pdf> Acesso em: 20/09/2019.
2. PACHECO, Eliezer. Fundamentos político-pedagógicos dos institutos federais: diretrizes para uma educação profissional e tecnológica transformadora. / Eliezer Pacheco. – Natal: IFRN, 2015. Disponível em: <https://memoria.ifrn.edu.br/bitstream/handle/1044/1018/Fundamentos%20Pol%C3%ADtico-Pedag%C3%93gicos%20dos%20Institutos%20Federais%20-%20Ebook.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 20/09/2019.
3. BRASIL. Lei Nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília: 2008. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.ht Acesso em 19/09/2019.
4. IFRS. RESOLUÇÃO Nº 055, DE 25 DE JUNHO DE 2019 - Aprova a Política Institucional para os Cursos de Ensino Médio Integrado do Instituto Federal do Rio Grande do Sul Disponível em: <https://ifrs.edu.br/documentos/resolucao-no-055-de-25-de-junho-de-2019-aprovar-a-politica-institucional-para-os-cursos-de-ensino-medio-integrado-do-ifrs/> Acesso em: 29/09/2019.
5. BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Educação Profissional Técnica de Nível Médio Integrada ao Ensino Médio – Documento Base. Brasília, 2007. Disponível em: www.mec.gov.br Acesso em: 19/09/2019.
6. SAVIANI, Dermeval. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. Brasileira de Educação. Campinas, v.12, n.32, p. 152-180, jan./abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n34/a12v1234.pdf> Acesso em 20/09/2019.
7. MANACORDA, Mario Alighiero. Marx e a pedagogia moderna. Campinas, SP: Editora Alínea, 2007.
8. CIAVATTA, Maria. A formação integrada: a escola e o trabalho como lugares de memória e de identidade. In: RAMOS, Marise. (Org.); FRIGOTTO, Gaudêncio (Org.);

- CIAVATTA, Maria (Org.). Ensino Médio Integrado: Concepção e Contradições. São Paulo: Cortez, 2005.
9. SELTIZ, Wrightsman e Cook. Métodos de Pesquisa nas Relações Sociais. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.
 10. GIL, Antônio. Métodos e Técnicas de Pesquisa Social. 7. ed.- São Paulo: Atlas, 2019.
 11. IFRS. Projeto Pedagógico Institucional - Resolução nº 109, de 20 de dezembro de 2011. Bento Gonçalves: Conselho Superior do IFRS, 2011. Disponível em: https://osorio.ifrs.edu.br/site/midias/arquivos/2014971544710501_-_versao_final.pdf
Acesso em: 21/09/2019.
 12. _____. ORGANIZAÇÃO DIDÁTICA DO IFRS - Aprovada pelo Conselho Superior, conforme Resolução nº 046, de 08.05.2015. Alterada pelas Resoluções nº 071, de 25 de outubro de 2016 e nº 086, de 17 de outubro de 2017. Disponível em: <https://ifrs.edu.br/ensino/documentos/organizacao-didatica/> Acesso em 29/09/2019.

MÉTODOS ALTERNATIVOS NA EDUCAÇÃO CONTEMPORÂNEA: UM ESTUDO SOBRE MONTESSORI E WALDORF

Neves, C. C. M.¹
Jung, H. S²

¹ Graduanda em Pedagogia, Cintia Cristina Maciel Neves, Universidade La Salle.
cintianmaciel@gmail.com

² Coordenadora e docente do Curso de Pedagogia, Hildegard Susana Jung, Universidade La Salle,
hildegard.jung@unilasalle.edu.br

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Nesse texto apresento ideias obtidas a partir do estudo do Método Montessori, idealizado pela médica e educadora Maria Montessori e a Pedagogia Waldorf, criação de Rudolf Steiner. A partir desse estudo, busco entender e analisar os pontos positivos e negativos das escolas que seguem essas metodologias em seu processo de escolarização. Para isso, utilizo do método de pesquisa qualitativo e análise bibliográfica dos estudos de Montessori e Steiner. Essa pesquisa foi dividida em dois estágios: a pesquisa bibliográfica e a descoberta de pontos de convergência e divergência entre os métodos de construção da educação.

Palavras-chave: Educação. Metodologias. Waldorf. Montessori.

ALTERNATIVE METHODS IN CONTEMPORARY EDUCATION: A STUDY OF MONTESSORI AND WALDORF

Abstract

In this article I present ideas obtained through the study of Montessori Method, developed by the doctor and educator Maria Montessori and Waldorf Education, created by Rudolf Steiner. From this study, I seek to understand and analyze the positive and negative points of schools that follow these methodologies in their schooling process. For this, I use the qualitative research method and bibliographical analysis of the studies by Montessori and Steiner. This research was divided in two stages: the bibliographic research and the discovery of convergent and divergent ideas between the two education construction methods.

Key words: Education. Methodologies. Montessori. Waldorf.

1 INTRODUÇÃO

O método montessoriano foi idealizado por Maria Montessori em 1907, em um bairro humilde de Roma com a Casa Dei Bambini. Definido por sua idealizadora como

“o primeiro trabalho na sociedade guiado pela criança”, o sistema tem influência de pensadores da época mas é fruto, principalmente, das observações da médica sobre a criança. Inicialmente atendendo crianças de 3 a 6 anos, hoje o método é utilizado desde o berçário até o ensino médio e, na Índia há proposta para educação universitária.

Já alguns anos depois, na Alemanha, a Escola Waldorf teve sua origem em uma fábrica de cigarros que necessitava de uma escola para os filhos de seus operários. Steiner, filósofo e educador, idealizou então a primeira Escola Waldorf com a missão de desenvolver o intelectual, o emocional, o psicológico, o intuitivo e as vivências.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa é fundamentada em referências que foram previamente encontradas em fichamentos e posteriormente fez-se o uso de pesquisas bibliográficas utilizando livros e pesquisas na internet para que assim, o texto fosse construído com boas referências e pensamentos dos autores.

A pesquisa foi realizada em Canoas/RS, e é inteiramente de caráter qualitativo. Segundo Gil (2002) a pesquisa bibliográfica tem como base o material já elaborado, como os livros e artigos. Ainda, de acordo com Gil (1999: 71): “A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisa diretamente”.

Assim, o texto obteve uma boa base para ser escrito e discutido. O presente texto referencia com fidelidade os autores aqui citados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A METODOLOGIA MONTESSORIANA

Montessori foi uma das poucas mulheres que completou seus estudos, formou-se em 1900 em físico-matemática e em 1902 em ciências naturais. Ao concluir seus estudos, Montessori deparou-se com a situação carente em que a Itália se encontrava e decidiu por fazer medicina mas até então, nenhuma mulher havia se diplomado em medicina na Itália. Tal decisão complicou seu relacionamento com seu pai, já que a profissão não era exercida por mulheres e assim ele não a apoiaria. Durante seu período de graduação, enfrentou preconceito inúmeras vezes, tendo inclusive que estudar sozinha à noite pois não era permitido que ela frequentasse o laboratório junto com seus colegas do sexo masculino.

Depois de formada, Montessori demonstrou interesse em crianças com deficiência mental e assim veio a conhecer as pesquisas de Itard e Séguin que levaram a médica a afirmar a importância de educadores para trabalhar com crianças mentalmente deficientes. (MONTESSORI, 1965. p 28)

Após investir na educação das crianças deficientes por algum tempo, alcançou resultados: alguns aprenderam a ler e conseguiram ser aprovadas em exames escolares normais. Assim, Montessori seguiu com seus estudos, focando agora em crianças ditas “normais”. Em 1907, Montessori tirou das ruas crianças de 3 a 7 anos que ficavam sozinhas enquanto seus pais trabalhavam nas fábricas e assim surgiu a Casa dei Bambini, pouco tempo depois outras foram inauguradas. Lá, Montessori utilizava o método que ela intitulou Pedagogia Científica e que hoje, nós chamamos Método Montessori.

Para Montessori, a criança é a construtora do homem e ela criticava fortemente aos adultos que não davam ouvidos às crianças e dizia que a educação verdadeira é aquela que leva em conta o ser total. Pontuava ainda que a escola é sinônimo de ambiente preparado e além do mais, precisava contar com um educador preparado que respeitasse a criança e atendesse a ela como pessoa. Segundo Fromm “respeito é a capacidade de ver uma pessoa como ela é, ter conhecimento de sua individualidade singular. Respeito significa a preocupação de que a outra pessoa cresça e se desenvolva como é.” O Método acredita que o educador é o elo entre a criança e o ambiente e não um transmissor de conhecimentos, colocando assim, a criança como educadora de si mesma. O papel do educador, além de elo, é o de propor situações desafiadoras para que assim a criança desenvolva suas habilidades dinamizando talentos e potencialidades. Além disso, não adota nota como estímulo. O mais importante é o desenvolvimento corporal, psíquico e espiritual (consciência e responsabilidade)

A criança Montessoriana desenvolve seu senso de observação e crítica, expõe suas opiniões com calma, é espontânea. Os materiais utilizados em sala, que são de criação de Maria Montessori, é uma ligação entre o aluno e o currículo mas o foco da escola montessoriana não está em nenhum desses dois e sim na criança. É um elemento que carrega desafios as crianças, segundo ela “o material é um professor que não castiga, não briga, não dá prêmios”, mas que faz a criança lutar e desafiar com ele.”

PRINCÍPIOS QUE ORIENTAM A ESCOLA MONTESSORI (1909)

- ⑩ Ambiente: deve estar preparado de acordo com as necessidades e interesses da criança. Montessori em seu seu livro orienta que todo o mobiliário da sala seja adaptada ao tamanho dos alunos. “Comecei, pois, a estudar um padrão de mobília escolar que fosse proporcionada à criança e correspondesse à sua necessidade de agir inteligentemente” (Pedagogia Científica p 42)
- ⑩ Espaço: a criança é livre para usar o espaço para suas próprias descobertas , escolhe onde irá realizar suas tarefas (tapete ou mesa) e também qual tarefa irá realizar (materiais concretos ou atividades);
- ⑩ Ordem: todo ambiente é organizado com os materiais agrupados em lugares específicos, qualquer alteração é sempre informada aos pequenos;
- ⑩ Materiais: oferecem à criança a possibilidade de esquematizar conhecimentos abstratos, oferece conquistas gradativas, conforme a criança vai aprendendo o material vai sendo utilizado de outras maneiras representando assim um desafio maior;
- ⑩ Respeito, responsabilidade e liberdade: a criança aprende a respeitar o ambiente em que está, seus colegas e professores e também a ser respeitada por quem convive. A educadora costumava não deixar muitos objetos repetidos nas salas da Casa dei Bambini para que assim, se uma criança quisesse utilizar algo que a outra estava utilizando, ela teria de esperar, desenvolvendo o respeito pelo tempo de seu colega. Aprende a ter responsabilidade por si e por suas coisas e atitudes, o professor auxilia a criança na tomada de consciência, mostra os limites e incentiva a sua independência. E quanto a liberdade, que é peça fundamental do método Montessori afirma:

Quando falamos da “liberdade” da criança pequena, não nos referimos aos atos externos desordenados que as crianças, abandonadas a si mesmas, realizariam como evasão de uma atividade qualquer, mas damos a esta palavra “liberdade” um sentido profundo: trata-se de “libertar” a criança de obstáculos que impedem o desenvolvimento normal de sua vida. (Montessori, 1965. p 57)

Em uma época em que a educação era puramente transmissão de conhecimentos, Montessori colocou-a como uma processo que nascia no interior de cada um, questionou a educação que não levava a criatividade de seus educandos e foi a primeira a salientar a importância do ambiente no desenvolvimento intelectual e sensorial de cada um.

- ⑩ Professor: como já citado, o professor representava o elo entre o ambiente e a criança. É comum em fotos da Casa dei Bambini observar Montessori sentada no papel de observadora, orientava que não interrompessem o trabalho de uma criança e auxiliasse adequadamente em momento oportuno sem corrigir constantemente, respeitando as diferenças individuais. Montessori era bem exigente quanto às suas professoras, dizia que a educadora também deveria estar em processo de normalização, afirmando que uma professora que exige de seus alunos responsabilidade deve pautar-se em atitudes responsáveis. Para ela, professora e alunos cresciam de formas iguais.



Figura 1: Montessori observa crianças trabalhando em seus materiais.
Disponível em: <https://montessori-ami.org/resource-library/photos>

As turmas da Casa dei Bambini eram de idades mistas, segundo Montessori, uma criança mais velha poderia explicar algo a uma criança mais nova de forma mais acessível do que a professora e essa interação entre crianças de diferentes idades auxiliavam na construção de suas aprendizagens. A disciplina para ela também é citada de forma diferente: é a “disciplina ativa” onde a criança faz as suas escolhas e tem a consciência de não prejudicar ninguém a partir disso.

Já em seus primeiros estudos Montessori colocava a educação como prática de liberdade como a educação do futuro e pontuava que essa educação deveria ser baseada na consciência, responsabilidade e no amor. Quanto a isso, Osterrieth afirma “educar é conduzir a criança para o adulto, levando em conta que ela será adulta amanhã, num mundo novo.”

Outro ponto importante no método é a prática do silêncio, para Montessori o silêncio representava o autocontrole e a autodisciplina que tanto almejava. Dizia que “o silêncio absoluto equivale a uma absoluta imobilidade” (Pedagogia Científica p. 69) a prática do silêncio e do controle corporal se dá em um longo processo de normalização. Segundo Helena Lubienska de Lenval “a lição do silêncio é uma das

mais importantes particularidades da classe Montessori” (educação do homem consciente, p. 26)

A PEDAGOGIA WALDORF

Esse método foi desenvolvido na Alemanha em 1919 por Rudolf Steiner em uma escola para atender filhos de operários a pedido do dono da fábrica, ele aceitou a criação da escola mas propôs que a escola fosse aberta para todas as crianças da comunidade, que os professores seguissem um currículo unificado e estivessem integrados com seu ideal filosófico e pedagógico, que essa escola tivesse o mínimo de interferência do governo possível e que não houvesse preocupação com lucros, é fundamentada na Antroposofia (do grego "conhecimento do ser humano"). Segundo a Sociedade Antroposófica “pode ser caracterizada como um método de conhecimento da natureza do ser humano e do universo, que amplia o conhecimento obtido pelo método científico convencional, bem como a sua aplicação em praticamente todas as áreas da vida humana.”.

Antes da fundação da primeira Escola Waldorf, os professores passaram por um curso que foi dividido em três módulos que abordavam as bases da antropologia antroposófica, metodologia e didática no ensino com debates sobre as práticas das disciplinas e os caminhos para solucionar os problemas educacionais. O conteúdo deste curso foi publicado em um conjunto de livros, A Arte da Educação, volumes I, II e III

No Brasil, atualmente, temos 25 escolas Waldorf excluindo os jardins de infância. A mais antiga está situada em São Paulo e foi fundada em 1956, em Porto Alegre temos 5 escolas, sendo a mais antiga a Escola Arco-íris. Essa pedagogia é flexível devido a Steiner nunca ter imposto um método fechado e as escolas brasileiras adotam os princípios da Base Nacional Comum Curricular (2017) e os princípios particulares da Pedagogia Waldorf.

Para Steiner “a pedagogia não pode ser uma ciência - deve ser uma arte. E onde existe uma arte que se possa aprender sem viver constantemente em sentimentos?” As escolas Waldorf enxergam o aluno com um ser

Procurando assim integrar o pensar-sentir-agir, para isso, além de trabalhar com os alunos em setênios, essas escolas não adotam notas e não existe a reprovação pois Steiner sempre questionou a educação que tirava do aluno o seu subjetivo e interior apenas para cultivar a racionalidade.

OS SETÊNIOS NA ESCOLA WALDORF

Segundo o criador da pedagogia Waldorf de 7 em 7 anos a energia do ser humano muda: biológica, fisiológica e cognitivamente. “Segundo Rudolf Steiner, a vida humana não decorre de forma linear, mas em ciclos de aproximadamente sete anos. Em cada um desses ciclos, um determinado membro da entidade humana se desenvolve de maneira mais pronunciada. A personalidade, isto é, o eu, vive então principalmente nesse membro” (LANZ, 2011, p 38).

Essa divisão é observada pela vida inteira mas no campo educacional são marcados apenas os 3 primeiros.

⑩ O PRIMEIRO SETÊNIO: QUERER - O MUNDO É BOM (0 a 7 ANOS)

Essa primeira fase é marcada pela inconsciência do ser que está em fase de desenvolvimento, assim, ela exterioriza tudo que carrega com ela. Segundo Burkhard (2000) a criança está orientada pela individualidade e suas energias estão apenas no desenvolvimento físico. Ainda nessa fase mesmo que inconscientemente, a criança

imita as pessoas com quem convive, então a escola deve estar pautada em bons exemplos

São por demais conhecidos e cientificamente investigados os casos de crianças que vivem em Instituições onde tudo é perfeito, mas onde falta o calor humano; elas não só apresentam traumas e defeitos psíquicos, mas até sua resistência a doenças é fortemente diminuída; todo o seu desenvolvimento físico e mental acha-se consideravelmente atrasado” (LANZ, 2011, p43)

Aqui a criança usa a motricidade e a imaginação. Nas Escolas Waldorf, contrariando as escolas tradicionais, não se estimula precocemente a alfabetização e nem a matemática pois é entendido que nessa fase a criança não possui as habilidades mentais necessárias, são alfabetizadas a partir dos 6 anos e meio, o que vai de encontro com o que afirma Piaget em seus estudos sobre desenvolvimento cognitivo, segundo o qual até 6/7 anos as crianças estão no estado pré-operacional, não possuindo recursos cognitivos e neurológicos para operações objetivas.

⑩ O SEGUNDO SETÊNIO: SENTIR- O MUNDO É BELO (7 a 14 ANOS)

Essa fase está completamente ligada à alma, a imaginação e os sentimentos estão aguçados. Aqui o ensino se dá a partir da vivência, observação e descrição. O currículo tem a arte como pilar de toda educação e utiliza a música nos processos de canto, fala e eurritmia trabalhando os ritmos do corpo humano e as ideias que cada aluna carrega consigo mesmo.

A escola não faz separação de um período em específico para artes, a arte funciona como o “eixo organizador” que une todos os conhecimentos.

A partir dos 9 anos, a criança começa a desenvolver a criticidade e o raciocínio, já a partir dos 12 anos a puberdade começa e então ele fica imerso em muitos sentimentos e passa a buscar novos sentimentos e novos ideais para si mesmo. A imitação da fase infantil é substituída pela busca de um modelo, uma referência.

⑩ O TERCEIRO SETÊNIO: PENSAR - O MUNDO É VERDADEIRO (14 a 21 ANOS)

Nessa fase, as energias que antes estavam voltadas ao psico-emocional são destinadas ao pensar lógico e conceitual.

De acordo com a Antroposofia somente nesse setênio começam o estudo das teorias, aqui o idealismo terá grande presença na rotina do educando, só nesse momento ele apresentará a maturidade necessária para entender e dialogar com os pontos de vista conceituais.

O ensino fundamental e médio Waldorf são organizados de forma a atender o sentir e agir dos alunos para que todos os sentimentos a partir das vivências escolares sejam espontâneos e levem a liberdade.

A FUNÇÃO DO PROFESSOR NO ENSINO WALDORF

Aos professores da Escola Waldorf cabe a harmonização de seus alunos em cada fase do seu desenvolvimento será necessário um olhar diferente.

Comumente, os professores entram com sua turma no primeiro ano do ensino fundamental e os acompanham até seu oitavo ano escolar, criando assim um grande vínculo não só com o aluno mas também com a sua família assim, professor e família trabalham juntos e na mesma direção em prol do desenvolvimento pleno de cada criança (LANZ, 2013).

Ao acompanhar uma classe por tanto tempo e ministrando diversas aulas, o professor consegue verdadeiramente atingir seus alunos em diversos ângulos e também consegue acompanhar seu desenvolvimento.

Para Steiner, devemos estar conscientes enquanto professores e há uma primeira tarefa para nós que é a de educarmos a nós mesmos. A autoeducação é essencial, ele afirma que não poderão ser bons professores e educadores os que olharem somente

para o que fazem, em vez de olharem para o que são. Assim como afirma Lanz (2013) "o crítico mais severo e objetivo do trabalho desenvolvido por cada professor deve ser ele mesmo"

A partir da nona série a pedagogia Waldorf não considera que seja necessário um único professor na classe, assim passam a ter um professor para cada matéria mas sempre ligados aos conceitos da Antroposofia. Cada classe tem seu tutor, mas a figura protetora do professor de classe não existe mais (LANZ, 2013).

A TURMA E AS AULAS DE ÉPOCA

Os alunos são o real motivo da existência das Escolas Waldorf, como Steiner pediu os alunos não sofrem qualquer tipo de distinção ao ingressar em uma turma. Normalmente, as turmas permanecem unidas ao longo dos anos uma vez que a repetência é algo fora desse modelo educacional.

Segundo Stockmeyer (1976), o currículo Waldorf não existe de forma acabada, mas vive nas inúmeras proposições, exigências, conselhos e indicações que Rudolf Steiner deu para a educação e o ensino, e deve viver nos pensamentos e sentimentos dos professores que atuam nas Escolas Waldorf. Dessa forma, o ensino em Waldorf se dá por épocas. Cada disciplina existe simultaneamente as outras mas uma é ensinada de forma mais focada durante um período de tempo. A época do ensino pode durar de três a quatro semanas e aqui uma das disciplinas se torna o eixo do ensino, essas aulas tomam duas horas do dia, o tempo restante é tomado pelo ensino de matérias artísticas, artesanais, educação física, música, línguas estrangeiras. Concluindo a época, outra matéria passa a ocupar o papel principal e assim sucessivamente, alternando-se épocas de Português, Matemática, História, Geografia, Física e assim por diante (LANZ, 2013). Dessa forma, a atenção e as vivências do aluno estarão focadas sempre na mesma direção ao invés de alternadas em períodos de 45 minutos de português, matemática e assim por diante. No ensino fundamental, a aula de época é ministrada pelo professor da própria classe já no ensino médio, a aula é ministrada por algum professor de uma disciplina específica e eles vão se revezando para assumir as épocas conforme o planejamento da escola (FEWB, 1998). A aula na Escola Waldorf inicia com o professor recebendo os alunos na porta, com um cumprimento único, após a recepção a classe recita o verso da manhã (esse verso foi especialmente composto por Rudolf Steiner e é falado em todas escolas Waldorf do mundo, o que cria uma aura de calor anímico em todo planeta e predispõe o aluno a receber os ensinamentos que se seguem. Há um texto próprio para os primeiros quatro anos do ensino fundamental e outro para os demais anos).

Na escola Waldorf cada integrante da classe é analisado como indivíduo, por suas produções e vivências. O professor faz uma espécie de texto sobre seu aluno, sobre os detalhes da convivência que é diária e se ao final desse texto for constatado que o aluno precisa de alguma ajuda, o professor o ajudará. Nesse modelo, não são feitas provas ou testes mas se a pedido da lei, o uso desses se faça necessário, ele será enviado diretamente aos pais e ao aluno.

O JARDIM DE INFÂNCIA, O ENSINO FUNDAMENTAL E O MÉDIO

O jardim de infância Waldorf funciona como uma extensão da casa da criança, a turma tem crianças de idades variadas exatamente como uma família que pode ter irmãos mais velhos e irmãos mais novos. Todos os itens que as crianças utilizam são reais: pedras, panos, madeiras, plantas, água, etc. Nas escolas Waldorf não são trabalhados os conteúdos pré-escolares das escolas de metodologia tradicional, o aprendizado desde essa fase começa nas vivências e experiências, a imposição da autoridade é evitada ao máximo.

O professor Waldorf tem planejamento mas nada é levado pronto, todas as atividades propostas são feitas a partir da construção do aluno.

Seguindo o modelo criado por Steiner, o ensino fundamental e médio estão divididos em doze séries, o ensino baseia-se na fala do professor, a consulta em livros é evitada ao máximo e todo material do aluno é feito a partir do seu olhar, das suas experiências e aprendizagens.

4 CONCLUSÃO

Em sua obra, Montessori nos levou até o ensino individualizado e a autoeducação. A autora em todas as suas obras pontua que seu ensino está centralizado no aluno, o que de fato é comprovado tanto pelas obras quanto pela prática nas escolas montessorianas. Nessas obras também é possível identificar a importância do ambiente preparado, dos materiais desenvolvidos pela educadora e do desenvolvimento do professor para com a sua classe. Além disso tudo, também conseguimos identificar a liberdade como peça chave da educação montessoriana e assim podemos conversar com Freire (1996, p.41), “é preferível, reforçar o direito que tem a liberdade de decidir, mesmo correndo o risco de não acertar. É decidindo que se aprende a decidir, e é fazendo que se aprende a realizar”.

Trazendo os princípios da educação Montessori para as escolas tradicionais, podemos colocar que o professor deve adaptar-se a escola onde está e procurar conhecer seus alunos de forma que consiga respeitar o desenvolvimento individual, levando em consideração a autonomia e a capacidade crítica de cada um.

Agradecimentos

A autora agradece a Universidade La Salle Canoas pelo apoio e incentivo a pesquisa acadêmica.

REFERÊNCIAS

- 1 GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2002.
Disponível em <<https://docente.ifrn.edu.br/mauriciofacanha/ensino-superior/redacao-cientifica/livros/gil-a.-c.-como-elaborar-projetos-de-pesquisa.-sao-paulo-atlas-2002./view>>
- 2 GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- 3 MONTESSORI, Maria. Pedagogia Científica: a descoberta da criança. Trad. de Aury Azélio Brunetti. São Paulo: Flamboyant, 1965.
- 4 STANDING , Edwin mortimer. Maria Montessori:: her life and work. 1. ed. 1957.
- 5 ALMEIDA, Talita de. Montessori: o tempo o faz cada vez mais atual. n. 1, 1984.

- 6 MONTESSORI, Maria. Formação do homem. 2. ed. Portugal, 1950. 91 p.
- 7 MARAN, Júlio. Montessori: uma educação para a vida. São Paulo: Loyola, 1977. 121 p.
- 8 OSTERRIETH, Paul. Fazer adultos. Companhia e nacional, 1967.
- 9 LUBIENSKA DE LENVAL, Hélène. A educação do homem consciente. São Paulo: Flamboyant, [s.d.]. 244 p.
- 10 RUTH SALLES, Instituto. In: Instituto ruth salles. [S. l.]. Disponível em: <https://www.institutoruthsalles.com.br/pedagogia-waldorf-post/>. Acesso em: 3 out. 2019.
- 11 LANZ, Rudolf. Noções básicas de Antroposofia. Rio de Janeiro: Editora Antroposófica, 2002.
- 12 PINTO, Manuel da Costa (Ed.). Coleção memória da pedagogia. Rio de Janeiro: Ediouro; São Paulo: Segmento-Duetto, 2005
- 13 STEINER, Rudolf. Minha Vida: A narrativa autobiográfica do fundador da Antroposofia. Rio de Janeiro: Editora Antroposófica, 2006.
- 14 STEINER, Rudolf. A arte da Educação - I : O estudo geral do homem, uma base para a
- 15 pedagogia. 4a ed. São Paulo: Editora Antroposófica, 2007.
- 16 _____. A arte da Educação - II : Metodologia e Didática. 2a ed. São Paulo: Editor Antroposófica, 2003.
- 17 _____. A Arte de Educar Baseada na Compreensão do Ser Humano. São Paulo: Federação das Escolas Waldorf no Brasil, 2005.
- 18 SOCIEDADE, Antroposófica, Disponível em: [http:// www.sab.org.br/antrop/](http://www.sab.org.br/antrop/)
- 19 STOCKMEYER, E. A. Karl. Currículo de Rudolf Steiner para as Escolas Waldorf. Editado pelo Centro de Pesquisas Pedagógicas da Associação das Escolas Livres Waldorf: Stuttgart, 1976.
- 20 LANZ, Rudolf. A pedagogia Waldorf: caminho para um ensino mais humano. Rio de Janeiro: Editora Antroposófica, 2011.
- 21 LANZ, Rudolf. Noções básicas de Antroposofia. Rio de Janeiro: Editora Antroposófica, 2002.
- 22 FEWB - FEDERAÇÃO DAS ESCOLAS WALDORF NO BRASIL. Proposta Educacional Waldorf. Direitos autorais reservados à Federação das Escolas Waldorf no Brasil. São Paulo, dezembro de 1998.
- 23 FREIRE, Paulo - Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

RELAÇÕES DE GÊNERO NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO: TRAJETÓRIAS E EXPERIÊNCIAS DE JOVENS-ALUNOS NO AMBIENTE ESCOLAR

Saueressig, G.G¹

Staats, L. S.²

De Azevedo Prates, D. M.³

¹ *Mestra, Gislaine Gabriele Saueressig, Instituto Federal Sul-rio-grandense, gislainesaueressig@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Bacharel, Lucimeire Silva Staats, Instituto Federal Sul-rio-grandense, lucimeirestaats@charqueadas.ifsul.edu.br.*

³ *Doutora, Daniela Medeiros de Azevedo Prates, Instituto Federal Sul-rio-grandense, danielaprates@charqueadas.ifsul.edu.br.*

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

O presente estudo é parte de investigações de Mestrado produzidas junto ao grupo de estudos e pesquisa sobre juventudes contemporâneas. Nesse momento, propõe analisar trajetórias de jovens-alunos em cursos de Ensino Médio Integrado - EMI, vinculados a áreas histórica e socialmente marcadas por questões de gênero. Para tanto, ancora-se nas interlocuções dos referenciais sobre Educação Profissional e Tecnológica, buscando articulações aos estudos sociológicos e antropológicos sobre juventudes e gênero. A pesquisa em desenvolvimento parte da revisão da literatura e triangulação de ferramentas metodológicas como mapeamento do perfil de jovens-alunos em cursos de Ensino Médio Integrado, observação-participante e conversas com jovens-alunos. Assume-se uma postura metodológica que possibilite reconhecer, a partir das suas próprias narrativas e experiências, o lugar social a que pertencem nas diferentes condições que perpassam suas trajetórias e projetos de vida, bem como o contexto histórico mais amplo no qual se constituem. Trata-se de um tema que assume relevância de estudo diante da necessidade de reconhecer quem são os jovens-alunos que invadem a cena escolar, especialmente se problematizarmos marcadores de gênero. Diante do exposto, incide a problematização: como vem se produzindo relações de gênero na trajetória de jovens-alunos? Nesse momento, é possível inferir que se colocam em exercício investimentos institucionais na constituição de sujeitos-alunos imbricados a concepções das áreas de formação técnica em que se mostram presentes marcadores de gênero.

Palavras-chave: Juventudes; Gênero; Ensino Médio Integrado.

GENDER RELATIONS IN INTEGRATED HIGH SCHOOL: YOUNG-STUDENTS' TRAJECTORIES AND EXPERIENCES IN THE SCHOLAR ENVIRONMENT

Abstract

The present study is part of Masters Degree investigations carried out along with the study group on contemporary youth. At this point, it proposes an analysis of young-students trajectories in Integrated High School courses linked with areas that are

historically and socially marked by gender issues. Therefore, the study anchors itself in the dialogue among the references about Technological and Professional Education, searching for links to the anthropological and sociological studies about youth and gender. The under development research starts off with a review of the literature and a triangulation of the methodological tools such as the mapping of the profile of young-students in Integrated High School courses, participant-observation and conversations with young-students. A methodological posture is assumed in order to enable, from their own narratives and experiences, the recognition of the social place they belong to in the different conditions through which their trajectories and life projects go, as well as the broader historical context in which the students constitute themselves. It is a theme that assumes the relevance of the study in relation to the necessity of recognizing who the young-students that invade the scholar scene are, especially if we analyse the gender markers. In view of what has been exposed, arises the analysis: how have the gender relations been produced in the young-students trajectories? In this moment, it is possible to infer that institutional investments are taking action to constitute subject-students connected to conceptions of technical education areas in which gender markers appear.

Key words: Youth; Gender; Integrated High School.

1 INTRODUZINDO À DISCUSSÃO: EDUCAÇÃO, TRABALHO E GÊNERO

A presente discussão parte de uma pesquisa iniciada junto ao curso de Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica (PROFEPT) no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL) cujo objetivo incide em analisar trajetórias de jovens-alunos em cursos de Ensino Médio Integrado vinculados a áreas histórica e socialmente marcadas por questões de gênero. Para tanto, a pesquisa adota a triangulação de ferramentas metodológicas como mapeamento do perfil de jovens-alunos em cursos de Ensino Médio Integrado, observação-participante e conversas com jovens-alunos.

Nesse ensaio, partimos da análise das trajetórias de dois jovens-alunos dos cursos técnicos em eventos e em informática, problematizando como vem se produzindo relações de gênero imbricado à perspectiva de educação integral presente na proposta dos Institutos Federais, conforme apresentamos nas próximas seções. Posteriormente, buscamos reconhecer quem são esses sujeitos, experiências e marcadores culturais partilhados por sua geração, perpassados pelas diferentes formas de viver (ou não) a condição juvenil, considerando tanto as desiguais condições sociais para experimentar este tempo de espera, como também tensões vivenciadas no âmbito escolar, especialmente a partir das relações de gênero.

1.1 Institutos Federais e a educação integral

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia foram criados em 2008, através da Lei 11.892, com o objetivo principal de serem espaços de vinculação entre ambiente educacional e ambiente produtivo, tendo como proposta uma educação integrada, de modo a proporcionar educação básica e profissional à população jovem e adulta.

De acordo com o Artigo 2º da referida Lei:

Art. 2º Os Institutos Federais são instituições de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e multicampi, especializados na oferta de educação profissional e tecnológica nas diferentes modalidades de ensino, com base na conjugação de conhecimentos técnicos e tecnológicos com as suas práticas pedagógicas, nos termos desta Lei.

Na Seção III, Dos Objetivos dos Institutos Federais, Art. 7º, I:

I - ministrar educação profissional técnica de nível médio, prioritariamente na forma de cursos integrados, para os concluintes do ensino fundamental e para o público da educação de jovens e adultos;

O Art. 7º delimita os campos de atuação das instituições, mas, ao dar prioridade aos cursos integrados, retoma a concepção de uma instituição que contribua para o alcance de transformações sociais por meio da formação integral. O foco na formação de profissionais comprometidos com o bem coletivo e capazes de fazer uma análise crítica à sociedade e às práticas produtivas reitera a importância da educação voltada para o desenvolvimento das diferentes dimensões: social, econômica e cultural (SILVA, 2009).

Segundo Ramos (2008) e Frigotto (2011), uma educação voltada para a classe trabalhadora, centra-se na concepção de uma *educação unitária* (sem a dicotomia trabalho intelectual x trabalho braçal) e *politécnica* (acesso aos processos básicos de produção), tendo a integralidade física, mental, cultural, política e científico-tecnológica como um ideal. Ou seja, uma educação *omnilateral*.

A educação unitária exclui das diretrizes, principalmente, a dualidade da formação para o trabalho: a educação básica e profissional deveria superar as diferenças entre formação para o trabalho manual e para o trabalho intelectual (RAMOS, 2008; SAVIANI, 1989; CIAVATTA, 2008). Além disso, era imprescindível que fosse igual para todas(os), afinal, estava se firmando como um direito

institucional, e não deveria ser apresentada de maneiras diferentes para classes sociais diferentes.

A formação de politécnicos se difere da formação de profissionais técnicos especializados, uma vez que concentra-se na formação integral do ser humano, tornando-o capaz de produzir sua própria existência através do trabalho não alienado, e possibilitando seu acesso e conhecimento de processos básicos de produção. Isso não significa formar um profissional capaz de atuar com uma única técnica, mas com domínio dos fundamentos de diversificadas técnicas de produção, com autonomia e capacidade de tomar decisões em um contexto de múltiplas escolhas, capaz de questionar práticas produtivas impostas pela lógica do mercado e propor novas possibilidades.

Já o conceito de omnilateralidade é um sentido filosófico atribuído à educação integral. É um conceito marxista que orienta a reflexão acerca da educação, e pode ser aplicado tanto à educação básica quanto à superior. Ele expressa uma concepção de educação integral, pois compreende as dimensões da vida humana, que estruturam a prática social: o trabalho, a ciência e a cultura. Trabalho como condição humana de transformação do meio e como prática econômica, ciência como a produção de conhecimento pela humanidade, e a cultura como valores éticos e estéticos (conduta da sociedade) (RAMOS, 2008).

Educação unitária e politécnica constituem então, segundo Ramos (2018), os dois pilares conceituais para a educação integrada. Uma educação que propicie acesso ao conhecimento, à cultura, às condições necessárias para a formação com domínio em diferentes técnicas de produção, com a valorização do saber que vem do trabalho. Uma educação vinculada ao mundo real, que leve em consideração as diferentes realidades e cotidianos de alunas e alunos.

Estes princípios de educação aproximam-se de Freire (2011), que argumenta sobre a responsabilidade de educadoras(es) na missão de manter uma postura vigilante perante práticas de desumanização presentes na sociedade e, portanto na escola, através de práticas educativas transformadoras, que levam em consideração a bagagem de vida das(os) estudantes, suas individualidades, sua autonomia, identidade cultural, etc.

1.2 Como o gênero interfere na(s) relação(ões) de e com o trabalho

Dentre as diversas desigualdades existentes na sociedade brasileira, podemos dizer que uma das mais evidentes refere-se às relações de gênero. A participação das mulheres na vida em sociedade se dá em espaços variados, como família, escola, igreja, movimentos sociais, e, claro, no mundo do trabalho. Antunes (1999) fala da divisão sexual do trabalho e das diferentes vivências dos ambientes produtivo e não-produtivo: homens e mulheres não têm os mesmos direitos, deveres ou oportunidades no mundo do trabalho, nem tampouco são atingidos de maneira igual em situações de retirada de direitos ou de precarização.

Em alguns países o contingente feminino já supera o masculino na composição da força de trabalho. Mesmo com a crescente participação das mulheres no ambiente produtivo, a desigualdade salarial entre os sexos é presente no mundo todo. Além disso, a presença de mulheres é mais comum no universo do trabalho *part time*, precarizado e desregulamentado. No ambiente fabril, é comum mulheres (assim como imigrantes e pessoas negras) serem destinadas a postos que necessitem menos qualificação, com funções mais elementares e carga intensiva de trabalho, enquanto que os homens estão presentes nos ambientes com capital intensivo (máquinas e investimentos em tecnologia) e, diferentemente das mulheres, participam dos processos de tomadas de decisões (ANTUNES, 1999).

Federici (2017 e 2018) analisa como o capital apropria-se do trabalho doméstico e do trabalho reprodutivo das mulheres de acordo com seus interesses, desde o período de acumulação primitiva, perpassando a revolução industrial. Segundo a autora, o capital aliou-se à igreja e aos nobres/burgueses para confinar mulheres ao papel de reprodutoras da vida e da força de trabalho. Inclui-se aqui todas as funções maternas e de suporte à vida e à família: gestação, aleitamento e cuidado com as crianças, a sexualidade, o cuidado com pessoas idosas e doentes, o alimento, a limpeza, entre outras funções. Além da opressão na vida privada e doméstica, a autora também cita a exploração das mulheres pelo capital nas fábricas, considerando-as mais dóceis e menos propensas a revoltas, mais dedicadas ao trabalho, e pagando menos do que aos homens por considera-las fisicamente fracas.

Segundo Dias (2008), uma das formas mais graves de violência praticadas contra mulheres no ambiente de trabalho é o assédio sexual. Esse tipo de violência

consiste em um comportamento de conotação sexual, indesejado pela vítima, que pode se manifestar de forma física, verbal ou não verbal. O objetivo é criar um ambiente intimidativo, hostil, humilhante e ofensivo, violar a integridade física e moral da vítima, acabando por ofender o seu desempenho e progresso profissionais. Comportamentos que, muitas vezes, devido à ideologia patriarcal e à posição social e econômica das mulheres em relação aos empregadores, não são reconhecidos pela sociedade e até pela justiça como assédio sexual (DIAS, 2008).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de mestrado que deu origem a este estudo encontra-se em desenvolvimento, e está em fase inicial. Este estudo parte da revisão da literatura e triangulação de ferramentas metodológicas como mapeamento do perfil de jovens-alunos em cursos de Ensino Médio Integrado, observação-participante e conversas com jovens-alunos.

De acordo com Haguette (2007) e Boni e Quaresma (2005), a entrevista é um procedimento de produção de dados que possibilita a obtenção de informações objetivas e subjetivas, para além daquelas a que se tem acesso na pesquisa bibliográfica, na observação e nos dados estatísticos, que se dá através da interação social entre entrevistadora(or) e entrevistada(o). As entrevistas devem ser planejadas e executadas cautelosamente, “[...] de modo a que forneçam material empírico rico e denso o suficiente para ser tomado como fonte de investigação, [portanto] demandam preparo teórico e competência técnica por parte do pesquisador” (DUARTE, 2004. p. 216). A entrevista possibilita a obtenção de informações subjetivas, que são aquelas ligadas aos valores, atitudes, emoções e opiniões dos sujeitos de pesquisa, e por isso é tão importante em pesquisas que se propõem compreender relações e realidades sociais.

A entrevista semi-estruturada contempla perguntas abertas e fechadas, o que permite flexibilidade e liberdade de relato à pessoa entrevistada, sem transformar a entrevista em uma conversa sem foco, desligada dos objetivos: as questões são previamente formuladas, ainda na fase de planejamento; o tema é apresentado pela(o) pesquisadora(or), e a(o) informante então discorre sobre o tema proposto (BONI; QUARESMA, 2005). A observação participante complementa as entrevistas:

levar em consideração elementos não verbais, analisar os significados dos silêncios, das mudanças de assunto, da linguagem corporal e do senso de humor podem contribuir com a pesquisa (THOMSON, 2001).

3 JUVENTUDES, GÊNERO E VIOLÊNCIA TENSIONANDO O ÂMBITO ESCOLAR

Dayrell (2007), ao apresentar a ideia de condição juvenil, aprofunda o olhar sobre um tempo de vivências marcado por diferenças histórico-geracionais e socioculturais que definem suas possibilidades e limites. Trata-se de um viver em meio a diferentes culturas entre gerações e de um viver a partir de distintas moratórias, nas quais o tempo para as juventudes assume significados distintos que se relacionam aos modos de ser dos sujeitos sociais. Assim, aos jovens pertencentes às camadas mais favorecidas da sociedade, diferentemente dos jovens das camadas mais pobres que precisam se preocupar com a própria sobrevivência e, portanto, trabalhar, é comum haver muito mais tempo e condições para vivenciarem sua condição, pois contam com um contexto social que os protege e os faz assumir as responsabilidades da vida adulta mais tardiamente (MARGULIS; URRESTI, 1996).

Escola e igreja têm importante papel histórico na constituição dos sujeitos jovens, no decorrer da história. Mesmo na modernidade, estas instituições escolares e religiosas contribuem às constituições das condutas, dos modos de viver as juventudes e de vivenciar experiências e relacionamentos interpessoais, e, atrelado a acontecimentos e mudanças nos modos de pensar e se expressar, atuam ativamente na construção das diversas juventudes possíveis (DE AZEVEDO PRATES, 2019). Assim também o conceito de aluno, “[...] é uma construção social inventada pelos adultos ao longo da experiência histórica” (SACRISTÁN, 2005, p. 11), tendo como base as práticas de trabalhar e de estar com eles. E, apesar de ser debatida a questão do fracasso escolar, pouco se discute questões de gênero ou de cultura étnica como causadores de desigualdades entre alunos e, portanto, motivo do preocupante fracasso (SACRISTÁN, 2005).

No entanto, embora haja diferenças no tempo e no modo das vivências juvenis, inclusive entre homens e mulheres, o que jamais falta às juventudes é criatividade e coragem para experimentar esse período tão cheio de condicionantes: inúmeras barreiras físicas, sociais, culturais e estruturais, que os impedem de

vivenciar livremente as experiências que eles consideram normais nesse período da vida. Os pontos de vista a respeito de questões de gênero são diversos, e dependem da experiência e dos espaços que cada sujeito ocupa. Escola, família, amigos, igreja, espaços distintos, mas com importante papel na vivência das diferentes juventudes.

2.1 Narrativa 1 – *Eu sou muito mais do que os rótulos*

A primeira entrevistada é uma aluna do Curso Técnico de Eventos, de 19 anos. Mora em um bairro de Sapucaia do Sul, e é estagiária no campus do IFSul. Ela é a primeira da família a ter acesso ao ensino médio, uma vez que os pais não concluíram o ensino fundamental e o único irmão, mais novo, tem apenas 7 anos. Durante a conversa é perceptível que ela alimenta um forte senso de responsabilidade, e percebe a juventude como um momento de aprendizado, de erros, de acertos, de descobertas e de autoconhecimento. Mas o que se vê muito presente na narrativa da jovem é também o senso de responsabilidade com o próprio futuro, a preocupação com o trabalho, com a preparação para a vida profissional, a visão do estágio como algo que está contribuindo para sua formação profissional e para as escolhas que deve fazer..

Em meio às aulas e ao estágio, ela acumula tarefas e deixa, muitas vezes, de passar algum tempo com os amigos, espaço que, pra ela, é onde se sente mais respeitada, e onde ocorre maior equidade de gênero e respeito à orientação sexual. A remuneração do estágio paga o transporte para as aulas e algumas coisas que ela compra pra si, mas uma parte é reservada para pagar transporte e outros custos no processo de seleção para uma universidade. Ela tem noção de que “poderia estar aproveitando melhor a juventude”, mas está guardando dinheiro para o futuro. Essa fala deixa explícita a noção de que juventude, para ela, é estar com os amigos, de que “ser jovem é ter menos preocupações voltadas ao dia a dia, como pagar luz, água, aluguel, alimentação...” e que certamente “aproveitar a juventude” é algo que ela não está profundamente exercendo nessa fase da vida.

Apesar de ter a questão socioeconômica como um dos principais obstáculos para essa plena vivência da juventude, ela não coloca essa variável como

referência quando é questionada sobre diferentes juventudes. Ela credita essas diferenças apenas às diferentes idades:

Meus amigos que eu conheci quando eles tinham seus 16, 17 anos, eram realmente preocupações diferentes, algo assim mais tipo, não vou me preocupar com as aulas, eu recupero depois, ou então vou buscar sair com os amigos o tempo todo, coisas assim [...] Meus amigos que são um pouco mais velhos, entre 20 e 23 anos, então eles tão no ensino superior, ou então eles tão trabalhando procurando o que que vão fazer futuramente, então dá pra notar que dependendo a idade a preocupação deles é um pouco diferente.

Quando questionada onde ela se encontra nessas mudanças de prioridades e de preocupações, ela diz que tenta manter um equilíbrio, e que se encontra entre essas duas vivências que ela percebe nos amigos, que seriam as vivências extremamente opostas.

Sobre o reconhecimento e acolhimento das juventudes pela instituição em que estuda, ela diz acreditar que há uma preocupação com relação ao espaço dos jovens, e que é um lugar que se busca sempre as melhores maneiras de lidar com as juventudes ali presentes. Segundo ela, foi essa “abertura” que a fez passar por grandes questionamentos e profundas mudanças logo que entrou para o IFSul, e cita descobertas sobre sexualidade, comportamentos e papéis de gênero, transformações na maneira de se vestir e de se relacionar com as pessoas. Deixou de se comportar como “princesinha, de vestido, maquiada e de cabelo comprido”, e passou a explorar outras formas de se ver no mundo.

O ponto mais importante da entrevista (e também o que pareceu ser o mais difícil, emocionalmente) acredito ser o relato acerca da busca do autoconhecimento, com relação a gênero e sexualidade. A jovem diz ter se questionado sobre sua identidade de gênero quando iniciou o ensino médio.

No ensino médio eu entrei aqui na instituição, como eu mencionei, ela é bem acolhedora, ela tem atividades que buscam nos acolher, então quando eu entrei aqui eu fiquei meu deus, como assim, que lugar é esse? É aí eu percebi que eu podia ser quem eu sou, então no início eu pensei, é aquela questão de errar e aprender, então eu errei e aprendi comigo mesma, e ainda estou aprendendo comigo mesma, então, quando eu entrei aqui eu me abri, dizendo que sim, eu gosto de garotas, e eu posso gostar de garotas, só que eu tava namorando um garoto, exatamente pela questão de que eu não queria que ninguém percebesse isso em mim.

A liberdade de “errar e aprender” atrelada à ideia de juventude é diretamente ligada às questões da sexualidade e das identidades de gênero, que no trecho

transcrito são atribuídos à “permissividade” encontrada na instituição escolar. Permissividade no sentido que se mostrar um ambiente acolhedor e propício a questionamentos, experimentações, e que permite a busca do autoconhecimento. Questionamentos que não se restringem apenas à sexualidade, mas também à identidade de gênero, sendo que estes últimos foram o que ela chama de “erros”.

Então eu já cheguei a acreditar que eu era trans, que eu podia ser gênero neutro, que eu podia ser não binária, e finalmente eu fiquei tipo assim, tá, seja você mesma. E aí eu fiquei assim, tá tu é uma mulher, que gosta de mulher, e não há nada de errado nisso. Tu não precisa ser um homem pra isso, entendeu? Teve toda essa questão de quem eu sou, e de que eu posso ser uma mulher que gosta de mulher. Então atualmente eu acredito que eu sou do gênero feminino... e que... a orientação... não sei se eu sou lésbica, bissexual, não sei... isso ainda é algo que eu ainda tô buscando me conhecer, e o que eu tenho certeza é que meu gênero é (risos)... que eu sou uma mulher (risos). [...] o principal que eu vi em mim mesma é que eu não quero estar numa caixinha. Eu sou muito mais do que os rótulos.

O único momento que a entrevistada demonstrou estar um pouco envergonhada, ou sentir algum tipo de constrangimento, foi quando ela falou a identidade de gênero. Falar que é uma mulher pareceu ser um pouco difícil durante a entrevista, e os risos demonstraram um possível constrangimento. Talvez devido ao fato de ela expor ter se questionado a respeito disso, ou por ainda não ter essa questão completamente resolvida, ou até mesmo pode refletir um desconforto por não fazer mais parte de um grupo que antes ela acreditava pertencer. O questionamento que pode ser elaborado a partir desse trecho do relato é: Por que o primeiro questionamento feito pela entrevistada foi a respeito da identidade de gênero, e não sobre a orientação sexual? Questionar a identidade de gênero foi mais fácil do que reconhecer a homoafetividade?

2.2 Narrativa 2 – No IF não há uma religião oficial

Aluno do curso técnico em informática, com 19 anos, morador de um bairro de Sapucaia do Sul. Vive com a avó, o pai está preso e a mãe mora em Canoas. O jovem é cadeirante, e diz que passa os dias entre a escola, o hospital e a casa onde vive. Nos horários de lazer, gosta de ficar com a namorada e de jogar. Devido ao seu problema de saúde, já passou por diversas cirurgias, que começaram aos 10 anos de idade. Devido à deficiência física, recebe do governo um salário mínimo,

que utiliza para manutenção da cadeira, para os remédios, transporte e para ajudar em casa.

O jovem diz que não teve muito tempo para ser criança, não pôde brincar muito e teve que amadurecer mais cedo do que o normal, por causa dos problemas de saúde. Logo teve acesso aos computadores, pois sempre ficou mais em casa, comportamento que continua agora, na juventude. Os problemas de saúde são o maior obstáculo para que ele viva a juventude de uma maneira “mais normal”, segundo ele.

Além dos problemas de mobilidade, ele relata que a condição sócio econômica também restringe e “tranca” muitas coisas na vida de um jovem. Quando questionado sobre o que ele entende da palavra “juventude”, ele responde:

Seria o começo de uma vida adulta, pra mim. Um fortalecimento pra ti poder viver a vida adulta, ter capacidade pra isso. Como uma preparação, de estudo, de vida, de... enfim... porém também tem a parte do aproveitamento criativo, a parte de... da juventude mesmo, da brincadeira, das amizades, da exploração também, que faz muito parte da juventude também, coisa que eu não tive muito por conta da minha deficiência.

Com respeito a percepção das diferentes formas de viver a juventude, ele diz perceber muita diferença ente seus amigos, sua namorada e ele próprio. Os amigos vivem a vida com mais liberdade, e ele e a namorada são evangélicos, então já há, segundo ele, “essa parte mais restritiva”, um “padrão de vivência” diferente. Eles frequentam a igreja Encontro de Fé, que é a religião que ele sempre frequentou, desde pequeno.

Ele relata a dificuldade de conviver em espaços tão diferentes, que são a escola, o grupo de amigos e a igreja, principalmente porque há muito preconceito com quem é evangélico. Precisa “cuidar o que fala” porque as pessoas não respeitam, e que não se sente livre para ser ele mesmo e para falar o que ele pensa e o que sente, dentro da escola, apesar de ser um espaço tão diverso. Na igreja ele se sente mais livre, e mais acolhido, mas no IF ele muitas vezes se cala, pra evitar discussões. Apesar de, institucionalmente, as diferenças serem bem aceitas no IFSul, as pessoas não respeitam como ele gostaria. Diferentemente da escola estadual em que ele concluiu o ensino fundamental, que “tinha um ensino católico, até parecia uma igreja”, no IF não há uma religião “oficial”, e cada um pode escolher qual fé seguir.

Quando questionado a respeito de relações de gênero, relações entre meninos e meninas, homens e mulheres, o entrevistado se atém a falar sobre orientações sexuais diferentes, e sobre como o IF se mostrou um espaço diverso e que

Eles, aqui no colégio, aceitam muito bem. Quando eu cheguei aqui, e comecei a ver as coisas, vi que era tudo aceito muito, muito bem. Que eles lidavam com um jeito muito calmo com isso, e a maioria das escolas não. A maioria das escolas lida de um modo extremo, de violência, e por conta disso... ainda mais eu que vim de escola pública, então eu vi muito isso. [...] tá, tudo bem, tu pode ter tua opinião formada sobre aquilo, mas não custa respeitar. Tipo, eu tenho minha opinião formada sobre isso, por que eu já sou evangélico né, então já dá pra imaginar... porém, tem aquela parte do respeito, que muitas pessoas que vão pro evangélico também, assim, e se dizem evangélicos, mas não respeitam. Resumindo, não dá pra considerar isso uma pessoa evangélica né. [...] porém, tem que ter respeito mútuo, entre eles e a igreja, e a igreja com eles.

O entrevistado separa os espaços da igreja e da escola, e não considera violência de gênero o discurso que ouve e que reproduz no meio religioso. Pra ele, é possível ter uma opinião contrária sobre a orientação sexual de alguém, e respeitar essa pessoa, e isso inclusive é condição para que alguém seja considerado evangélico e temente a Deus. De acordo com Lins et al (2016), violências de gênero possuem muitas facetas diferentes. Nem sempre são consideradas crimes, como assassinatos e agressões físicas. Algumas são aceitas socialmente, baseadas em costumes e tradições. Essas violências socialmente justificadas atingem mulheres e homossexuais, e são mais difíceis de serem identificadas. No relato do entrevistado, nota-se a não identificação dessas opiniões como sendo violentas.

Ele diz que na escola há muito crítica e preconceito com quem é evangélico, mas na igreja, apesar de ter “muitos conflitos” com a sexualidade, é muito difícil ele ouvir críticas sobre a orientação sexual, ou sobre “eles”, como ele se expressa. Na igreja, só se fala o que se sente, o que acredita, e o que pensa sobre “isso”, a opinião. Diz que não há homossexuais assumidos na igreja que ele frequenta, e que com certeza se um homossexual entrasse na igreja não iria gostar do que iria ouvir, porque lá todos têm a mesma opinião. E isso afasta pessoas não heterossexuais. Mas “isso não seria motivo pra desrespeito”.

O jovem diz ser muito bom que a escola que ele frequenta agora aceite tanta diversidade sexual, e que infelizmente existe muita homofobia na rua. Dos espaços

que ele frequenta, o IF é o que há mais igualdade, e isso o deixa muito feliz, porque nas outras escolas que ele frequentou, era muito diferente. Sempre que questionado sobre equidade de gênero, tratamentos diferentes para homens e mulheres, ele respondia sob a ótica da sexualidade, e não sobre relações de gênero, o que dá a entender que as divergências entre as visões a respeito da homossexualidade são muito presentes na vida social do jovem.

A exclusão de pessoas LGBT do meio religioso, na visão dele, é algo natural e que deve ser respeitado. Porém, como ele não vê violência no discurso que ouve na igreja, ele se sente violentado quando não o pode reproduzir na escola. Não parece perceber que a escola é um ambiente mais diverso, e que o grupo de pessoas que ocupa este espaço, por ser formado por diferentes gêneros e sexualidades, não se cala quando identifica algum ataque, mesmo que leve, a sua liberdade. A exclusão presente na igreja não se repete no ambiente escolar que ele pertence, algo que ele acha louvável, mas que não relaciona com a inexistência do discurso excludente.

4 CONCLUSÃO

As diversas maneiras de ser e de socializar-se do jovem, as suas culturas, a forma como enfrentam os desafios que se apresentam no dia a dia, o modo como recriam e ressignificam os espaços e o tempo demonstram que as juventudes devem ser compreendidas a partir do lugar social a que pertencem e também a partir de um contexto histórico mais amplo no qual convivem diversas gerações.

As vivências juvenis assim compreendidas também apresentam moratórias distintas tanto no que diz respeito a um tempo maior de vida, comum a todas as classes sociais (moratória vital), quanto no que diz respeito a um tempo de que o jovem dispõe, a fim de preparar-se para a vida adulta (moratória social), vivenciado apenas por jovens pertencentes a classes sociais mais altas. No entanto, não só as moratórias e a classe social influenciam de uma forma ou de outra as experiências juvenis. Tais experiências diferenciam-se também quando se trata de ser homem ou mulher, já que, por exemplo, o tempo para a mulher experimentar a juventude pode ser consideravelmente diminuído com a maternidade ou com a responsabilidade de cuidar de irmãos mais novos, enquanto seus pais estão no trabalho.

Ainda em relação à moratória social, um fato importante que está diretamente relacionado com a possibilidade de viver a condição juvenil é o trabalho. No cotidiano do jovem brasileiro pobre, as incertezas são constantes, e o grande desafio é viver a juventude enquanto procura-se sobreviver. Vive-se um dia após o outro como dá; e conciliar o trabalho com os estudos é, por vezes, a única forma de viver as experiências juvenis imediatas e de concretizar um projeto de futuro. Os jovens, trabalhadores ou não, são também grandes consumidores que buscam demarcar suas identidades ostentando em seus corpos um determinado estilo e participando de certas práticas que lhes conferem status. Acerca de tais práticas costumam ser difundidas ideias distorcidas e preconceituosas que, no entanto, não impedem que haja também uma supervalorização do ser ou sentir-se jovem. Desse modo, há de um lado jovens adultos procurando prolongar a juventude ao desfrutar por mais tempo de um estilo juvenil e, de outro, crianças tornando-se jovens cada vez mais cedo.

Nas narrativas aqui apresentadas, estão evidenciadas as vivências de cada participante a respeito de questões de gênero e diversidade, as possibilidades de questionamento e de desenvolvimento de opiniões e da própria identidade que cada um encontrou na sua trajetória, entrelaçando experiências nos diversos espaços em que transitam. O espaço escolar se mostra propício para o desenvolvimento individual, possibilitando que estes jovens alunos se questionem a respeito de suas identidades e propondo possibilidades diversas, a despeito de outros espaços e outras realidades também vivenciadas pelos mesmos. Estes questionamentos e descobertas fazem parte da vivência das juventudes, que, nos dois casos apresentados, se mostram tão diferentes, com moratórias, constituições familiares, perspectivas e planos de vida diversos.

REFERÊNCIAS

1. BRASIL. Lei Federal n. 11.892, de 27 de dez. De 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências, Brasília, DF, dez 2008. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11892.htm
2. SILVA, Caetana J. R. (org.). Institutos Federais Lei 11.892, de 29/12/2008. Comentários e Reflexões. Natal: IFRN, 2009.

3. RAMOS, Marise. Concepção do ensino médio integrado. Texto apresentado em seminário promovido pela Secretaria de Educação do Estado do Pará nos dias, v. 8, 2008.
4. FRIGOTTO, Gaudêncio; CIAVATTA, Maria. Perspectivas sociais e políticas da formação de nível médio: Avanços e entraves nas suas modalidades. *Educação & Sociedade*, vol. 32, núm. 116, Julho-Setembro, 2011, pp. 619-638: Centro de Estudos Educação e Sociedade. Campinas, Brasil.
5. SAVIANI, Dermeval. Sobre a concepção de politecnia. Rio de Janeiro: Ministério da Saúde/FIOCRUZ, 1989.
6. CIAVATTA, Maria. A formação integrada à escola e o trabalho como lugares de memória e de identidade. *Revista Trabalho Necessário*, v. 3, n. 3, 2008.
7. SAVIANI, Dermeval et al. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. *Revista brasileira de educação*, 2007.
8. FRIGOTTO, Gaudêncio. Formação profissional no segundo grau: em busca do horizonte da "educação" politécnica. Rio de Janeiro: Fiocruz; Politécnico de Saúde Joaquim Venâncio, 1988.
9. FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 2011.
10. ANTUNES, Ricardo. Os sentidos do trabalho: ensaio sobre a qualificação e a negação do trabalho. São Paulo: Boitempo, 1999.
11. FEDERICI, Sílvia. *Calibã e a bruxa*. Elefante: São Paulo, 2017.
12. FEDERICI, Sílvia. Notas sobre gênero em O Capital de Marx. *Cadernos Cemarx*, n. 10, 2018.
13. DIAS, Isabel. Violência contra as mulheres no trabalho: O caso do assédio sexual. *Sociologia, problemas e práticas*, n. 57, p. 11-23, 2008.
14. BONI, Valdete; QUARESMA, Sílvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. *Em Tese*, v. 2, n. 1, p. 68-80, 2005.
15. HAGUETTE, André. HAGUETTE, Teresa Maria Frota. Metodologias qualitativas na Sociologia. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, v. 75, n. 179-80-81, 2007.
16. DUARTE, Rosália. Entrevistas em pesquisas qualitativas. *Educar em revista*, n. 24, p. 213-225, 2004.
17. THOMSON, Alistair. Memórias de Anzac: colocando em prática a teoria da memória popular na Austrália. *História oral*, n. 4, p. 85-101, 2001.
18. DAYRELL, Juarez. A escola "faz" as juventudes? Reflexões em torno da socialização juvenil. *Educação & Sociedade*, v. 28, n. 100, p. 1105-1128, 2007.
19. MARGULIS, Mario; URRESTI, Marcelo. La juventud es mas que una palabra. *La juventud es mas que una palabra. Ensayos sobre cultura y juventud*, 1996.
20. DE AZEVEDO PRATES, Daniela Medeiros. A tríade educação, escola e religião na constituição de sujeitos jovens e infantis. *Educação (UFSM)*, v. 44, p. 19-1-14, 2019.
21. SACRISTÁN, José Gimeno. O aluno como invenção. Rio Grande do Sul: Artmed, 2005.
22. LINS, Beatriz Accioly; MACHADO, Bernardo Fonseca; ESCOURA, Michele. Diferentes, não desiguais: a questão de gênero na escola. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2016.

OS JOVENS DO ENSINO MÉDIO INTEGRADO E A SOCIEDADE DO CANSAÇO: REFLEXÕES NECESSÁRIAS PARA A FORMAÇÃO DO SUJEITO INTEGRAL

Madalena, A.G. 1

Caetano, M. R. 2

1Doutor em Filosofia pela UFRGS, Mestre em Antropologia pela mesma instituição. Docente na Educação Profissional: Ensino Médio Integrado. Pesquisador associado do Nur – Núcleo de Pesquisas em Filosofia Islâmica, Judaica e Oriental da UNIFESP, membro da SIEPM – Société Internationale pour l'Étude de la Philosophie Médiévale.

2Doutora em Educação pela UFRGS, Mestre em Educação pela PUC-RS. Docente na Educação Profissional: Ensino Médio Integrado, Especialização e Mestrado em ProfEPT no IFSUL. Mail: caetanoraquel2013@gmail.com

Resumo: A proposta desse artigo é apresentar a parte teórica de uma pesquisa em desenvolvimento que busca compreender como as reformas educacionais em curso, no âmbito da inserção dos jovens no Ensino Médio, afetam de forma particular a juventude/juventudes, através do que caracterizamos como sociedade do cansaço, a partir do livro de mesmo título de Chul Han. É com esse objetivo que apresentaremos as aproximações teóricas sobre o tema, excertos de uma pesquisa na qual buscamos descrever e analisar as narrativas de jovens que cursam o Ensino Médio Integrado. Nas considerações, apresentamos que na atual conjuntura das reformas educacionais no mundo capitalista, em que as atividades humanas são convertidas em mercadorias, o excesso de atividades que se impõe aos jovens no Ensino Médio, incluindo a lógica da aprendizagem e das avaliações, da pressão cada vez maior por desempenho e performance, caracterizam a sociedade do cansaço. Essa sociedade se impõe ao jovem estudante do Ensino Médio que precisa arcar com o superdesempenho, superprodução e supercomunicação e ao mesmo tempo viver sua juventude. Refletir sobre esse tema é urgente para desmontar as armadilhas das reformas educacionais que afetam o Ensino Médio e enfatizam a exacerbação dessa sociedade em detrimento da formação do sujeito integral.

Palavras-chave: Reformas Educacionais; Sociedade do Cansaço; Ensino Médio; Juventudes.

YOUNG PEOPLE IN INTEGRATED EDUCATION AND THE SOCIETY OF TIRED: REFLECTIONS NECESSARY FOR THE FORMATION OF INTEGRAL SUBJECTS

Abstract: The purpose of this article is to present the theoretical part of a research under development that seeks to understand how the educational reforms underway, in the context of the insertion of young people in high school, particularly affect youth

/ youth, through what we characterize as tiredness society, from the book of the same title by Chul Han. It is for this purpose that we present beyond theoretical approaches on the subject, excerpts from a research in which we seek to describe and analyze the narratives of young people who attend Integrated High School. In the considerations, we present that in the current conjuncture of educational reforms in the capitalist world, in which human activities are converted into commodities, the excess of activities imposed on young people in high school, including the logic of learning and evaluations, the pressure each performance and performance, characterize the society of tiredness. This society imposes itself on the young high school student who must cope with overperformance, overproduction, and overcommunication while living his youth. Reflecting on this theme is urgent to dismantle the pitfalls of educational reforms that affect high school and emphasize the exacerbation of this society to the detriment of the formation of the integral subject.

Keywords: Educational Reforms; Tiredness Society; High school; Youths

1.INTRODUÇÃO

Partimos do pressuposto que o capital necessita expandir-se apesar e em detrimento das condições necessárias para a vida humana, “levando aos desastres ecológicos e ao desemprego crônico, isto é, à destruição das condições básicas para a reprodução do metabolismo social” (MÉSZÁROS, 1998, p. 152). O capital parece haver alcançado seus limites geográficos e o movimento atual consiste em converter todas as atividades humanas e a natureza em mercadorias e reger as relações sociais pelas regras do mercado, incluindo a educação.

O filósofo sul-coreano Byung Chul Han(2015) caracterizou a sociedade que emergiu das mudanças efetuadas pelo capitalismo global a partir da implementação do neoliberalismo nos anos 80 como uma sociedade do cansaço – título, aliás, de livro seu que se tornou um best-seller em vários países, incluindo o Brasil. Han, entre uma gama de autores, procurou definir traços que marcavam a produção das subjetividades dentro dessa nova configuração de mundo e relações sociais do neoliberalismo. Um dos traços fundamentais dessa transformação, extremamente rápida, veloz e profunda (se tomarmos os meados dos anos 80, com as políticas de Reagan e Thatcher como marcos iniciais dessa transformação, temos um período de 30 a 35 anos) é aquilo que se denomina de passagem de uma sociedade disciplinar para um sociedade do desempenho.

O propósito de nossa pesquisa é verificar os modos e padrões através dos quais a escola, e particularmente, o ensino médio e seus sujeitos principais, alunos, mas também os professores e técnicos vivenciam esses processos.

Um dos pressupostos desse trabalho é a percepção de que justamente essa instituição, a escola, é a mais fundamental de todas na determinação de futuros possíveis. Não por acaso, portanto, diferentes sujeitos na esfera pública buscam desqualificar esse espaço, a escola, e sua história dentro da sociedade, historicidade geralmente enraizada na percepção dela como um bem público, afirmando seu atraso, incompetência e incapacidade diante do mundo presente e futuro. A escola seria assim, hoje, alvo prioritário dos ataques de políticas neoliberais, em busca da privatização e da regulação dessa instituição como algo a ser regido pelo mercado. Na verdade, os efeitos do mercado sobre a educação e a escola já são bastante comensuráveis e perversos. Como afirma o filósofo Franco Berardi(2019), em um livro notável, Depois do futuro

a escola e a universidade são cada vez menos destinadas à formação de pessoas livres e cada vez mais à produção de **terminais humanos compatíveis com o circuito produtivo**. A finalidade cada vez mais explícita da formação é o que torna os seres humanos dependentes do processo de produção de valor. A interface fluida com a máquina produtiva requer uma remoção das arestas (diferenças culturais, históricas, estéticas). Mas igualmente importante no processo de reformatação é o ciclo farmacológico. **A mutação comporta patologias, sofrimento, desvios da comunicação e desconforto existencial**. O sistema nervoso é submetido a um estresse sem precedentes e isso provoca **patologias** da atenção, da imaginação, da memória e da emoção **que tendem a assumir caráter epidêmico**. (BERARDI,2019, p. 112, grifos nossos)

Na condição de professores, testemunhando no cotidiano da prática e convivência no espaço escolar a progressiva manifestação do quadro apontado por Berardi(2019), a pesquisa que iniciamos é fruto da necessidade de refletir sobre essa configuração, e construir dados que possam colaborar para mais análises, diagnósticos e propostas. Desconfiamos que como quase tudo hoje no mundo, a escola é uma instituição que sofre de algumas patologias. Em outras palavras, uma instituição que está doente. O perverso nisso tudo é uma poderosa voz na sociedade que sob o pretexto de tirar essa instituição do seu “atraso” e crise oferece

como remédio o que, no fundo, é veneno. A voz do mercado não quer sujeitos livres e sim terminais humanos compatíveis com o circuito produtivo. De acordo com Han, a formação dos sujeitos sob a égide do neoliberalismo consiste em “oferecer” a liberdade como uma forma de coação. Uma fórmula que sintetiza essa ideia é a de que cada indivíduo é empresário de si próprio. A grande questão da pesquisa é, assim, analisar e perscrutar sob que formas essa ideologia de cada sujeito como empresário de si se implanta na escola. O que constatamos na vivência cotidiana é o grande registro de patologias e quadros de perturbação da saúde de adolescentes, aquilo que Han denomina de as patologias neuronais da sociedade do cansaço, stress, angústia, depressão, quadros de ansiedade. Todos esses levando em casos extremos a tentativas de suicídio. Esse é um fato da sociedade atual, um dado incontornável que não pode mais ser não-visto: o suicídio passou a ser uma das principais causas de mortalidade na adolescência e juventude! Há alguma coisa profundamente errada com o mundo criado nas últimas décadas. Este artigo irá apresentar os referenciais iniciais utilizados na pesquisa “Os jovens do ensino médio integrado e a sociedade do cansaço”. Nessa fase exploratória da pesquisa não apresentaremos dados conclusivos, mas parte de um esforço teórico-metodológico de aproximar diferentes autores a um tema comum.

2. DESAFIOS DA EDUCAÇÃO E OS NOVOS SUJEITOS: O GESTOR DE SI

Na sua forma contemporânea, o capitalismo exerce o controle através do uso da noção de liberdade. Nos autoexploramos, e achamos que estamos nos realizando. A examinar, na pesquisa, as formas pelas quais a escola reproduz isso em seu contexto. Quais os efeitos desse modo de ser sobre os alunos jovens? Uma das hipóteses é a de que a ênfase na aprendizagem, emblematicamente disseminada pelo *slogam* “aprender a aprender”, seria uma das formas através das quais se infiltraria essa ideologia do sucesso e desempenho na escola. Como afirma Silvio Carneiro

com a “ideologia da aprendizagem”, perde-se um caráter importante da vida escolar, contido na polaridade do “ensino”, fundamental para que a educação seja educação e, por consequência, para que a escola seja escola. Pois, com a aprendizagem, reforçam-se as

metas e o desempenho dirigidos diretamente ao indivíduo em processo de aprender.

(...) Reduzida à dimensão do aprender, a educação deixa de ser abertura e passa a ser a repetição dos roteiros avaliados – nada mais contrário ao educar.” (CARNEIRO, 2019, p. 45-46)

Os partidários dessa visão, sintetizada no “mantra” “aprender a aprender” o apresentam como uma verdade indiscutível, como fruto de uma visão técnica, imparcial, fruto de um conhecimento objetivo, que estaria acima de ideologias. Ele seria uma espécie de dispositivo que capacitaria ao aluno enfrentar com sucesso o mundo. Portanto, o insucesso recairia sempre e exclusivamente sobre a incapacidade do indivíduo particular, confirmando assim uma das teses de Han, a de que quem fracassa na sociedade neoliberal de rendimento se faz a si mesmo responsável e se envergonha, em lugar de colocar em dúvida a sociedade ou o sistema(HAN,2015). De acordo com o autor, essa seria uma das configurações, perversas, da ideologia neoliberal, o sujeito dirige sua agressão para si mesmo. O explorado não se torna um potencial revolucionário, mas um depressivo.

Se os defensores de uma visão da educação como uma métrica de eficiência se colocam fora do debate público, defendendo sua posição com uma simples desconstituição daqueles que contestam sua visão (pois estes últimos, automaticamente, ao não partilharem sua visão se mostrariam como atrasados, em defasagem com as mudanças de paradigmas, processos do mundo da produção), nossa pesquisa se afigura como um meio de, através de dados, a partir dos alunos, mostrar que essa visão é contraditória com aquilo mesmo que ela quer afirmar, o estabelecimento de um ser humano livre e integro, capaz de estar à altura dos desafios de um mundo em mutação, um mundo desafiador.

A absolutização da aprendizagem, da aprendizagem contínua, infinita não seria assim a inoculação dirigida e calculada dos ordenamentos neoliberais no espaço crucial e fundamental de determinação política da sociedade que é a escola? A ideia reguladora nessa configuração neoliberal é justamente a de estímulos infinitos. Como isso funciona na mente de jovens?

bell hooks¹ (2019), professora negra, com obras no campo da educação, do feminismo e da luta contra a discriminação racial, defende uma educação que tenha

¹ A autora se autodenomina “bell hooks”, com letra minúscula. Utilizaremos a mesma denominação.

como eixo constituinte a ideia de cura e integridade. Além de afirmar que a conversa é o centro pedagógico em uma educação democrática, hooks reitera que o falar e escutar constituem o modo pela qual os estudantes percebem que há tempos diversos para a aprendizagem e que “o conhecimento pode ser compartilhado em diversos modos de discurso.” (hooks, 2019, p. 202)

bell hooks, no artigo referido, relata caso de estudantes brilhantes que buscavam um modelo de educação ligado à liberdade e senso de comunidade e que se frustravam e, em muitos casos, desistiam ou abandonavam a formação superior “porque as faculdades e universidades são estruturadas de forma que desumanizam, que os levam para longe do espírito de comunidade no qual eles desejam viver” (hooks, 2019, p. 206). Ela fala de estudantes que não querem ser educados para se transformar em opressores. Alunos que largam a faculdade faltando uma disciplina ou semestre, porque não encontraram espaços para seus ideais. Como ela diz:

A educação competitiva raramente funciona para estudantes que foram socializados para valorizar o trabalho para o bem da comunidade. Isso os rasga ao meio, despedaça-os. Eles experimentam graus de desconexão e de fragmentação que destroem todo o prazer do aprendizado. (hooks, 2019, p. 206)

Tradicionalmente, o ensino médio escapava ainda a essa lógica, ainda se deixava constituir como um espaço e período em que justamente por existir da forma como existia permitia uma socialização de experiências entre os adolescentes. Hoje, a lógica da competitividade, da diferenciação competitiva nesse estágio de vida parece estar desconfigurando um espaço social do qual a escola era depositária.

E essa transformação se dá justamente em um momento em que mais seria preciso reforçar as redes de solidariedade, convivência, diálogo e capacidade de interrogar o mundo. Pois justamente esse mundo que “entregamos” como adultos aos jovens se caracteriza por perda de sua identidade, crise política, crise ecológica, desordem social, impasses e falta de legitimidade. Como é possível restringir nosso trabalho à formação de competências técnicas em um mundo desconfigurado por crises e conflitos de toda ordem? Tememos em ter que escrever uma palavra cujo peso é muito grande, mas mesmo que, de forma passiva, se for o caso, a responsabilidade não deixa de ser nossa: não estaríamos correndo o risco de

estarmos sendo exigentes demais? Em um mundo que nós mesmos não compreendemos, agimos como se tudo estivesse em ordem, pressupondo que nossos alunos estão ali, a postos para assumir seus lugares nesse mundo. Não cultivamos a liberdade real, do encontro e da descoberta, passando a reproduzir a lógica infernal, de competitividade, desempenho, eficiência. Uma das formas insidiosas com que essa maneira de reprodução do capital entra nas escolas é a lógica da eleição individual. Não é perverso impor, sob o manto de liberdade, que o aluno escolha aquilo que quer aprender? Essa é a face atual do capitalismo e que ele ostenta com tanto orgulho: tudo permite tudo, empodera o consumidor, no caso, o aluno... Elege o que queres, o que queres ver, comer, com quem queres namorar, há todas as opções, para todos os gostos, dito de forma mais precisa, consuma! Uma escola em que o aluno tem a liberdade (obrigação) de escolher o que quer estudar seria o espaço derradeiro de reprodução do capital, na única e totalitária forma com que ele se apresenta no mundo hoje: consumo.

Em outras palavras, Dardot e Laval (2016) apresentam que quando o sujeito é mestre de suas escolhas, ele é também responsável por aquilo que lhe acontece. O novo sujeito que emerge é visto como proprietário de capital humano, capital que ele precisa acumular por suas escolhas e os resultados obtidos na vida são frutos das suas decisões e esforços que dependem apenas de si. “Ser empreendedor de si mesmo significa ser um ótimo instrumento do seu próprio sucesso social e profissional ” (*idem*,p.350), ou mesmo do seu fracasso. Cada sujeito torna-se um gestor de si mesmo. Esse modelo de ser e estar no mundo entra na escola, especialmente no ensino médio, fazendo com que se torne o perfil desejado de estudante: o estudante empreendedor, o estudante gestor, o estudante máximo.

Han apresenta uma proposta de combate a essa dissociação movida pelo capital e que muito se relaciona com aquilo que é e deveria ser a escola como espaço de encontro. Ele propõe um retorno à imanência, ao prazer de estar junto por estar junto, de fazer as coisas, de conviver, retomando uma ideia clássica dos gregos, a de que a liberdade não é algo individual, mas antes algo coletivo. Han nos diz que devemos cultivar nossas comunidades locais, fazer coisas que nos conectem uns aos outros. Essa imanência do encontro, com o outro e consigo mesmo, é a possibilidade real de nos mantermos íntegros e saudáveis. De acordo

com Han, a sociedade do cansaço é uma sociedade surda. Precisamos desenvolver uma sociedade de ouvintes, em que cada um tenha tempo para o outro, já que este tempo do encontro não está sujeito à lógica do desempenho e eficiência. Ao invés de vida em disputa e sociedade de rendimento, vida comunitária. Portanto, é imprescindível pensar essa condição no Ensino Médio, já que é neste nível de ensino que está a maioria da juventude brasileira.

A chegada de grande maioria dos jovens (de todas as classes) no Ensino Médio e no Ensino Médio integrado à Educação Profissional, requer cada vez mais uma formação humana integral e integrada para enfrentar 'a sociedade do cansaço'. Diante disso, é fundamental compreender a amplitude da tarefa formativa nesse momento da vida dos jovens e, principalmente, dos sujeitos jovens que muito têm a dizer de si, dos seus sonhos, dos seus projetos, dos seus saberes.

Mas porque o jovem não é levado a sério? Dayrel e Carrano(2014) contribuem dizendo que, "é uma tendência da escola não considerar o jovem como interlocutor válido na hora da tomada de decisões importantes para a instituição" (*idem*, p.106). Muitas vezes, ele não é chamado para emitir opiniões e interferir até mesmo nas questões que dizem respeito a ele, diretamente. Muitas vezes a escola enxerga o jovem pela ótica dos problemas, mas isto é reduzir a complexidade desse momento da vida (Dayrel; Carrano, 2014, p.107). É preciso cuidado para não transformar a juventude em idade problemática, confundindo-a com as dificuldades escolares, de vida e de mundo que possam afligi-la. É preciso dizer que muitos dos problemas que consideramos próprios dessa fase, não foram produzidos pelos jovens. Esses já existiam antes mesmo de o indivíduo chegar à juventude.

3. CONSIDERAÇÕES SOBRE A SOCIEDADE DO DESEMPENHO OU DO CANSAÇO E A PERCEPÇÃO DOS JOVENS

A liberdade é usada dentro da sociedade de desempenho para o sujeito explorar a si mesmo, sem dar-se conta disso, uma vez que tudo é feito sob o paradigma da realização de si mesmo, emblematicamente sintetizado na fórmula de que cada um é empresário de si mesmo.

Não somos mais sujeitos da obediência, mas da performance. Daí a ideia do título, sociedade do cansaço. Como produto da pressão por desempenho. Em outras

palavras, uma sociedade de desempenho é uma sociedade de esgotamento, de falências psíquicas, neuronais, uma sociedade marcada por toda espécie de síndromes ligadas aquilo que se refere ao equilíbrio psíquico do sujeito.

A sociedade do cansaço é a sociedade da atividade sem fim, no duplo sentido de interminável e destituída de sentido. Uma sociedade da superestimulação, do bombardeamento ininterrupto de informação e da pressão cada vez maior por desempenho e performance. Uma sociedade em que a produtividade se torna signo da própria existência. Para Han, o cansaço de si mesmo culmina numa autoexploração do indivíduo, que se entrega ao excesso de trabalho munido de um sentimento de liberdade. É uma fadiga surgida do excesso de desempenho e produtividade que, por sua vez, tira do indivíduo a capacidade de fazer novas coisas. Diante do cenário de incertezas, talvez caiba a denúncia de que o direito não seja mais um instrumento a serviço da alienação, objetificação e da instrumentalização dos sujeitos. É nesse contexto que se insere a estratégia de mercantilização da escola, com parâmetros da eficiência empresarial e exigência de resultados mensuráveis e imediatistas.

A crescente expansão do paradigma de desempenho escolar vem determinando a sobrecarga horária, a oferta de múltiplas atividades e fontes de informação, o desenvolvimento de competências para o mercado, a redução de investimentos e a verticalização nas decisões, produzindo conflitos éticos e elevados níveis de estresse, tanto nos docentes quanto nos alunos (Oliveira, 2018, s/p).

A centralidade das recentes discussões é o deslocamento do foco da educação como processo mais amplo para a aprendizagem cuja materialização se expressa por meio de uma relação que subjuga o currículo à lógica da avaliação por desempenho subordinando a educação aos interesses das relações de produção capitalistas, bem como a ampliação da formação para o mercado de trabalho e do consumo, colocando a educação, a escola, os professores e estudantes a serviço do mercado como um produto.

Com as mudanças propostas pelas reformas em curso, especialmente a Reforma do Ensino Médio altera-se substantivamente o conteúdo da educação básica cujo foco passa a ser a aprendizagem ao longo da vida. Essa aprendizagem é medida pela avaliação das competências. As competências devem ser

desenvolvidas para que o estudante/trabalhador se torne apto e adaptado às novas mudanças exigidas pela chamada Educação para o século 21. Esse trabalhador de um novo tipo deve exercer, de modo competente e eficaz, um papel na atividade econômica do país.

Para Freres e Rabelo, (2015, p.66) o fundamental é colocar-se na condição de eterno aprendiz, já que, no mundo em que muitas mercadorias se tornam obsoletas, o conhecimento também se torna obsoleto, necessitando atualização constante para acompanhar os avanços cada vez mais rápidos que ditam o ritmo do trabalho e da vida na sociedade atual. A necessidade de atualizar-se constantemente é imposta e o estudante/trabalhador é chamado a aprender sempre, porque o mundo está sempre mudando, e o mundo do trabalho acompanha essas mudanças.

O resultado disso tudo é nítido com a crescente medicalização da existência, com os colapsos psíquicos causados pelo esgotamento e pela percepção ainda que tardia de que se levou uma vida de quase máquina. Dardot e Laval (2016, p.366) sobre a depressão que assola a sociedade, apresentam que “a depressão é na verdade, o outro lado do desempenho, uma resposta do sujeito a injunção de se realizar e ser responsável por si mesmo, de se superar cada vez mais na aventura empresarial.” O sujeito não aguenta a concorrência pela qual pode entrar em contato com os outros; ou se responsabiliza, por não estar à altura dos desafios impostos pelo curso e/ou pela escola. Portanto, esse é o grande desafio da escola de Ensino Médio, no qual temos mais perguntas do que respostas nesse momento.

Uma das questões que se coloca no estudo é o que aponta a formação do sujeito na sua integralidade e não apenas para os conteúdos escolares, ou para as avaliações. Defende-se uma educação que forma para a cidadania no sentido de formação ampliada do homem, tendo como objetivo sua atuação para uma sociedade democrática. Para que isso ocorra, faz-se necessário que os envolvidos no processo educativo percebam-se como sujeitos e não expectadores do processo, em que a autonomia possa ser exercida com sua real finalidade, ou seja, elaboração conjunta de práticas educacionais que visem a melhores condições para uma formação de qualidade da juventude.

Nesse sentido, é necessário fortalecer um discurso que faça “florescer a consciência crítica, não a idealista, mas a resultante das injunções histórico-sociais,

fundada nas relações concretas” (MORAIS, 1991, p. 45). É na escola que estão os protagonistas de extrema importância: o professor e o estudante, sujeitos cheios de vida, sonhos, desejos, sentimentos, crenças, valores, princípios, conhecimentos e experiências. Esse lugar é um espaço/tempo de relacionamentos, o qual precisa ser o mais saudável possível. Além disso, esse ambiente precisa ser acolhedor e seguro para ambos, pois dessa maneira as relações acontecem de forma significativa para todos. Estabelecer vínculos afetivos e uma relação de confiança entre esses sujeitos, tornando esse ambiente um lugar de que se deseja fazer parte, é primordial para superar a sociedade do cansaço proposta por Han.

4. CONSIDERAÇÕES

Ao concluirmos esse estudo, percebemos que o capital alcançou seu limite e está disposto a destruir a tudo e a todos para sua expansão. O capital parece haver alcançado seus limites geográficos e o movimento atual consiste em converter todas as atividades humanas e a natureza em mercadorias e pretende reger as relações sociais pelas regras do mercado, incluindo a educação.

Nesse contexto a sociedade que emerge das mudanças do capitalismo global, é caracterizada como uma sociedade do cansaço. A sociedade do cansaço tal como caracterizada nesse artigo, é aquela que atinge uma significativa parcela da população, entre elas, a juventude que está cursando o Ensino Médio. Essa sociedade por ser caracterizada pelo desempenho e multitarefa começa a tomar conta da vida dos estudantes. Isso é apreendido pelos jovens estudantes desde muito cedo como por exemplo, além do denso horário escolar, a pressão dos pais e professores pelo desempenho, as aulas em turno inverso, com vistas a um melhor preparo e uma melhor formação para o sucesso. Também a sujeição as multitarefas torna-se adjetivo para definir a pró-atividade. Ser proativo constitui-se alternativa para fazer o próprio homem sentir-se útil e eficiente na exploração de si mesmo, pois o valor do estudo e trabalho reside na capacidade de executar múltiplas funções, a qualquer tempo e com a menor quantidade de recursos possível. Ademais destacamos que os avanços tecnológicos e das redes sociais transformaram radicalmente as relações humanas e afetivas dos sujeitos consigo mesmo e com os outros.

Na atual conjuntura das reformas educacionais no mundo capitalista, em que as atividades humanas são convertidas em mercadorias, o excesso de atividades que se impõe aos jovens no Ensino Médio, incluindo a lógica da aprendizagem e das avaliações, da pressão cada vez maior por desempenho e performance, caracterizam a sociedade do cansaço, permitindo o adoecimento precoce dos jovens, em especial a depressão que pode levar a outras doenças. Essa sociedade se impõe ao jovem estudante do Ensino Médio que precisa arcar com o superdesempenho, superprodução e supercomunicação e ao mesmo tempo viver sua juventude.

Embora esse estudo não seja conclusivo, podemos já inferir que a sociedade que vivemos hoje é uma sociedade de sujeitos cansados.

REFERÊNCIAS

BERARDI. Franco; **Depois do futuro**. Tradução de Regina Silva. São Paulo: Ubu Editora, 2019.

CARNEIRO. Silvio; Vivendo ou aprendendo... A “ideologia da aprendizagem” contra a vida escolar. *In*: CÂSSIO. Fernando (org.) **Educação contra a barbárie**: por escolas democráticas e pela liberdade de ensinar. São Paulo: Boitempo editorial, 2019.

DARDOT. Pierre; LAVAL, Christian. **A nova razão do mundo: ensaio sobre a sociedade neoliberal**. Tradução Mariana Echalar. 1ª edição. São Paulo: Boitempo, 2016

DAYREL. Juarez; CARRANO. Paulo; MAIA. Carla Linhares(orgs). **Juventude e ensino médio**: sujeitos e currículos em diálogo. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

DAYREL. Juarez; CARRANO. Paulo. Juventude e ensino médio: quem é este aluno que chega à escola. *In*: DAYREL. Juarez; CARRANO. Paulo; MAIA. Carla Linhares(orgs). **Juventude e ensino médio**: sujeitos e currículos em diálogo. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.

FRERES, Helena; RABELO Jackline. Educação, Desenvolvimento e empregabilidade: o receituário empresarial para a educação no Brasil. p.59-85. *In* RABELO,J; JIMENEZ,S; SEGUNDO,M.D.M(Orgs). **O movimento de educação para todos e a crítica marxista**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2015.

HAN, Byung-Chul. **Sociedade do cansaço**. Tradução de Enio Paulo Giachini. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.

hooks. bell; Educação democrática. *In*: CÁSSIO. Fernando (org.) **Educação contra a barbárie**: por escolas democráticas e pela liberdade de ensinar. São Paulo: Boitempo editorial, 2019.

MORAIS, Regis de org. **Sala de aula: que espaço é esse?** 5. ed. Campinas, SP: Papirus, 1991.

OLIVEIRA . Carmen Silveira de. **A sociedade do cansaço e a desfeminização da escola**. Jornal Extra-classe. Sinpro-RS. Disponível em <https://www.extraclasse.org.br/opiniao/colunistas/2018/08/a-sociedade-do-cansaco-e-a-desfeminizacao-da-escola/> . Acesso em 10 de ago de 2019.

ADAPTAÇÃO DE TEXTOS LITERÁRIOS PARA PESSOAS COM DEFICIÊNCIA INTELECTUAL

Pires, V. O. D.¹

Cardozo, J. V.²

¹ *Doutora em Linguística Aplicada, Vanessa de Oliveira Dagostim Pires, IFSUL (Instituto Federal Sul-rio-grandense), vanessapires@sapucaia.ifsul.edu.br.*

² *Graduanda em Educação Especial, Jessica Viganico Cardozo, IFSUL (Instituto Federal Sul-rio-grandense), jessicacardozo1710@gmail.com.*

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo:

O presente projeto apresenta o trabalho de adaptação de textos literários para pessoas com deficiência intelectual, realizado no Laboratório Sala de Recursos essas Multifuncionais do Campus Sapucaia do Sul do IFSUL. A adaptação de textos literários para pessoas com deficiência intelectual tem o objetivo de tornar o texto mais legível para pessoas, levando em conta a importância de que elas sejam incluídas em práticas de ensino e culturais. O processo de adaptação deve levar em conta o objetivo do docente na atividade de leitura e as características da deficiência intelectual, possibilitando que o ato da leitura seja possível. Devido à falta de pesquisas na área, as autoras apresentam a metodologia criada pelo grupo para a adaptação das obras, como manutenção do gênero textual original, utilização de vocabulário mais simples, redução do tamanho do texto, uso de elementos que facilitem a identificação de personagens, lugares ou datas, quando estes forem relevantes e em grande número (como destaques, cores, figuras), manutenção do narrador, organização do texto em ordem cronológica, entre outros. Como exemplificação, serão apresentadas as etapas de adaptação da obra “O Continente I”, de Erico Veríssimo. Através deste projeto, buscamos contribuir de forma consistente na educação de pessoas com deficiência intelectual no ensino médio e profissionalizante, sobretudo no ensino de línguas e nas pesquisas linguísticas sobre o processo de este público.

Palavras-chave: adaptação literária; letramento; educação inclusiva; deficiência intelectual.

Abstract:

This project presents the work of adapting literary texts for people with intellectual disabilities, carried out at the Resources Laboratory, multifunctional of IFSUL Sapucaia do Sul Campus. An adaptation of literary texts for people with intellectual deficiency or the goal of making the text more readable to people, taking into account the importance of including them in teaching and cultural practices. The adaptation process should take into account the purpose of the reading activity document and

the intellectual deficiency resources, enabling the reading act to be possible. Reduce the lack of research in the area, such as authors presenting a group-created method for adapting works, such as maintaining the original textual genre, using the simplest vocabulary, reducing text size, using items that make character identification easier, places or data, when these relevant and important main items (such as highlights, nuclei, figures), narrator maintenance, text organization in chronological order, among others. As an example, the stages of adaptation of the work “The Continent I”, by Erico Veríssimo will be selected. Through this project, we seek to contribute consistently in the education of people with intellectual deficiency in high school and vocational education, especially in language teaching and language research on the process of this audience.

Keywords: literary adaptation; literacy; inclusive education; intellectual deficiency.

1 INTRODUÇÃO

O presente projeto de pesquisa busca contribuir de forma consistente na educação de pessoas com deficiência intelectual no ensino médio e profissionalizante, sobretudo no ensino de línguas e nas pesquisas linguísticas sobre o processo de letramento das pessoas com deficiência intelectual. Nossa instituição segue uma tendência mundial de diversos setores em busca de incluir na sociedade grupos que antes estavam excluídos, que não tinham acesso ao mercado de trabalho, à educação básica, à saúde pública, às tecnologias digitais, à cultura e aos bens de consumo. Tais movimentos, aos quais não estamos imunes, são incentivados, em grande parte, pelo crescimento econômico do país, que precisa se sustentar, aumentando a mão de obra qualificada e o mercado consumidor e fomentando a criação de uma sociedade inclusiva. Nas palavras de Ratska (2001) (1):

“Sociedade inclusiva é uma sociedade para todos, independente de sexo, idade, religião, origem étnica, raça, orientação sexual ou deficiência; uma sociedade não apenas aberta e acessível a todos os grupos, mas que estimula a participação; uma sociedade que acolhe e aprecia a diversidade da experiência humana; uma sociedade cuja meta principal é oferecer oportunidades iguais para todos realizarem seu potencial humano.” (RATSKA, 2001, s/p.)

Considerando a enorme lacuna de falta de profissionais qualificados e de políticas públicas para a educação de inclusiva, especialmente no ensino médio e técnico, o trabalho agora proposto adquire importância não só pela temática tratada, como, sobretudo, pela procura de alternativas pedagógicas viáveis para a concretização do ensino e da aprendizagem de língua portuguesa para alunos com deficiência intelectual no ensino médio e profissionalizante, que têm, no desenvolvimento do letramento na língua materna o principal canal para o desenvolvimento acadêmico, profissional e cidadão.

Segundo a definição da Associação Americana de Deficiência Intelectual e Desenvolvimento, deficiência intelectual é a

“Incapacidade caracterizada por limitações significativas tanto no funcionamento intelectual (raciocínio, aprendizagem, resolução de problemas) como no comportamento adaptativo, abrangendo habilidades sociais, cotidianas e práticas e originando-se antes dos 18 anos de idade.” (AAIDD, 2010) (2).

Sob uma perspectiva sócio-histórica da educação, consideramos a deficiência intelectual como uma das manifestações possíveis do desenvolvimento humano, que vê o sujeito com deficiência como agente da sua própria história e aposta nas possibilidades e potencialidades e não nas limitações e impossibilidades. No atual estado-da-arte sobre a temática, encontramos diversos pesquisadores que têm se dedicado ao estudo da educação de sujeitos com deficiência intelectual (GRILLO, 2007 ⁽³⁾; PLETSCHE, 2009 ⁽⁴⁾), no entanto, a maioria destes estudos se volta à alfabetização ou ensino nos níveis da educação infantil e primeiras séries da educação básica. Carecemos de pesquisas que apontem para o avanço dos estudos desses estudantes, pensando em uma formação continuada no ensino médio e/ou profissionalizante, quando os desafios de compreensão leitora e de produção de textos aumentam.

Diante desses dados, e do aumento de estudantes com deficiência intelectual que têm chegado ao nosso campus, movimento impulsionado principalmente pela Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSU, uma pesquisa sobre letramento destes alunos se faz urgente e necessária, e a adaptação de textos literários em práticas educativas pode ser um caminho não apenas no desenvolvimento do letramento desses estudantes, quanto uma ferramenta de autonomia e acesso à cultura.

O objetivo geral de nosso projeto é compreender como se dá o processo de letramento em língua materna de pessoas com deficiência intelectual no ensino médio e técnico, pensando em estratégias de ensino e de elaboração de materiais de leitura acessíveis a eles, através da adaptação de textos literários.

Tornar textos literários acessíveis a pessoas com DI é permitir-lhes a construção de um letramento literário autônomo. “Letramento” é um termo da língua portuguesa do Brasil, enquanto no português europeu usa-se “literacia”. Ambos são provenientes da palavra inglesa “*literacy*”, como bem lembra Soares (2010) ⁽⁵⁾. Neste estudo, adotaremos prioritariamente o termo “letramento”; o termo “literacia” será usado quando citarmos as publicações de Portugal. Soares (1998, p. 20) ⁽⁵⁾ define letramento da seguinte maneira:

Letramento não é pura e simplesmente um conjunto de habilidades individuais; é o conjunto de práticas sociais ligadas à leitura e à escrita em que os indivíduos se envolvem em seu contexto social.

Neste conceito de letramento, não apenas a escola, mas todas as atividades sociais que os indivíduos desenvolvem em suas vidas, usando a língua, influenciam e constroem o(s) letramento(s) do mesmo. Rojo (2009) ⁽⁶⁾ explica que o termo letramento começou a ser adotado para diferenciar os estudos sobre o impacto social da escrita dos estudos sobre a alfabetização como competência individual. Letramento também é um conceito diferente do conceito de alfabetismo (ou alfabetismo funcional), que surgiu nos Estados Unidos na década de 1930, durante a Segunda Guerra, para indicar a capacidade dos soldados de entender instruções necessárias para a realização de tarefas militares (RIBEIRO, 1997 apud ROJO, 2009) ⁽⁶⁾. Assim, compreende-se que o conceito de letramento e alfabetismo não são sinônimos, mas possuem uma relação, nem sempre obrigatória. Embora possamos afirmar que “as práticas sociais de letramento que exercemos nos diferentes contextos de nossas vidas vão constituindo nossos níveis de alfabetismo ou de

desenvolvimento de leitura e de escrita” (ROJO, 2009, p.98) ⁽⁶⁾, encontramos exemplos de indivíduos não escolarizados, mas que participam de práticas de letramento, como por exemplo, crianças que ainda não são alfabetizadas, mas sabem narrar um conto de fadas, ou um pequeno comerciante que frequentou apenas as primeiras séries escolares, mas sabe realizar todos os trâmites de compra e venda de seus produtos.

Dentre os diversos tipos de letramento que são desenvolvidos na escola, um dos principais é o letramento literário, que só é possível quando o estudante é capaz de interpretar e relacionar diversos textos relevantes da literatura. Jouve (2012: 136) ⁽⁷⁾ afirma que “a especificidade da obra literária enquanto objeto cultural decorre não apenas da natureza dos conteúdos que ela exprime, mas também da maneira como ela os comunica”, ou seja, o estudo escolar de uma obra literária deve levar em conta tanto sua forma como seu conteúdo. Segundo o autor, “o professor não pode se limitar ao trabalho da interpretação: ele precisa começar tornando acessíveis (fornecendo todas as informações necessárias sobre elas) as obras cuja linguagem se tornou opaca para nós”, ou seja, o papel do ensino do letramento literário não é conduzir o aluno a uma determinada interpretação, mas fornecer o acesso deste à sua própria leitura da obra em estudo.

Diante desta concepção, nos parece justificável o trabalho de adaptação de textos literários para estudantes com deficiências que assim o necessitem, como a surdez, onde muitas vezes a língua oral é a segunda língua do estudante, ou deficiência intelectual, que tem como principais características a dificuldade cognitiva e pouca memorização.

A necessidade de desenvolvimento de métodos e materiais para o ensino de pessoas com deficiência emergem do aumento do número destes no ensino médio e técnico. Em nossa instituição, tal processo é decorrente de uma política educacional que estimula a entrada destes alunos através de várias ações.

A Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSul trata-se de um documento institucional, destinado a orientar ações relacionadas à inclusão e acessibilidade nas áreas de Ensino, Pesquisa e Extensão. Com o objetivo de defender os direitos humanos, relacionado principalmente a questões culturais, socioeconômicas, de gênero, étnico-racial e para pessoa com deficiência, visando um ambiente inclusivo que respeita às diferenças e diversidades.

A política mostra, de forma clara e sucinta a maneira como será assegurado o acesso e permanência de qualquer estudante que deseje estudar no IFSul:

Esta política propõe o acesso e permanência de todos os estudantes através da acessibilidade e os recursos necessários, em todos os cursos oferecidos pelo Instituto, prioritariamente para negros, pardos, indígenas, pessoas com deficiência, pessoas em situação de vulnerabilidade socioeconômica e oriundos de escolas públicas. (Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSul, 2016) ⁽⁸⁾.

Observa-se que, a política de inclusão e acessibilidade trabalha com os princípios de garantir os direitos humanos dentro do ambiente escolar, podendo assim proporcionar para jovens e adultos uma educação pública, laica, gratuita e de qualidade, onde os mesmos terão a liberdade de aprender e se expressar. O documento contempla a legislação atual, relacionado a Pessoas com Deficiência ⁽⁹⁾, através de leis que promovem a acessibilidade, inclusão e autonomia. Além disso o Instituto promove a universalização da educação inclusiva, de acordo com a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva e da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

Para que as pessoas possam ter o acesso oferecido pelo IFSul, é realizado um vestibular, onde é oferecido o Acesso Universal e o Acesso Universal e Reserva de vagas para egressos de Escolas Públicas. É reservado 55% (cinquenta e cinco por cento) das vagas para a Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSul e no mínimo 5% (cinco por cento) das vagas são destinadas para as pessoas com deficiência. Essas vagas somente serão válidas se os candidatos se enquadrarem na classificação apresentada pela Política de Inclusão e estarem de acordo com o conceito de deficiência apresentado na Convenção sobre Direitos das Pessoas com Deficiência.

O Instituto precisa desenvolver ações para que os estudantes permaneçam estudando e, para isso é necessário um apoio acadêmico, acompanhante psicossocial e pedagógico, a adaptação de materiais didáticos e avaliativos, respeitando as especificidades de cada um, assim como o seu potencial.

Conforme a Convenção dos Direitos das Pessoas com Deficiência, oferecer meios acessíveis faz parte de um ambiente inclusivo, portanto a Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSul promover a acessibilidade arquitetônica, comunicacional, metodológica, instrumental e programática. Para que assim, os alunos com alguma necessidade possam ter o acesso adequado nas escolas.

O câmpus Sapucaia do Sul atualmente, através da implementação da Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSul, possui 31 alunos com alguma deficiência, sendo que 15 destes possuem diagnóstico de algum tipo de deficiência intelectual.

O Núcleo de Apoio a Pessoas com Necessidades Específicas (NAPNE) é o responsável por auxiliar a direção do campus em relação à política de inclusão e acessibilidade, através de práticas que produzam uma educação inclusiva. Através do NAPNE o campus oferta um ciclo de formação em Educação Inclusiva, o qual é disponibilizado à comunidade palestras, debates e oficinas com profissionais especializados na área da inclusão de pessoas com deficiência, a fim de provocar e instigar os ouvintes a pensarem a respeito da educação acessível para todos. Além disso, foi criado o Seminário de Educação Inclusiva no Ensino Médio e Técnico (SEDINETC) aberto ao público, onde é compartilhado vivências docentes e acadêmicas a respeito da educação inclusiva. Propondo também que os alunos possam produzir discussões e reflexões sobre o tema, por meio de palestras, apresentações de pôsteres, mesas redondas e comunicações orais.

2 METODOLOGIA

O processo de adaptação de textos literários para pessoas com deficiência intelectual deve levar em conta o objetivo do docente na atividade de leitura e as características da deficiência intelectual, possibilitando que o ato da leitura seja possível. Devido à falta de pesquisas na área, analisamos aqui a metodologia desenvolvida pelo grupo para a adaptação das obras.

O primeiro grupo que está desenvolvendo a adaptação literária para pessoas com deficiência intelectual no Campus Sapucaia do Sul é composto por uma professora de língua portuguesa e literária, uma estagiária de educação especial que atua na Sala de Recursos, e uma monitora de língua portuguesa a literatura. A equipe se reúne e conversa constantemente, seja pessoalmente ou através de mensagens de texto, para discutir sobre o processo de adaptação da obra, compartilhar materiais sobre o tema ou esclarecer dúvidas. Também é importante

ressaltar que todos os textos adaptados são compartilhados em uma pasta on-line de acesso às três integrantes da equipe. Outro ponto positivo é que toda a equipe tem contato constante com os alunos com deficiência intelectual no campus, seja através de acompanhamento na sala de recursos ou nas salas de aula regulares.

Para o devido processo de adaptação dos textos, foram levadas em conta as características que uma pessoa com deficiência intelectual (DI) apresenta, pois normalmente a uma grande dificuldade de aprendizagem e entendimento. Os problemas relacionados à leitura acabam prejudicando o aluno, pois ele tem, dificuldade em entender os sons das palavras, conceitos e, isso faz com que o mesmo tenha dificuldade em entender o sentido do texto. A dificuldade de atenção é de fato percebida, pois em leituras que apresentam textos fora da ordem cronológica o estudante sente-se perdido e acaba tendo dificuldade em acompanhar o texto, sendo que muitas vezes o mesmo acaba até esquecendo.

A partir da percepção das principais dificuldades dos alunos com DI que frequentam o campus, e diante da necessidade da professora de inserir os alunos nas atividades de leitura literária que a turma do segundo semestre do Curso Técnico em Administração concomitante ao Ensino Médio na modalidade PROEJA esta realizando, foi iniciado o atual projeto. A turma foi convidada a ler a obra “O Continente I”, de Erico Veríssimo, o que motivou a equipe a começar a adaptação desta obra literária.

O primeiro passo para a realização desta adaptação foi a pesquisa de trabalhos que versassem sobre uma metodologia que desse conta deste tema, ou seja, da adaptação literária para pessoas com DI. Foram encontrados estudos sobre adaptação literária para outros públicos, e para adaptação de materiais pedagógicos para alunos com DI, mas nenhum estudo que desse conta de nossa demanda foi encontrado em nossas pesquisas em plataformas de periódicos científicos ou em sites de busca. Diante desta realidade, a equipe criou uma metodologia própria, que consideramos ainda recente e em desenvolvimento.

À medida que a o trabalho de adaptação começou a ser feito, a equipe estabeleceu alguns princípios norteadores para o processo, que foram:

- a) manutenção do gênero textual original, para que o estudante tivesse contato com o mesmo gênero que os demais colegas da turma, e para que os objetivos do plano de ensino fossem alcançados;
- b) utilização de vocabulário mais simples, para facilitar a compreensão leitora;
- c) redução do tamanho do texto, tornando o texto mais direto e claro (porém, sem confundir a redução do tamanho com a criação de um resumo sobre a obra);
- d) uso de elementos que facilitem a identificação de personagens, lugares ou datas, quando estes forem relevantes e em grande número (como destaques, cores, figuras);
- e) manutenção do mesmo narrador da obra original;
- f) organização do texto em ordem cronológica;
- g) indicação da voz em todos os diálogos apresentados.

Tais princípios foram se mostrando necessários à medida que o trabalho de adaptação foi realizado, e a equipe foi percebendo a necessidade de seguir os mesmos passos, procurando manter o texto o mais uniforme possível.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para exemplificarmos como se deu o processo de adaptação na prática, reproduzimos abaixo um trecho original do capítulo “O Sobrado II”⁽¹⁰⁾:

“25 de junho de 1895: Madrugada

Um grito atravessa o sono de Rodrigo, que acorda sobressaltado. É a mamãe - pensa ele. O coração começa a bater-lhe acelerado. O medo aumenta-lhe a impressão de frio, e ele sente na boca do estômago medo e fome confundirem-se numa mesma sensação de vazio gelado e náusea. Não tem coragem para abrir os olhos porque sabe que o quarto está às escuras. Com o punhal nas mãos e as mãos apertadas entre as pernas, encolhido e meio trêmulo, ele escuta... Deve estar saindo o filho - imagina. Pobre da mamãe!

— Bio - murmura. Uma pausa. Depois, cochichada bem junto de seu ouvido, a voz do irmão: - Que é?

— Começou...

— O quê? — A mamãe. Escuta... Mas agora de novo está tudo em silêncio.

— Não ouço nada... - sussurra Toribio.

— Ué... Ind'agorinha a mamãe estava gritando...

— Decerto foi sonho.

De novo vem do quarto contíguo um grito agudo, como de alguém que tivesse sido subitamente apunhalado.

— Estás ouvindo? — Estou.

Toribio sente contra as costas as pulsações descompassadas do coração do irmão, e na nuca seu hálito morno e úmido.

— E agora?

Os gritos continuam, cada vez mais fortes e menos espaçados. Rodrigo rompe a chorar em soluços convulsivos.

— Não chora, bobo, não é nada.

— Mas eu tenho pena dela, Bio.

— Tapa os ouvidos.

Rodrigo deixa o punhal apertado entre os joelhos, puxa a cobertura sobre a cabeça e cobre os ouvidos com as mãos.

À porta do quarto de Alice, Laurinda vem apanhar a chaleira d'água quente que Maria Valéria acaba de trazer.

— Agora vossuncê espera lá fora - diz a mulata.

— Não seja boba! Quero ajudar também.

— Mas vossuncê é uma moça solteira!

— Você também é! Sem dizer mais nada Maria Valéria entra no quarto, resoluta, e fecha a porta.

No andar térreo os homens estão em silêncio. Os gritos de Alice, que vêm do andar superior, enchem a casa e parecem deixar o ar mais gelado.

Ninguém ali na sala de jantar tem coragem de proferir a menor palavra.”

Após o processo de adaptação, o trecho acima foi reescrito do seguinte modo:

“Rodrigo acorda ao ouvir os gritos de sua mãe, Alice, que está parindo no quarto ao lado. De tão nervoso, ele sente medo, frio, fome e enjojo. Ele aperta o punhal que tem nas mãos, e se encolhe sobre ele. Ele está no quarto escuro com seu irmão Toríbio, que ele chama de Bio. Rodrigo tem pena pela mãe.

Laurinda e Maria Valéria ajudam Alice durante o parto. Os homens esperam, em silêncio, no andar térreo, ouvindo os gritos de Alice. Há uma tensão no ar.”

Ao adaptar o trecho acima, a autora optou por suprimir os diálogos, como alternativa para reduzir o tamanho do texto. Também optou-se por explicar o apelido de Toríbio e relacionar Alice à mãe dos meninos, dados que estavam implícitos na obra original. Uma informação que pareceu bastante relevante, como a presença do objeto “punhal”, que acompanha toda a narrativa, foi preservada. Como os capítulos foram organizados em ordem cronológica, diferentemente da obra original, não há a necessidade de marcar a data e o período do dia a cada início de capítulo.

Após a adaptação dos textos para os alunos com DI, a professora começou a trabalhar a leitura deles com três alunas que recebem atendimento na Sala de Recursos Multifuncionais no campus, no contraturno. As três são alunas da turma de segundo semestre relatada anteriormente. Destas, duas possuem laudo médico caracterizando-as como pessoas com DI, e a terceira apresenta muitas dificuldades de aprendizagem e compreensão cognitiva em sala de aula. Embora esta não possua nenhum laudo sobre sua condição, a mesma solicitou ser atendida junto às colegas, e assim têm ocorrido.

Durante os atendimentos, primeiramente a professora conversa sobre os conteúdos que a turma têm estudado nas disciplinas de História e Geografia, relacionadas à história do Rio Grande do Sul. Depois, cada aluna recebe uma cópia do capítulo adaptado, e a leitura é feita de forma orientada. As alunas são incentivadas a lerem em voz alta e também a contarem o que tem compreendido em cada trecho. Depois do capítulo lido, a professora elabora algumas perguntas por escrito sobre o texto lido anteriormente, retomando personagens e fatos, para confirmar a compreensão leitora das mesmas e reforçar alguns dados que serão importantes para o prosseguimento da obra. Após esta confirmação, é possível prosseguir a leitura. No início de cada atendimento, se retoma o que já foi lido. Outro material sugerido para as alunas foi o filme “O Tempo e o Vento”, que traz uma releitura da obra completa, de forma bastante clara para complementação da leitura. Outros materiais e métodos também são utilizados, como o globo terrestre e o quadro negro.

O trabalho com a atual obra ainda está em desenvolvimento, mas a professora planeja que nos capítulos finais as alunas tenham mais autonomia para lerem sozinhas os textos.

4 CONCLUSÃO

A relevância do trabalho aqui exposto é urgente, visto que ainda são escassos estudos e materiais didáticos para alunos com DI no ensino médio, já alfabetizados e em processo de letramento. Materiais literários são mais raros ainda,

e muitas vezes o único tipo de texto literário acessível a esta público são as obras infanto-juvenis, que não correspondem à sua realidade e nem ao objetivo da educação de tornar nossos estudantes cidadãos autônomos e plenos em seus direitos e deveres.

O trabalho descrito neste texto é inicial, mas pensa-se que seja de grande importância o exercício de registro e reflexão sobre ele, além de torná-lo acessível a outros pesquisadores, no anseio de que outros pontos de vista colaborem para o amadurecimento deste projeto. Outros caminhos têm surgido a partir deste primeiro objeto de adaptação, como a necessidade de adaptação de outros gêneros textuais, a utilização de outros recursos, como a ilustração, por exemplo. Também é possível perceber que a obra literária adaptada para pessoas com DI possui um potencial de alcançar outros públicos que estão distantes da leitura literária adulta, como pessoas surdas que possuem a língua portuguesa como segunda língua, pessoas com outras deficiências que comprometam a compreensão leitora ou mesmo pessoas com dificuldade de aprendizagem.

Nosso objetivo a longo prazo é a criação de uma biblioteca de textos literários adaptados para pessoas com DI que possam ser acessados por professores e pessoas com este comprometimento, seja como apoio didático ou como um material para uso autônomo, possibilitando acesso à literatura como atividade cultural.

Agradecimentos

Desde já agradecemos a nossos alunos e alunas que têm nos inspirado a construir novos caminhos para a educação de pessoas com deficiência intelectual, nos ensinando que um diagnóstico não é o fim de uma estrada, mas sim o início dela.

REFERÊNCIAS

- 1 RATZKA, A. D. **A história da sociedade inclusiva na Europa**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOCIEDADE INCLUSIVA, 1999, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Anais do Seminário Internacional Sociedade Inclusiva. Belo Horizonte: Puc Minas, 2001.
- 2 ASOCIACION AMERICANA DE DISCAPACIDADES INTELECTUALES Y DEL DESARROLLO (AAIDD). **Discapacidad intelectual, definición, clasificación y sistemas de apoyo**. Undecima Edicion. Espanha: Alianza Editorial, 2010.
- 3 GRILLO, Maria Elisabeth. **Superando Obstáculos: A leitura e a escrita de crianças com deficiência intelectual**. São Paulo: Plexus Editora, 2009.
- 4 PLETSCHE, Márcia Denise. **Repensando a inclusão escolar de pessoas com deficiência mental: diretrizes políticas, currículo e práticas pedagógicas**. 2009. 254 f. Tese (Doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Educação. Programa de Pós-Graduação em Educação. Rio de Janeiro, 2009.

- 5 SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros**. Belo Horizonte: Autêntica, 1998.
- 6 ROJO, Roxane. **Letramentos múltiplos, escola e inclusão social**. São Paulo: Parábola. Editorial, 2009.
- 7 JOUVE, Vincent. **Por que estudar literatura?** Tradutores: Marcos Bagno e Marcos Marcionilo. São Paulo: Parábola, 2012.
- 8 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE. **Política de Inclusão e Acessibilidade do IFSul**. Pelotas: 2016.
- 9 BRASIL. **Lei 13.146 de 6 de Julho de 2015**. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm>. Acesso em: 31 maio 2019.
- 10 VERISSIMO, Erico. **O tempo e o vento, parte I: O Continente 1/ O Continente 2**. 4ª ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

CRIATIVIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: PROCESSOS DE CRITICIDADE GERADORES DE TRANSFORMAÇÃO

Ritter, E.S. Del Z.¹
Eltz, P. T. ²

¹ *Mestranda em Educação Profissional e Tecnológica, Elizandra Sirlei Del Zotto Ritter, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Charqueadas/RS, zandra.ritter@hotmail.com.*

² *Doutora em Diversidade Cultural e Inclusão Social, Patricia Thoma Eltz, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul, patriciaeltz@sapucaia.ifsul.edu.br.*

Resumo

Enfrentamos um momento em que as pseudo-ciências promovem configurações político-sociais que não favorecem uma alfabetização científica importante na construção do conhecimento e sua socialização como fonte de emancipação. Para entendermos a educação profissional e tecnológica como geradora de transformação das relações sociais, precisamos considerar as instituições nas quais o processo formativo se dá como centros de pesquisa. Na perspectiva dos estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no Brasil, movimentamos a discussão sobre as relações que podem ser estabelecidas no mundo contemporâneo entre desenvolvimento humano e desenvolvimento tecnológico, a partir do conceito de criatividade. Como um paradoxo, ela se apresenta a partir de combinações geradoras que acabam por sistematizar o pensamento criativo. Num determinado tempo e espaço, representa a humanidade e suas formas de produção e existência social.

Palavras-chave: Criatividade; Educação profissional e Tecnológica; Estudos CTS.

CREATIVITY IN PROFESSIONAL AND TECHNOLOGICAL EDUCATION: CRITICITY PROCESSES THAT MAKE TRANSFORMATION

Abstract

We face a time when the pseudo-sciences promote political-social configurations that do not favor an important scientific literacy in the construction of knowledge and its socialization as a source of emancipation. In order to understand professional and technological education as a generator of transformation of social relations, we need to consider the institutions in which the formative process takes place as research centers. From the perspective of CTS (Science, Technology and Society) studies in Brazil, we move the discussion about the relationships that can be established in the contemporary world between human development and technological development, based on the concept of creativity. As a paradox, it presents itself from generative combinations that eventually systematize creative thinking. At a given time and space, it represents humanity and its forms of production and social existence.

Key words: Creativity; Vocational and technological education; CTS studies.

1 INTRODUÇÃO

Por que falar em estudo CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) em um alinhamento com uma pesquisa de mestrado que inclui a educação profissional e tecnológica? Porque nunca foi tão pertinente a discussão a respeito da produção de conhecimento científico no âmago de um projeto político social brasileiro que se sustenta em pseudo-ciências. Além disso, os processos tecnocientíficos adquirem valor ao passo em que se tornam relevantes à sociedade.

Na perspectiva do Mestrado Profissional em Educação Profissional e Tecnológica - Profept, movimentado em rede nacional pelos Institutos Federais no Brasil, este estudo perfaz alinhamentos com a pesquisa realizada no Instituto Federal Sul-rio-grandense, intitulada: Movimentos Culturais Juvenis: A revitalização de espaços de convivência como forma de resistência. O objetivo desta discussão permeia o processo formativo na etapa do Ensino Médio, tendo o espaço das instituições como potenciais centros de pesquisa.

Através de uma abordagem qualitativa, fundamentada em referenciais teóricos sobre CTS que englobam tanto os Cadernos de Ibero-América como as pesquisas de Boden (1999) e PINHEIRO, CRUZ (2009) entendemos as relações estabelecidas na contemporaneidade entre desenvolvimento humano e desenvolvimento tecnológico, a partir de processos geradores da criatividade. Esta, por sua vez, tem representação do pensamento criativo, em determinados tempos e contextos, formas de produção e existência social. A primeira parte do texto traz a perspectiva sobre os estudos CTS no Brasil e a relação com a educação profissional e tecnológica, no alinhamento com a pesquisa desenvolvida no Ifsul Sapucaia do Sul. Assim, em outra etapa, movimentamos as discussões sobre criatividade e a formação humana na proporção crítico-criativa em prol de transformações de realidades sociais possíveis.

2 COMPREENDENDO OS ESTUDOS EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE COMO UMATRIÁDE NECESSÁRIA

Apesar de terem iniciado nos EUA e na Europa, os estudos em CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no Brasil, tem ganhado espaço. Isto porque as relações da humanidade com seu espaço natural somente podem ser entendidos através da perspectiva sobre os processos tecnocientíficos que se constituem, os interesses que representam e os valores que corroboram. A Organização de Estados Iberoamericanos (OEI) tem auxiliado na difusão das discussões feitas neste caminho, promovendo a valorização das produções que nos permitem compreendem mais sobre o assunto.

Para além do âmbito acadêmico, os estudos em CTS têm contribuído para a compreensão dos processos sociais como um conjunto derivado do enlace entre ciência e tecnologia. Conforme os Cadernos de Ibero-América (2003), tradicionalmente a tecnologia servia como aparato para efetivarem-se procedimentos das ciências aplicadas. A sociedade, então, faria o uso do produto proveniente da combinação ciência e tecnologia, na ilusória pretensão da inerente melhoria da vida humana.

Sem desconsiderar a configuração de cumplicidade entre o conhecimento científico da realidade e as transformações tecnológicas, atualmente entendemos que os processos se configuram em meio a um contexto social que é responsável pela valoração a partir de sua relevância para a humanidade. Debates sociais acirram-se quando questões de interesse público representam a manutenção da vida humana.

O estilo de política pública incapaz de promover uma alfabetização científica retrata o entendimento de ciência como um processo de compreensão entre teoria e experimentação na perspectiva da compreensão de conjunto a uma parcela pequena da sociedade. Assim, corroboram-se a ideia da ciência como algo distante derivado de um código de racionalidade distante de qualquer interferência externa. No entanto, os estudos em CTS trazem o alinhamento entre a proposição da ciência de acordo com o contexto no qual é desenvolvida. Logo, teorias e métodos de experimentação representam a diversidade cultural proveniente das diferentes culturas.

Os estudos CTS têm por finalidade promover a alfabetização científica mostrando a ciência e a tecnologia como atividades humanas de grande importância social, por formarem parte da cultura geral nas sociedades modernas. Trata também de estimular ou consolidar nos jovens a vocação pelos estudos da ciência e da tecnologia, mostrando com ênfase a necessidade de um juízo crítico e uma análise reflexiva bem embasada das suas relações sociais. (BAZZO, LINSINGEN, PEREIRA, 2000, p. 4).

Corroborando a discussão que trata do jovem envolto nos processo tecnocientíficos de forma crítica e autônoma, os estudos em CTS representam uma inserção no mundo do trabalho como uma continuidade da vida humana e não apenas como um operário técnico formado para atender a necessidade do mercado de trabalho. A formação geral que tratam Bazzo, Linsingen e Pereira (2000) tem na construção do conhecimento complexo a ferramenta para o estabelecimento de práticas que atendam questões de importância social de forma igualitária que estimule o desenvolvimento sócio econômico que respeite o meio ambiente de forma a conduzir as novas gerações a um caminho sustentável.

No Brasil, os estudos CTS tem o objetivo de atingir os pesquisadores das Ciências Sociais e Humanas que possam ter responsabilidades docentes e institucionais sobre o ensino das ciências e suas derivadas organizações curriculares. Assim, a ideia é a promoção periódica de um conhecimento científico capaz de atingir o público em geral.

É possível alinhar esta conduta com a que pretendemos durante as propostas do Programa de Mestrado profissional em Educação Profissional e Tecnológica dos Institutos Federais. O programa não somente propicia o aprimoramento científico aos seus servidores como também a comunidade em geral. Tem na sua proposta, enquanto Mestrado Profissional, a construção e aplicação/validação de um produto educacional. Dentro das mais variadas áreas do conhecimento, cada pesquisador tem, através de seu objeto de pesquisa, possibilidades de estimular a investigação científica. Os estudos CTS apresentam-se como ferramenta de pesquisa no que tange a relação dos processos científicos desenvolvidos pelos jovens na etapa do Ensino Médio já que prestam serviço no discernimento sobre a necessidade do estreitamento das relações sobre ciência, tecnologia e sociedade.

Percorremos o tempo em que a proposta da Base Comum Curricular Brasileira para o Ensino Médio infere uma organização curricular onde áreas do conhecimento como português e matemática sobrepõem outras como filosofia, sociologia e artes. Em termos de ensino profissional pretende-se, nesta perspectiva formativa, uma formação básica específica que beneficia a ênfase sobre a técnica que prepara para o mercado de trabalho. Um contrato formativo como este que estamos discutindo vem munido de interesses mercadológicos e não conversa com a visão da alfabetização científica onde ciência e tecnologia são compreendidas em meio aos processos sociais. Essa perspectiva recorre à interação do sujeito no debate sobre os processos de desenvolvimento social na contemporaneidade e as formas como inferem em desastres ambientais.

As formas insequentem de aplicação de políticas científico-tecnológicas pela humanidade são debates necessários que não se esgotam na esfera política. Segundo González, López e Luján (1997), a própria educação em ciência e tecnologia precisa sofrer mudanças e ter objetivos que visem a formação de cidadãos responsáveis e conscientes em sua sociedade. No âmbito de suas discussões em CTS, os autores tratam de uma mudança que reconheça o conhecimento geral, diferentemente do que temos hoje na valorização do sujeito hiperespecialista em áreas puramente tecnológicas.

Nosella (2007) trata da superação da dicotomia entre trabalho técnico e intelectual, reiterando a importância da relação entre trabalho e educação na perspectiva da constituição da essência humana. A relação da humanidade com a natureza tem na tríade ciência, tecnologia e sociedade os pressupostos geradores do debate necessário a um entendimento do contexto econômico-industrial contemporâneo. Acidentes industriais e impactos ambientais, por exemplo, deixariam de ser notícias distantes da realidade da comunidade geral e teriam espaço para debate crítico sobre suas consequências político-sociais. Afinal, nos constituímos no e pelo trabalho, na relação intrínseca com o meio.

Os Cadernos de Ibero-América trazem o termo “tecnologia” para ser utilizado na referência aos sistemas imersos ao conhecimento científico, diferenciando-se do termo “técnica” [grifos dos autores] que teria referência a procedimentos e habilidades racionais provenientes de atos verticais sobre seu meio como forma da humanidade desenvolver sua vida. A discussão corrobora a ideia de que “[...] o conhecimento e a investigação não são possíveis sem o domínio prévio de certas técnicas” (BAZZO *ET ALL*, 2003, p. 37-38). Então, se o próprio desenvolvimento tecnológico é dependente da investigação científica, ele serve a algum propósito que não se limita a artefatos materiais.

Quando Bazzo *ET ALL* (2003, p. 44) afirmam: “Tecnológico não é só o que constrói a realidade física, mas também aquilo que transforma e constrói a realidade social”, podemos inferir o poder da humanidade sobre as máquinas e as técnicas. Os esforços de debate que buscamos instigar através das relações inerentes entre ciência, tecnologia e sociedade visam justamente criticar a utilização da humanidade sobre os meios que dispõe. Como não podemos simplesmente ignorar a incidência da tecnologia na realidade humana atual, também não nos tornemos alienados a ela.

Da realidade social da sociedade, conforme o materialismo histórico de Marx, se constitui a consciência do sujeito. Deste modo, ao conjecturar-se em determinado tempo histórico e sistema político-econômico, estabelecem-se os conflitos entre diferentes classes sociais. O que temos hoje, no vigor da mais valia, promove a desigualdade social que acaba por reter o acesso ao conhecimento científico a uma

parcela limiar da humanidade. Os resultados dos processos tecnocientíficos, por sua vez, também vinculam-se aos interesses do capital e potencializam a manutenção classista.

O enfrentamento necessário na sociedade atual inclui a aproximação dos sujeitos para com os espaços de decisão política que perpassa os enlaces da ética aplicada aos processos tecnocientíficos. Os mais diversos movimentos sociais que tem na democracia a sua ferramenta crítica, têm o dever de inferir à política o seu valor maior: aquele que articula e defende valores da coletividade, reiterando sua diversidade histórico-cultural.

Os jovens que se encontram em processo de formação na etapa do Ensino Médio e que estão a ingressar no mundo do trabalho têm condições de discutir a tríade ciência, tecnologia e sociedade de modo crítico e transformador, exatamente com este pensamento sobre a coletividade do qual estamos tratando desde o início deste texto sobre os estudos CTS? Talvez uma pretensão de resposta possa estar na próxima etapa desta discussão, já que a criatividade tende a ser vista hoje como potencial agente do pensamento crítico.

3 CRIATIVIDADE NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA: ESPAÇOS DE EXPRESSÃO E TRANSFORMAÇÃO

Uma das etapas da pesquisa realizada no âmbito do Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica do Profept inclui a constituição de um produto educacional. Na especificidade da pesquisa “Movimentos Culturais Juvenis: A revitalização de espaços de convivência como forma de resistência”, desenvolvida no Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Sapucaia do Sul, a criatividade serve como ferramenta de emancipação dos jovens. Participam de um Grupo de Trabalho, em prol da revitalização de espaços do próprio campus, alunos voluntários do Curso Técnico em Eventos. E neste movimento de construção colaborativa, as práticas para revitalizar os espaços do campus necessitam de exercício de pensamento crítico, envoltos em ideias criativas, para o alcance do objetivo de potencializar lugares que promovem a convivência entre os sujeitos. Assim, a reforma dos bancos, o plantio de flores, nova iluminação e a tematização de espaços ao ar livre não somente movimentam os jovens voluntários do grupo ao exercício prático sobre o espaço físico, mas a percepção sobre as potencialidades que este apresenta. A criação de projetos de revitalização envolvem as necessidades dos sujeitos que circulam no campus de Sapucaia do Sul como incentivo à socialização significativa, mesmo que em momentos para além do espaço da sala de aula.

Boden (1999) nos auxilia na discussão que traz a criatividade como um paradoxo nos processos de construção do pensamento crítico. Paradoxo porque a comunidade científica busca os aspectos geradores para a explicação dos processos criativos, em contraponto a psicólogos, artistas e inventores que falam de intuição e ideias originam que apenas surgem e os movimentam a algo. Consideremos, inclusive, dois sentidos da criatividade: um psicológico que envolve uma ideia que surge na mente de forma inédita, nunca concebida antes; outro histórico, que trata do tempo em que a ideia é formada e os termos intrínsecos a ela como padrões econômicos, biológicos e ambientais, etc. Boden, ao longo dos estudos sobre a criatividade, explana a incisão dos julgamentos culturais de valor sobre as ideias e a forma como elas são consideradas criativas ou não em determinadas comunidades.

Para nós, nesta discussão sobre educação profissional e tecnológica, buscamos o alinhamento dos processos de ensino e aprendizagem dos jovens à uma proposta de formação que esboce o exercício tecnocientífico crítico criativo. Isto porque entendemos o jovem autônomo em seu contexto de desenvolvimento humano. Assim, sua realidade social também é sujeita aos benefícios advindos das transformações possíveis que conjecturam e efetivam.

Sternberg, em sua teoria contemporânea de investimento em criatividade, retoma algumas perspectivas das pesquisas de Amabile, cuja validação do processo criativo se dá acordado ao contexto no qual foi constituído e por sujeitos que acompanharam o processo de criação. Sternberg retoma o conjunto de fatores no qual a ideia é formada e traz a inovação com as pesquisas sobre o ambiente criativo. Corroborar, assim, o investimento à ideias na perspectiva de que o sujeito pode ser criativo ao passo em que utiliza uma ideia antiga, sem propósito, e a potencializa em seu contexto. Além deste sujeito ter sua ideia reconhecida, ainda foi capaz, a partir de sua criticidade, intervir e modificar sua realidade social. (PINHEIRO, CRUZ, 2009).

Em um processo de formação tecnocientífico que abarca a diversidade das áreas de conhecimento, habilidades intelectuais são tão importantes quanto a motivação à investigação, a personalidade do sujeito partícipe e o ambiente no qual o desenvolvimento criativo acontece. A inovação se dá na proporção em que o sujeito imprime suas percepções sobre o meio no qual trabalha, dosando conhecimento intelectual e instrumentos de ação:

Em consonância com Amabile, Sternberg atribui à motivação intrínseca o papel de força matriz de criatividade. E, por fim, talvez o elemento mais importante seja um ambiente receptivo, pois, conforme a definição de criatividade apresentada, a medida do seu impacto é a mudança estrutural que a ideia promove em seu contexto. (PINHEIRO, CRUZ, 2009, p. 504-505).

Esta mudança no contexto a qual os autores se referem não decorre apenas do produto da ideia criativa em si, mas do processo que dele decorreu, já que movimentamos diversos termos até que se finalize. Na transposição para os processos do Grupo de Trabalho no Ifsul Sapucaia do Sul, a percepção dos jovens sobre a melhoria da iluminação, por exemplo, não configura apenas um espaço de convivência que esteja mais iluminado à noite. Demonstra o processo crítico criativo de sujeitos que entendem que um espaço organizado conforme as necessidades daqueles que o ocupam, motivador em cores e elementos, promove bem estar. Logo, bem estar promove satisfação e amorosidade de estar naquele espaço. Espaço este que pode potencializar encontros, novos processos investigativos, trocas de experiências e motivar resoluções de problemas.

O processo criativo, com o fim em modificar estruturas sociais, representa resistência e apressamento sobre uma realidade que é nossa. Respeita os sujeitos e os torna protagonistas. Representa a coletividade e valida os processos de ensino e aprendizagem como algo para a vida inteira, para a cidadania.

4 CONCLUSÃO

Os estudos CTS, no Brasil, ainda estão em processo investigativo. Na proposição de que sejam desenvolvidos durante os debates da tríade ciência,

tecnologia e sociedade representam a forma como a humanidade está considerando as consequências dos processos industriais desenfreados da contemporaneidade.

A ideia de alcance dos CTS tem nos sujeitos com responsabilidades docentes e institucionais de ensino das ciências a promoção do alinhamento entre sustentabilidade e progresso científico tecnológico. A proporção que se almeja garantiria a disseminação dos debates para além da academia, alcançando o público em geral de forma abrangente e significativa como uma forma de alfabetização científica.

Assim como os estudos CTS, a criatividade, na perspectiva da teoria contemporânea de investimento de Sternberg, tem na relação entre sujeito e ambiente o conjunto capaz de imprimir modificações à realidade social. Tanto personalidade do sujeito quanto o poder de conhecimento intelectual validam o processo de produção do pensamento criativo crítico.

O alinhamento dos estudos CTS e a discussão sobre criatividade com a pesquisa desenvolvida no âmbito do programa de Mestrado em Educação Profissional e Tecnológica, desenvolvido em rede nacional pelos Institutos Federais, se dá através da proposta formativa na etapa do Ensino Médio. Como um sujeito autônomo e responsável pela constituição de sua sociedade, o jovem contemporâneo tem nos espaços de debate a proposição sobre o desenvolvimento de processos tecnocientíficos coerentes com uma proposta de futuro sustentável benéfico a todos os sujeitos humanos.

REFERÊNCIAS

- 1 BAZZO, W. A., LINSIGEN, Irlan Von, PEREIRA, L. T. O que são e para que servem os estudos CTS? *In*: Organización de Estados Iberoamericanos, 2000. Disponível em: <<https://www.oei.es/historico/cts.htm#0>>. Acesso em: 26 set. 2019.
- 2 BAZZO, W. A. (ed.), PALACIOS, Eduardo M. G. Palacios, GALBARTE, J. C. G. Galbarte, LINSINGEN, Irlan von (ed.), CERESO, José A. L., LUJÁN, José Luis, GORDILLO, M. M., OSORIO, Carlos, PEREIRA, Luiz Teixeira do Vale (ed.), VALDÉS, Célida. Introdução aos Estudos CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). *In*: Cadernos de Ibero-América, Núcleo de Estudos e Pesquisas em Educação Tecnológica-NEPET, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 2003.
- 3 BODEN, Margaret A. Dimensões da criatividade. Trad. Pedro Theobald. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda., 1999.
- 4 NOSELLA, Paolo. Trabalho e perspectivas de formação dos trabalhadores: para além da formação politécnica. *Revista Brasileira de Educação*, v.12, n.34 jan./abr. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n34/a11v1234.pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2018.
- 5 PINHEIRO, Igor R.; CRUZ, Roberto M. Fundamentos Histórico e epistemológicos da pesquisa objetiva em criatividade. *PSICO*, Porto Alegre, PUCRS, v. 40, n. 4, pp. 498-507, out. /dez. 2009. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/revistapsico/ojs/index.php/revistapsico/article/view/5338>>. Acesso em: 28 set. 2019.

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA CONSTRUÇÃO CIVIL: POLÍTICA PEDAGÓGICA INSTITUCIONAL COMO FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO.

Soares, E.R.¹

Eltz, P.T.²

¹ *Mestrando Eduardo Rayher Soares, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica – PROFEPT, eduardosoares@ifsul.edu.br*

² *Dra. Patricia Thoma Eltz, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSUL), Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica – PROFEPT patricia_eltz@yahoo.com.br.*

Resumo

A construção civil é certamente um setor econômico muito importante para o país, no entanto, em que pese o constante desenvolvimento de materiais e técnicas construtivas, estas novidades tendem a demorar a sair da academia, dos laboratórios para os canteiros de obras. Fica clara então a necessidade de se aproximar a tecnologia desenvolvida pela indústria dos trabalhadores e trabalhadoras da construção civil de forma a democratizar o conhecimento, aumentar a qualidade, a produtividade, segurança e sustentabilidade nas obras brasileiras. Neste contexto, a Educação Profissional e Tecnológica (EPT), que fundamenta os cursos de nível médio e técnico integrados ofertados pelo Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSUL) se apresentam como um meio de formação gratuita, democrática e de qualidade que se apresenta à classe trabalhadora como forma de qualificação profissional na perspectiva de formação omnilateral¹, politécnica, integradora e cidadã. Cabe então a análise da forma com a qual sistemas construtivos alternativos, em especial o *Light Steel Frame* (LSF), que desponta como sistema construtivo alternativo mais consolidado no mercado da construção é abordado no curso técnico em edificações oferecido pelo campus Jaguarão do IFSUL, em seu projeto político-pedagógico de curso, matriz curricular, bem como no Projeto Pedagógico Institucional do IFSUL.

Palavras-chave: Construção civil. Educação Profissional. *Light steel frame*. Tecnologia.

Abstract

The construction industry is certainly a very important economic activity for Brazil, however, despite the constant development of materials and construction techniques, these news tend to take a long time from the academy, laboratories to construction sites.

It is clearly seen the need to approach the technology developed by the construction industry in order to democratize knowledge, increase quality, productivity, safety and sustainability to the Brazilian workers. In this context, Vocational and Technological Education (EFA), which underlies the integrated high school and technical courses offered by the Federal Institute Sul-rio-grandense (IFSUL), is presented as a path of free, democratic and quality training that is presented to the working class as a form of professional qualification from the perspective of omnilateral¹ training, polytechnic, integrative and citizen formation. So, it is necessary to analyze how alternative construction systems, in particular the Light Gauge Steel Frame (LSF), which emerges in Brazilian market as a strong construction, are addressed in the technical building course offered by IFSUL's Jaguarão campus, in its political-pedagogical project of course, grade sheet as well as in the Institutional Pedagogical Project of IFSUL.

Key words: Civil Construction. Vocational Education. Light steel frame. Technology.

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da década de 1990, como afirma Thomaz⁽¹⁾, profissionais da construção civil vem buscando com mais afinco desenvolver e aprimorar sistemas construtivos e materiais de construção como forma de atender novos parâmetros regulatórios de desempenho e qualidade das edificações, sobretudo de uso residencial, pois, em face ao fomento das políticas públicas de combate ao déficit habitacional originaram-se edificações cujo desempenho operacional e por vezes até estrutural ficavam aquém do tolerável, prejudicando a saúde dos habitantes. Esta busca por evolução tecnológica na construção civil, no sentido de ganho de qualidade com produtividade, racionalização de processos e mais recentemente proteção do meio ambiente e atendimento as normas de desempenho, trouxeram consigo uma miríade de novas formas de se edificar e, junto a elas, novos materiais de construção como forma a tornar a construção mais eficiente, competitiva e sustentável.

Esta pesquisa, por meio de na análise documental do Projeto Pedagógico Institucional do IFSul (PPI), projeto político-pedagógicos de curso (PPC) do curso técnico em edificações do câmpus avançado de Jaguarão bem como de sua matriz curricular, de forma que se possa obter um diagnóstico de como as novas tecnologias, em especial do setor de construção civil são abordados pela instituição, quais as linhas de trabalho são preponderantes e de que forma podem ser aprimoradas, de forma a aproximar o referido curso a realidade dos participantes e do mercado de trabalho. Durante esta análise se buscou, em especial identificar a forma com a qual o sistema construtivo a seco, *Light Steel Frame*, é trabalhado com os estudantes, como compõe a matriz curricular, uma vez que este tipo de construção tem ganhado espaço nos canteiros de obra do país (CBCA⁽²⁾).

A democratização do conhecimento profissional na construção civil, analisada sob a perspectiva da educação profissional e tecnológica (EPT) tende se dar, dentre outras formas, por meio do intercâmbio entre os conhecimentos formados durante práticas laborais e conhecimentos desenvolvidos em salas de aula. Esta característica de formação de conhecimento profissional se dá principalmente pela interação entre os profissionais técnicos, com conhecimento formalmente constituído e os profissionais executores, com seu conhecimento basicamente prático. destas interações se consolida o repertório de técnicas construtivas de todos.

Ao se observar a acelerada evolução tecnológica no setor da construção civil das últimas décadas se observa com clareza a necessidade de atualização dos profissionais da construção ante estes novos paradigmas. Os trabalhadores, hoje, mais do que agentes passivos de seu aprendizado passam a ter a necessidade de atuar de forma direta em seu processo de desenvolvimento profissional, passando discernir dentre estas diversas técnicas e tecnologias hoje são apresentadas as que atendem a necessidade da obra. (TOLEDO et al, ⁽³⁾). Assim sendo, torna-se pertinente uma perspectiva de formação humana integral dos sujeitos, de forma que lhes sejam desenvolvidas as capacidades de se apropriar dos conhecimentos para além da simples reprodução, mas também desenvolver, pensar e adaptar os conhecimentos adquiridos na escola e no trabalho.

Esta necessidade de desenvolvimento dos profissionais se torna mais clara quando da execução de obras utilizando sistemas construtivos alternativos, como o *Light Steel Frame*, onde se espera que os profissionais possuam a capacidade de aplicar novas tecnologias, mas também de desenvolver soluções adequadas aos problemas que possam surgir. Estas novas tecnologias construtivas que a cada dia ganham mais espaço em nossos canteiros acentuam a defasagem da formação dos profissionais de nível formativo mais básico principalmente, pois como exemplificam as pesquisas, Barbosa e Lima⁽⁴⁾, a grande maioria dos trabalhadores da construção possui baixa escolaridade, aprendendo seu ofício diretamente no canteiro de obras, o que certamente dificulta a aprendizagem e a avaliação destas novas tecnologias, retardando a popularização de sistemas construtivos inovadores.

A propagação das novas tecnologias é um desafio complexo pois de um lado se tem as novas tecnologias e matérias apresentados em manuais técnicos, por vezes em outros idiomas, descontextualizados da realidade do trabalhador. De outro lado se tem um trabalhador que não tem seu acesso ao ensino formal básico garantido, mas que tem seu conhecimento, que é importante destacar seu valor, formado pelas experiências, pela tradição. Desta forma a propagação de novos conhecimentos depende atuação direta dos profissionais técnicos, sejam engenheiros, arquitetos ou técnicos em edificações familiarizados e atualizados que possam orientar esta popularização dos novos materiais e técnicas construtivas, vinculando-as a realidade do trabalhador.

Sob esta ótica, a formação dos profissionais técnicos se torna ainda mais relevante, uma vez que não atuarão apenas como executores de obras, mas principalmente tenderão a atuar como agentes multiplicadores de conhecimento, apropriando-se de novas técnicas construtivas e as transmitindo a outros trabalhadores. Com isto chegamos a alguns questionamentos que nortearam esta pesquisa: de que forma o curso técnico em edificações do IFSul – Campus Jaguarão aborda os sistemas construtivos ditos alternativos, as inovações tecnológicas do setor, em especial o *Light Steel Frame*? Qual é o foco do curso e seu papel na

comunidade em que se insere e, por fim, como esta evolução tecnológica colabora com os objetivos definidos para o curso?

O objetivo geral deste trabalho é entender como os sistemas construtivos não convencionais são abordados no curso técnico em edificações do campus avançado de Jaguarão do IFSUL, e qual a ligação entre este curso e a realidade dos trabalhadores, da região em que foi concebido e, por fim, entender como a tecnologia da construção pode contribuir para o desenvolvimento das construções na região.

Para que se possa analisar o curso técnico bem como a documentação a ele relacionada, é pertinente que se entenda o contexto no qual esta busca atuar, qual o cenário em que estes profissionais técnicos se inserem. Neste sentido, se observa que o setor da construção civil sofreu uma grande queda de produção e demanda nos últimos anos, sendo afetada principalmente por fatores como a grave crise econômica, o aumento do desemprego, redução do poder de compra da população, redução do investimento em políticas públicas de habitação e infraestrutura. Ainda assim, segundo dados da câmara brasileira da indústria da construção (CBIC), em conjunto com a confederação nacional da indústria (CNI) de novembro de 2018, se observa que existe a expectativa de retomada de investimentos no setor.

O índice de intenção de investimento (compras de máquinas e equipamentos, pesquisa e desenvolvimento, inovação de produto ou processo) aumenta significativamente em dezembro, indicando elevada propensão a investir. O índice registrou 34,8 pontos em dezembro, crescimento de 2,3 pontos em relação a outubro.

O índice varia de zero a cem pontos e quanto maior o valor, maior a disposição para fazer investimentos. O indicador encontra-se 1 ponto acima do valor registrado em dezembro de 2017, e está 1,2 ponto acima da média histórica de 33,6 pontos (CBIC; CNI, ⁽⁵⁾).

Segundo POTT; EICH; ROJAS, ⁽⁶⁾, quando passamos a observar quesitos técnicos, vemos uma constante e acelerada evolução tecnológica tanto no desenvolvimento de novos materiais quanto ferramentas, softwares e no desenvolvimento de novas técnicas construtivas sendo dois fatores preponderantes para o avanço tecnológico: a) a industrialização da construção buscando a padronização, rastreabilidade, qualidade e o desempenho de materiais e edificações e a especialização dos trabalhadores; b) a racionalização de processos, otimização do uso de materiais, redução de desperdícios, maior previsibilidade de custos (BEKAERT⁽⁷⁾). Estes fatores têm impulsionado a evolução tecnológica da construção principalmente nas últimas duas décadas, atuando de forma conjunta e indissociável a evolução de equipamentos eletrônicos bem como dos meios de informação/comunicação, sendo esta busca uma constante no setor da construção civil, sobretudo em tempos de escassez de recursos financeiros e/ou humanos.

Durante o período de 2006 a 2014 vivemos uma época com efervescência de obras, escassez de mão de obra, tanto para construção pesada, industrial e residencial. Este último segmento foi fortemente incentivado por programas de habitação popular e de políticas de financiamentos. Em que pese o enorme impacto social e econômico causado pela geração de empregos e do acesso de milhões de famílias de baixa renda a sonhada casa própria, o grande volume de construções culminou em uma queda na qualidade de nossas edificações, seja por falta de pessoal qualificado ou pelo corte de custos, se executaram obras com grandes

deficiências de isolamento acústico e térmico, problemas crônicos nas instalações hidrossanitárias, vazamentos de cobertura dentre muitas outras patologias.

Com vista a aumentar a qualidade das obras e garantir condições mínimas de habitabilidade em edificações residenciais, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a NBR-15575⁽⁸⁾ - Desempenho de Edificações Habitacionais, atualizada no ano de 2013, a norma de desempenho para edificações habitacionais estabelecer os critérios mínimos de desempenho para sistemas estruturais, sistemas de piso, vedações verticais, coberturas e instalações hidrosanitárias, dando um importante passo para evolução tecnológica nas construções residenciais do Brasil CBIC⁽⁹⁾. Conforme CBIC⁽¹⁰⁾ a busca por sistemas construtivos mais eficientes, que apresentassem desempenho mais elevado, em conformidade com os requisitos da referida norma de desempenho desenvolveu-se muitos sistemas construtivos inovadores, como as edificações com blocos de EPS, módulos pré-moldados de concreto, construções modulares do tipo container entre muitos outros. Em paralelo se buscou no exterior um sistema construtivo com melhor desempenho, custo razoável, e com respaldo técnico, no exterior, sistemas construtivos já consolidados. Dentre os quais os mais relevantes são o *Wood Frame* (estrutura reticulada de madeira) e o *Steel Frame* (estrutura reticulada com perfis de aço galvanizado), em uso na América do Norte desde os anos 1840 com uso de madeira e no pós II Guerra Mundial no caso do uso do aço CRASTO; FREITAS, ⁽¹¹⁾.

Segundo Crasto⁽¹²⁾ os sistemas construtivos reticulados (*frame*) estão em uso na Ásia, Europa, América do Norte. Na América latina o sistema encontra-se consolidado em países como Chile e Argentina principalmente CONSULSTEEL, ⁽¹³⁾. No Brasil, buscou-se implementar um sistema no início dos anos 1990, sem sucesso, devido à falta de materiais adequados, falta de trabalhadores e trabalhadoras qualificados. Devido as políticas habitacionais como o programa Minha Casa Minha Vida o desenvolvimento do sistema construtivo a seco foi retomado, ganhando força após a publicação da referida Norma de Desempenho.

Hoje, apesar do ciclo de queda no mercado da construção civil nos últimos anos, em 2018 observamos uma tímida recuperação (Índice nacional de custo na Construção - INCC-M/FGV 3,98% acumulado nos últimos 12 meses anteriores) neste contexto, construção a seco, *Light Steel Frame*, percebeu um crescimento de faturamento na ordem de 15,7% entre os anos de 2016 e 2017 CBCA⁽¹⁴⁾, o que demonstra o potencial de crescimento nesse tipo de construção para os próximos anos. Mesmo em um cenário de desaquecimento do mercado da construção, de tímida retomada, o mercado da construção a seco demonstra mais fôlego.

A pesquisa realizada com fabricantes de perfis metálicos para a construção a seco, CBCA⁽¹⁴⁾, apresenta os principais entraves a popularização do sistema, apontados pelos fabricantes, destacando aspectos psicológicos e culturais que põe em dúvida a estabilidade, qualidade e durabilidade destes sistemas quando comparados a sistemas mais tradicionais. No entanto os pesquisados apontam como fatores preponderantes para a letargia na popularização do sistema *Light Steel Frame* o custo de materiais, indexados ao dólar principalmente e em seguida a baixa escolaridade dos trabalhadores. Segundo dados do SINDUSCON-SC⁽¹⁵⁾, em torno de 34,9% tem o ensino fundamental incompleto. A baixa qualificação dos trabalhadores da construção, aliada a alta rotatividade dos quadros funcionais BARBOSA; LIMA⁽⁴⁾, torna difícil a execução destes sistemas construtivos mais complexos e sofisticados pois desestimula o investimento das construtoras em um necessário treinamento.

Atualmente, quando se fala em novos sistemas construtivos, se menciona o sistema de construção a seco assim, para que se possa trabalhar este sistema dentro da construção civil, se faz necessário compreender do que consiste o sistema construtivo e sua relevância no contexto da construção civil frente aos sistemas tradicionais de se edificar. Segundo afirmam Crasto e Freitas⁽¹¹⁾, *Light Steel Frame* é um sistema construtivo cuja estrutura é formada por perfis leves de aço galvanizado, ligados entre si por meio de parafusos, rebites ou punção, compondo painéis estruturais e não estruturais, vigas, lajes, tesouras e contraventos. Os elementos considerados em projeto como estruturais devem resistir a todas as solicitações impostas a estrutura, sejam carregamentos por peso próprio, cargas de utilização e acidentais.

Conforme prescreve o manual ConsulSteel⁽¹³⁾, o sistema construtivo LSF não se restringe apenas a estrutura de aço, mas também os diversos subsistemas acessórios à edificação, como por exemplo os isolamentos térmicos e acústicos, impermeabilizantes, composição de lajes, fixações de fundação, instalações hidrossanitárias e elétricas entre muitos outros. Os materiais de construção aplicados são em sua maioria industrializados e já seguem prontos para a aplicação no canteiro, favorecendo a padronização e controle de qualidade evita desperdício e retrabalhos, utiliza menos água na aplicação, e dá agilidade ao processo produtivo. Por esse motivo, o sistema LSF também é chamado de Sistema Autoportante de Construção a Seco CRASTO; FREITAS⁽¹¹⁾.

Rodrigues⁽¹⁶⁾ aponta que outro ponto forte da construção em aço leve é o melhor desempenho térmico e acústico das paredes, quando comparadas a alvenaria tradicional, devido ao emprego de diversos materiais combinados, atendendo as exigências de isolamento exigidos na NBR-15575:2013 e oferecer mais conforto aos ocupantes e economia de energia, visto que o melhor isolamento térmico tende a reduzir a necessidade da utilização de climatizadores.

Em que pesem as dificuldades econômicas e sociais, uma formação integradora se torna uma importante ferramenta tanto para o desenvolvimento dos trabalhadores enquanto profissionais capacitados, capazes de incorporar e transmitir conhecimentos técnicos/tecnológicos, mas também que formem indivíduos capazes de exercer plenamente a sua cidadania. A educação profissional e tecnológica (EPT) que incorpora conceitos de educação integral, omnilateral e politécnica ganha protagonismo neste intento, pois mais que instrumentalizar trabalhadores objetiva o desenvolvimento do indivíduo em todas as potencialidades.

Quando se fala em educação profissional e tecnológica (EPT) o período de 2003 a 2016 foi prodigo na criação e expansão de escolas técnicas, compondo a rede federal de dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, preconizando a interiorização e a democratização do ensino tecnológico e integrador, seguindo um projeto político-pedagógico que preconiza o pensamento democrático, fortalecendo não apenas o ensino técnico e tecnológico, mas também a formação de indivíduos capazes de se posicionar ante sua realidade.

Saviani⁽¹⁷⁾ define politecnia como mais do que “muitas técnicas”, mais do que o somatório da totalidade de diversas técnicas fragmentadas, a politecnia diz respeito ao domínio de fundamentos científicos que baseiam às diversas modalidades de trabalho e os indivíduos que, formados integralmente possam ser capazes de extrapolar os conhecimentos de sala de aula para a sua vida pessoal e profissional. Ramos⁽¹⁸⁾ complementa que “Politecnia significa uma educação que possibilita a compreensão dos princípios científico-tecnológicos e históricos da produção moderna, de modo a orientar os estudantes à realização de múltiplas

escolhas”. Se pode perceber então que este conceito de educação politécnica, tecnológica é pertinente para o desenvolvimento de cidadãos dotados de senso crítico, sendo a politecnia uma articulação entre os trabalhos intelectuais e manuais, práticos e teóricos, planejamento e execução.

Ao observarmos estes conceitos sendo aplicados ao mundo do trabalho, passamos a observar grandes contradições hoje impostas trabalhadores, sob os modos de produção capitalistas, onde se preconiza uma instrução básica de diversas matérias, sem aprofundamentos para a classe trabalhadora, alienando o trabalhador do sentido de seu trabalho, tornando-o maleável ao interesse do empregador, enquanto disponibiliza especialização e formação diferenciada às classes dominantes, detentora dos meios de produção. CIAVATTA; RAMOS⁽¹⁹⁾.

No setor da construção civil este fenômeno se percebe intensificado pela já citada baixa escolarização formal, o que significa que nem mesmo a formação propedêutica básica lhes é/foi assegurada ao passo que o regime de acumulação flexível, conhecida como Toyotismo, preza por trabalhadores cada vez mais versáteis, com formação mais diversificada e conhecimentos menos especializados. Em tempo, não se pode confundir a baixa escolaridade dos trabalhadores com falta de conhecimentos acerca de seu trabalho, basta analisar tarefas rotineiras executadas por estes profissionais como elaboração de estimativas de materiais, ou aferição de esquadros, entre tantas outras atividades. Neste sentido Barato⁽²⁰⁾ esclarece que apesar de não possuir formação formal, os saberes dos trabalhadores ditos desqualificados demandam sim de raciocínios e conhecimentos elaborados e de grande valia, esta desqualificação deste saber formado na experiência formal é conveniente de modo a conformar o trabalhador de sua condição subordinada, aceitando os mandos de uma casta dita mais qualificada.

Ignorar inteligência do trabalhador manual faz parte de um jogo que desqualifica aqueles cujas funções foram ou são muito simplificadas. Tal ignorância serve para justificar decisões gerenciais supostamente baseadas no domínio do processo produtivo BARATO, ⁽²⁰⁾.

Fica clara a necessidade em se disponibilizar a estes trabalhadores, que raramente teriam acesso a formação continuada, acesso as novas tecnologias do setor, seja de forma direta com treinamentos seja de forma indireta, através da introdução de novas tecnologias no meio de trabalho destas pessoas por meio de instrução destes por profissionais técnicos capacitados não somente a transferir o conhecimento aos trabalhadores, mas também lhes ensinar a aprender, a compartilhar, a compreender raciocinar sobre o seu processo produtivo. Aos profissionais técnicos esta interação também é benéfica pois estes trabalhadores são uma fonte de conhecimento prático muito grande, de muita valia.

Desta forma, como multiplicadores de conhecimento, abre-se uma oportunidade aos estudantes dos cursos técnicos em edificações de atuarem como pontes entre as inovações do setor da construção e os trabalhadores, exercitando a troca de saberes técnicos adquiridos nos livros com os saberes originados diretamente no executar das tarefas laborais. Esta troca é fundamental tanto para a popularização de novas tecnologias quanto para a formação dos técnicos uma vez que se intensificam os laços entre teoria e prática, de forma contínua.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho de abordagem qualitativa, será realizado através de uma análise documental do Projeto Pedagógico Institucional - PPI⁽²¹⁾ do IFSul, será analisado projeto político-pedagógico - PPC⁽²²⁾ e a matriz curricular do curso do curso técnico em edificações, da forma subsequente no campus avançado de Jaguarão, visando analisar a forma com a qual os sistemas construtivos inovadores são abordados, qual o posicionamento oficial da instituição e do curso quanto ao desenvolvimento tecnológico do setor no qual atua. Entende-se documento como leis e regulamentos, normas, pareceres, cartas, memorandos, diários pessoais, autobiografias, jornais, revistas, discursos, roteiros de programas de rádio e televisão até livros, estatísticas e arquivos escolares LUDKE e ANDRE⁽²³⁾.

A análise documental se dá pela leitura de livros e artigos relacionados ao problema a ser investigado na qual são identificadas informações a respeito e selecionadas as partes que mais interessam. Os textos e capítulos selecionados são analisados e posteriormente relatados os resultados GIL⁽²⁴⁾. A análise documental se iniciará com o acesso ao PPI atualizado do IFSul bem como ao PPC do curso técnico, a matriz curricular e a ementa das disciplinas, sendo que estes documentos são disponibilizados em formato digital no site oficial da instituição e analisando criticamente os aspectos descritos sob a ótica do referencial bibliográfico utilizado, buscando apontar a forma como a instituição trata em sua documentação oficial a questão da inovação tecnológica na construção civil, com ênfase na construção em *Light Steel Frame*. Feita a análise de cada documento, segue-se a análise documental propriamente dita, de forma a interpretar de forma coerente os dados obtidos tendo em vista a temática e as perguntas de pesquisa SÁ-SILVA; ALMEIDA; GUINDANI⁽²⁵⁾.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos documentos referentes ao curso técnico em edificações, suas relações com a comunidade, as diretrizes institucionais consideradas em seu processo de criação e consolidação na região, as relações estabelecidas entre o projeto pedagógico do curso, sua matriz curricular e a inovação tecnológica. Assim se iniciou a análise pelo Projeto Pedagógico Institucional (PPI) por ser o documento que desenha e baseia o perfil pedagógico adotado pela instituição, em seguida foi analisado o Projeto Político-pedagógico do curso (PPC) e a sua matriz curricular de forma a se caracterizar o foco dado ao curso dentro de sua área do conhecimento e a forma com a qual se abordam os sistemas construtivos alternativos.

Projeto Pedagógico Institucional - PPI

Com o objetivo de investigar a forma com a qual a instituição de ensino aborda os conteúdos relacionados a inovação tecnológica, bem como a forma como inovação deve ser trabalhada na elaboração de projetos de curso e matrizes curriculares, a análise se iniciou pelo Projeto Pedagógico Institucional (PPI), documento atualizado em 10 de maio de 2017. O documento foi elaborado como meio de orientar e fundamentar as ações institucionais relacionadas ao ensino, pesquisa e extensão, sendo necessariamente resultado de diálogos entre as necessidades da comunidade, os princípios institucionais e o arranjo produtivo regional. Como resultado destes processos coletivos devem ser definidas as diretrizes do projeto político-pedagógico de uma formação que permita ao

educando, desenvolver suas capacidades cognitivas que lhe permita o exercício pleno da cidadania, contribuindo ativamente para o desenvolvimento econômico e humano, acompanhados de solidariedade e ética.

Neste documento se expressam as diretrizes pedagógicas gerais da instituição, seu histórico, sua função social, filosofia, missão, valores, as finalidades, características e objetivos. Estabelece também as diretrizes para a formação e adequação das matrizes curriculares, as diretrizes de avaliação, as políticas institucionais de ensino para a educação básica, inicial e continuada de trabalhadores, a educação profissional técnica de nível médio, a educação profissional e tecnológica, para o ensino superior, pós-graduação, pesquisa, formação docente, educação a distância e a inclusão de pessoas com necessidades de educação especial. Mais do que a formação básica de trabalhadores em nível de ensino básico e técnico, a instituição ainda disponibiliza cursos de nível superior, pós-graduação e metrado tanto para os seus servidores quanto para a comunidade, pois a consolidação destes programas, juntamente com a pesquisa e com a extensão são fundamentais para que a instituição não se torne somente uma reprodutora de conhecimento, mas sim uma desenvolvedora de tecnologia e uma promotora de desenvolvimento técnico e, conseqüentemente, social.

Quanto ao ensino profissional, alia a formação integral, a pesquisa e os conceitos científicos como ferramentas para o desenvolvimento social e cultural, atua nos níveis de educação básica, superior e de pós-graduação, invariavelmente gratuita e com busca constante de excelência. Com isto em mente, passa-se então a análise do projeto político-pedagógico do curso (PPC) do curso técnico em edificações ofertado pelo campus Jaguarão na modalidade integrada subsequente, sendo esta segunda o foco deste estudo, como apontado anteriormente. Nesta análise se busca observar as formas com as quais as novas tecnologias construtivas são abordadas.

Projeto Político-Pedagógico de Curso - PPC

O documento se inicia apresentando a denominação do curso “Técnico em Edificações” com vigência desde o primeiro semestre de 2014, na forma subsequente e integrando o eixo tecnológico de infraestrutura e não impondo obrigatoriedade de estágio aos estudantes. A carga horária total do curso é de 1380 horas divididas ao longo de quatro semestres (regime semestral), no turno da noite. Este curso oferece um total de 32 vagas por turma, sendo 16 vagas destinadas a estudantes brasileiros e 16 para cidadãos uruguaios.

O curso aqui analisado foi o primeiro a ser ofertado pela instituição no município, em caráter binacional, ou seja, ofertado tanto para brasileiros quanto para uruguaios de modo a atender à necessidade regional por profissionais (e cidadãos) com plenas capacidades de exercer sua cidadania de forma consciente e capacitados a acompanhar os avanços tecnológicos. O desenvolvimento do curso em caráter binacional reflete as características geográficas da região, de modo que se justifica a motivação e a relevância da formação para o desenvolvimento da região fronteira. Três foram os aspectos que preponderaram para a criação do curso no município, quais sejam os dados macroeconômicos e sociais da região, as manifestações da comunidade em favor da criação de cursos técnicos e pôr fim a necessidade de oferta de educação profissional e tecnológica na região de fronteira em caráter binacional.

O IFSul, enquanto instituição federal brasileira quanto o *Consejo de Educación Técnica y Profesional de Trabajo del Uruguay* – CETP/UTU, entidade

uruguaia firmaram acordo de cooperação pioneiro neste tipo de cursos binacionais, sendo os profissionais formados neste curso habilitados a exercer a profissão em ambos os países. Assim, a titulação que se confere aos concluintes do curso é a de técnico em edificações, conferida pelo IFSul para trabalho no Brasil, e ao mesmo tempo *Técnico Constructor de Obra Civil* pelo CETP/UTU para trabalho em território uruguaio.

O perfil profissional que se desenha através do projeto pedagógico do curso (PPC) descreve pessoas capazes de desenvolver a capacidade de solucionar problemas no canteiro de obras, nas fases de planejamento quanto e de execução, elaborar orçamentos e prestar assistência técnica para o comércio, manutenção e utilização de equipamentos especializados. Como o foco principal do curso se centra em processos de restauro e conservação de edificações, os profissionais devem possuir condições também de resgatar técnicas tradicionais de construção sem deixar de buscar a inovação e a tecnologia, além de colaborar com a igualdade social e com a preservação do meio ambiente, podendo atuar em empresas privadas e no setor público no Brasil e/ou no Uruguai, o trabalhador ou trabalhadora além dos conhecimentos técnicos e profissionais, se espera que baseie sua atuação em princípios éticos e humanísticos.

Em conformidade ao disposto no PPI, anteriormente analisado, este curso organiza sua matriz curricular através de competências, dentre as quais "possuir a consciência da necessidade de se estar sempre tecnologicamente atualizado com as mudanças na área da profissão" e "Treinar equipes de execução de obras e serviços técnicos" tratam justamente do tema desta pesquisa. Partindo das competências que devem ser trabalhadas com os estudantes, seguindo as diretrizes do PPI se procedeu a elaboração da matriz curricular do curso juntamente com a ementa das disciplinas. Procedeu-se então a análise destes documentos, a matriz curricular e as ementas das disciplinas, para que se possa então perceber a abordagem de sistemas construtivos alternativos e novas tecnologias no curso, uma vez que o PPC essa abordagem não é evidente.

Matriz Curricular

A análise desse documento, associado a ementa das disciplinas busca então analisar quais são os sistemas construtivos abordados e, segundo ementa da referida disciplina a forma como é trabalhada a referida competência. Foi feito então um apanhado das disciplinas propostas e excluídas da análise as que não possuem relação com a inovação tecnológica, *Light Steel Frame*, e na sequência serão elencadas as disciplinas que passaram pelo processo de análise para por fim apresentar o resultado desse processo analítico.

A matriz curricular vigente é a de nº 6990, válida a partir do segundo semestre de 2016 e prevê quatro semestres sendo que o primeiro e o quarto dispõem de 9 disciplinas e o segundo e terceiro 10 disciplinas. As disciplinas têm um número variado de horas-aula semanais sendo que ao final de cada semestre se totalizaram 345 horas-relógio, totalizando então 1380 horas-relógio ao fim do curso. O documento ainda esclarece que cada semestre será desenvolvido em um período de 20 semanas e que cada hora aula corresponde a 45 minutos.

Desta forma a análise da matriz curricular se iniciou com uma análise que buscou identificar as disciplinas com relação a sistemas e materiais de construção inovadores para que se possa analisar seu conteúdo. Considerando que muitas dessas disciplinas são dadas em sequência em dois ou mais semestres, estas serão analisadas de forma conjunta. Desta forma as disciplinas relacionadas para análise

são as seguintes: introdução à construção civil; introdução ao restauro; materiais de construção; técnicas construtivas; práticas construtivas e; estruturas.

A disciplina de introdução construção civil ofertada no primeiro semestre do curso, com 2 horas-aulas semanais, totalizando 30 horas-relógio e tem como código de referência JG_EDI.6, introduz aos alunos os conceitos e terminologias técnicas, as características da indústria e os profissionais envolvidos, o mercado de trabalho. Em que pese a importância do tema e a relevância do conteúdo abordado, não se provou, após análise a relação direta entre a disciplina e os sistemas construtivos inovadores visto se tratar de assuntos introdutórios a profissão.

Quanto a disciplina de introdução à conservação e restauro (JG_EDI.9), também do primeiro semestre, que dispõe de 3 horas-aulas semanais (45 horas-relógio por semestre), sendo que nessa disciplina se fundamentam os conceitos históricos culturais de preservação do patrimônio arquitetônico, as teorias, estudos de caso, as visitas técnicas a respeito de processos de restauro bem como fundamentos de conservação de estruturas. Essa disciplina também de caráter introdutório e se relaciona com os conceitos de história mais do que propriamente com a inovação tecnológica, mas, sistemas construtivos alternativos podem ser abordados como passíveis de uso quando os tradicionais/históricos não forem possíveis por razões de ordem técnica.

As disciplinas de Materiais de Construção I (JG_EDI.90), Materiais de Construção II (JG_EDI.94) e Materiais de Construção III (JG_EDI.101). São oferecidas nos três primeiros semestres do curso e compõe 2 horas-aula semanais, 30 horas por semestre, totalizando 90 horas-relógio em todo o curso. O escopo destas disciplinas consiste em desenvolver conceitos sobre os materiais utilizados na construção civil ao longo do tempo, sua interação com materiais atuais, métodos de ensaio, controle de qualidade, estudo de patologias e defeitos.

A primeira parte, Materiais de Construção I, aborda processos relacionados a introdução ao estudo do tema, apresenta os materiais de construção relacionados aos métodos de construção tradicional como rochas naturais, tijolos e elementos cerâmicos, aglomerantes agregados e materiais cimentícios. Na segunda disciplina, materiais de construção II, se abordam com mais profundidade o uso e o preparo de argamassas e concreto, seu controle tecnológico, dosagem e aditivos além de se traçar comparativos entre produtos industrializados/usinados e produtos produzidos no canteiro de obra. A terceira parte, Materiais de Construção III aborda de forma resumida outros materiais como as madeiras, as espécies, e seu processo de produção histórico, conceito, estruturas e crescimento, propriedades físicas e mecânicas, classificação, beneficiamento e defeitos comuns. Aborda também os metais e seu uso, histórico e conceitos, tipos de aços e ligas metálicas, sua aplicação na construção civil, soldas e ligações bem como ensaios de caracterização. Passa ainda pela apresentação de materiais como vidros, polímeros, impermeabilizantes, tintas e outros produtos químicos.

Desta forma, principalmente nesta terceira parte, onde se abordam outros materiais de construção se poderia introduzir a apresentação dos materiais relacionados ao sistema de construção a seco, os perfis metálicos, placas, parafusos, revestimento entre outros, que inclusive já são normatizados no Brasil. Se observa uma forte ligação ao sistemas construtivos tradicionais, como argamassas, concreto armado em detrimento de materiais como madeira e aço, renováveis e recicláveis respectivamente e que, no caso da Madeira, tem uso corriqueiro nas edificações históricas.

As disciplinas de técnicas construtiva (I, II e III), ministradas do segundo ao quarto semestre tem cada uma 2 horas-aula semanais, 30 horas semanais perfazendo 90 horas-relógio em todo o curso. Os códigos das disciplinas são respectivamente JG_EDI.14, JG_EDI.102 e JG_EDI.107 e versam sobre as relações entre as diversas etapas das edificações, dos processos relacionados a indústria da construção, buscando trazer essa perspectiva relacional e sequencial desde os elementos burocráticos iniciais, passando por serviços preliminares, fundações, sistemas de impermeabilização na primeira disciplina, que sobre esses temas trata das condições de execução, sistemas específicos e manifestações patológicas. Já na segunda parte, os conceitos de superestrutura em concreto armado, estruturas metálicas, de madeira e mistos, sua tipologia morfológica, componentes, montagem e lançamento, vantagens e desvantagens de cada sistema além de proteções contra agentes agressivos. Na sequência se abordam os sistemas de construção e, nesta seção aparecem de forma clara ainda que pouco aprofundada, os sistemas construtivos ditos alternativos, estruturais e não estruturais, dentre os quais se observa a tradicional alvenaria de vedação, mas também apresenta os sistemas mais racionais como alvenaria estrutural, o sistema de vedação com gesso acartonado (*drywall*), sistemas estruturais *Wood e Light Steel Frame*, paredes de concreto armado, os pré-fabricados, os painéis entre outros, sobre estes sistemas discorre brevemente sobre as patologias relacionadas e seu comportamento sob condição a de incêndio. Por fim aborda ainda sistemas de cobertura, sua estrutura e componentes.

A terceira parte da disciplina (Técnicas Construtivas III) traz como objeto de estudo de revestimentos e suas patologias, pavimentação, esquadrias, pinturas, elementos construtivos tratamentos para conforto e pós-obra. O que se observa dessas disciplinas é que possuem uma sequência de conteúdos alinhados as sequências executivas em canteiros de obras, tornando simples o seu entendimento. Quanto ao foco dessa pesquisa, se mostrou que é sobretudo na disciplina de Técnicas Construtivas II que se abordam os temas de construção a seco e sistemas construtivos alternativos, ainda que brevemente. No entanto, em função de limites de tempo e grande número de outros assuntos, esses conteúdos tendem a ser abordados de forma rápida e sem devido aprofundamento dada sua relevância e as oportunidades que representam.

Seguindo a análise da matriz curricular, voltamos o olhar para as disciplinas de Práticas Construtivas (Práticas Construtivas I, segundo semestre, 3 horas-aula semanais, 45 horas-relógio no semestre, código JG_EDI.15; Práticas Construtivas II, terceiro semestre, 3 horas-aula semanais, 45 horas no semestre, código JG_EDI.103; Práticas Construtivas III, quarto semestre, 5 horas aulas semanais, 75 horas no semestre, código JG_EDI.108). O conjunto de disciplinas de práticas construtivas possui a maior carga horária do curso totalizando 165 horas-relógio sendo que este grande número de horas dispensadas a essa disciplina se justificam em função de sua natureza de ordem prática, nas quais os estudantes põe em ação os conhecimentos desenvolvidos nas disciplinas de técnicas construtivas, ministradas paralelamente a estas, seguindo a mesma lógica sequencial de etapas de obra, sendo a primeira destinada a apresentação de teorias enquanto a segunda apresentação prática dos sistemas construtivos. No entanto enquanto na disciplina de técnicas construtivas os sistemas construtivos alternativos são apresentados, na disciplina de práticas estes sistemas não são executados, essa escolha por centrar esforços para construção tradicional se explica na dificuldade em se encontrar material para as aulas práticas bem como seu custo e ferramental necessário, outro

ponto que colabora para essa não execução é a carga horária, ainda que maior em relação a outras disciplinas, insuficiente para o pleno desenvolvimento das atividades em todos os sistemas construtivos. As atividades executadas, entretanto, são voltadas principalmente para as técnicas de restauro de edificações, resgatando técnicas tradicionais, conforme o projeto pedagógico e os anseios da sociedade.

Por fim, se analisou a disciplina de Estruturas, do terceiro semestre, que sob o código JG_EDI. 98, perfaz 30 horas-relógio, dividido em duas horas aulas semanais. Nesta disciplina se discutem as normas relacionadas a projetos de estruturas, seu funcionamento, carregamentos, esforços, reações, concepção estrutural e interpretação de projetos. Todas essas discussões são voltadas principalmente para as tradicionais estruturas de concreto armado e também para estruturas de aço e madeira, não mencionando sistemas de construção alternativos na ementa.

Conclui-se então que ao elaborar a matriz curricular se buscou dar o enfoque objetivado na criação do curso e descrita em seu projeto político-pedagógico, PPC, abordando com bastante ênfase os processos de recuperação de edificações históricas. No entanto, ainda se dispensa esforço em abordar sistemas construtivos alternativos, mesmo que de forma superficial. Na matriz curricular apresentam-se algumas práticas pedagógicas voltadas a emancipação dos trabalhadores e trabalhadoras, assim se faz pertinente, como já trabalhado, um aprofundamento dos conhecimentos relacionados a construção civil a seco, mas com foco no restauro e recuperações de edificações históricas, apresentando as possibilidades que essas tecnologias podem oferecer para a conservação patrimonial e histórica, fornecendo conhecimentos relevantes para que estes estudantes possam continuar atualizados em relação ao mercado da construção independentemente de se tratar de obras novas ou não.

4 CONCLUSÃO

Desta forma, Projeto Pedagógico Institucional (PPI) enquanto diretriz principal das ações educacionais do IFSul, apresenta de forma clara a perspectiva educacional emancipadora da instituição, e apresenta a pesquisa como um de seus princípios educativos mais importantes como forma de ser mais do que uma instituição reprodutora de conhecimento, mas sim dar protagonismo a seus estudantes, docente e técnicos administrativos no processo de desenvolvimento dos saberes técnicos e humanísticos. Estes princípios são verticalizados para todos os níveis de ensino, uma vez que este documento baseia todas as atividades pedagógicas da instituição, refletindo-se no projeto político-pedagógico e nas matrizes curriculares dos cursos oferecido a comunidade.

Outro princípio bastante presente nestes documentos é o da participação da comunidade em processos de planejamento da instituição, como a elaboração de cursos e eventos. Este caráter democrático e perceptível quando se analisa o projeto do curso técnico em edificações do campus Jaguarão no modo como a comunidade se mobilizou efetivamente primeiramente no sentido da implantação do campus no município e em um segundo momento na decisão das diretrizes dos cursos, o eixo tecnológico adotado, de infraestrutura, o caráter binacional e a integração com os estudantes uruguayos. A análise do projeto do curso mostra então a importância desta integração regional em especial para a preservação histórica e cultural da região, pois, como deliberação da comunidade e da instituição o foco

dados curso técnico em edificações foi o de restauração e conservação de edificações além do resgate de materiais e técnicas.

Pode-se concluir, após análise do projeto de curso e de sua matriz curricular que, salvo raras ocorrências como no caso de breves mesões, onde se descrevem as competências esperadas dos estudantes, de sua atuação profissional e na apresentação da necessidade da comunidade, o projeto deste curso pouco aborda ensino de novas tecnologias construtivas e a pesquisa enquanto princípio educativo. Este trabalho não se trata de uma proposta para uma mudança de foco do curso, tampouco abandonado desenvolvimento dos conhecimentos tradicionais, mas sim abordar as novas sistemas construtivos, alternativos enquanto métodos aliados ao restauro das edificações históricas e do patrimônio histórico, considerando que os profissionais poderão deparar-se no decorrer de sua atuação profissional com diferentes materiais e deverão ser capazes de os utilizar, inclusive mas não somente para de restauro de edificações.

REFERÊNCIAS

1. THOMAZ, Erico. Tecnologia, Gerenciamento E Qualidade na Construção. 2002. São Paulo: Editora PINI, 1ª Edição, 2ª Tiragem.
2. CBCA. Cenário dos fabricantes de perfis galvanizados para light steel frame e drywall, E8 Inteligência 2018. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/lib/php/download.php?now=0&arg=produtos/prod_20181023173037_cenario-dos-fabricantes-de-perfis-galvanizados-para-lsf-2018.pdf>. Acesso em 04 mar. 2019.
3. TOLEDO, Raquel, et al. A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil. 1999. Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Trindade, Florianópolis-SC.
4. BARBOSA, Christiane L.; LIMA, Adalberto C. Desenvolvimento do perfil do trabalhador da construção civil na cidade de Belém. XXVII Encontro Nacional de engenharia de produção. ENEGEP/ABEPRO, 2007.
5. CBIC; CNI. **Sondagem indústria da construção**. Indicadores CNI, ano 9, n 11, nov. 2018. Disponível em <<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/Sond-Nov18.pdf>>. Acesso em 04 mar. 2019.
6. POTT, Luana M.; EICH, Monique C.; ROJAS, Fernando C. Inovações tecnológicas na construção civil. In: Seminário interinstitucional de ensino, pesquisa e extensão: Redes e territórios, nº XXII, 2017, Anais. Cruz Alta – RS, 2017.
7. BEKAERT. A tecnologia na construção civil e seus desdobramentos. 2018. Disponível em: <<https://blog.belgobekaert.com.br/a-tecnologia-na-construcao-civil-e-seus-desdobramentos/>> Acesso em: 10/07/2019.
8. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: Edificações Residenciais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
9. CBIC. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR-15575/2013. 2ª ed. Fortaleza - CE: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013. 308p
10. CBIC. Catálogo de inovação na construção civil. 1ª ed. Brasília-DF: CBIC, 2016. 137p. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Catalogo_de_Inovacao_na_Construcao_Civil_2016.pdf> Acesso em 04 mar. 2019.
11. CRASTO, Renata. C. M.; FREITAS, Arlene. M. S. Steel Framing: Arquitetura. IBS/CBCA. Rio de Janeiro, 2006.

12. CRASTO, Renata C. M. Arquitetura e tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados – Light Steel Framing. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2005.
13. CONSULSTEEL. Construcción com acero liviano – manual de procedimiento. Buenos Aires. Consul Steel. 2002. 1 CD-ROM
14. CBCA. Cenário dos fabricantes de perfis galvanizados para light steel frame e drywall, E8 Inteligência 2018. Disponível em: <https://www.abcem.org.br/lib/php/download.php?now=0&arg=produtos/prod_20181023173037_cenario-dos-fabricantes-de-perfis-galvanizados-para-lsf-2018.pdf>. Acesso em 04 mar. 2019.
15. SINDUSCON-SC. Perfil do trabalhar da construção civil. Ano 2016, 34p. Disponível em: <<http://sinduscon-fpolis.org.br/ebook-perfil-do-trabalhador-da-construcao-civil.pdf>> Acesso em 04 de mar. 2018
16. RODRIGUES, José. Educação Politécnica In: PEREIRA, Isabel Brasil (Org); LIMA, Julio C.F (Org). Dicionário da educação profissional em saúde. 2ª ed. Rio de Janeiro: EPSJV, 2008. 478p. p. 168-174.
17. SAVIANI, Demerval. Sobre a concepção de politecnia. 1ª ed, Rio de Janeiro: EPSJV, 1989, 51p.
18. RAMOS, Marise. Concepção do ensino médio Integrado. Secretaria de Educação do Estado do Pará, maio de 2008, 25p. Disponível em: <<https://tecnicadmiwj.files.wordpress.com/2008/09/texto-concepcao-do-ensino-medio-integrado-marise-ramos1.pdf>>. Acesso em 04 mar. 2018.
19. CIAVATTA, Maria; RAMOS, Marise. Ensino médio e educação profissional no Brasil - dualidade e fragmentação. Revista Retratos da Escola, Brasília, v. 5, n. 8, p. 27-41, jan./jun. 2011 Disponível em: <<http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde/article/viewFile/45/42>>. Acesso em 04 mar. 2018.
20. BARATO, Jarbas N. Conhecimento, trabalho e obra: uma proposta metodológica para a Educação Profissional. B. Téc. Senac: a R. Educ. Prof, v. 34, n. 3, p. 4–15, 2008. Disponível em: <<http://www.bts.senac.br/index.php/bts/article/view/262%3E>>. Disponível em 04 de mar. 2019.
21. IFSUL, **Projeto Pedagógico Institucional**. Atualizado ano 2017 Disponível em: <<http://www.ifsul.edu.br/projeto-pedagogico-istitucional> > Acesso em 04 de set. 2019
22. IFSUL, **Projeto do Curso Técnico em Edificações - Forma Subsequente**. Atualizado ano 2018 Disponível em: <<http://intranet.ifsul.edu.br/catalogo/download/projeto/397>> Acesso em 04 de set. 2019
23. LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E.D.A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 99p.
24. GIL, Antônio C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6ª ed. São Paulo: ATLAS, 2008. 202p.
25. SÁ-SILVA, Jackson Ronie; ALMEIDA, Cristóvão Domingos, GUINDANI, Joel Felipe. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. 2009 Rev. Bras. de História & Ciências Sociais. n. I, p. 1-15, jul..

INTÉRPRETE DE LIBRAS E USO DE APLICATIVOS TRADUTORES: REFLEXÃO SOBRE SUAS CONTRIBUIÇÕES NA INCLUSÃO DE ALUNOS SURDOS

*Pereira, M. K.*¹

*Bueno, K. A.*²

¹ *Mestranda, Margareth Kayser Pereira, Instituto Federal Sul-rio-grandense, margakayserpeeira@gmail.com.*

² *Doutor, Kim Amaral Bueno, Instituto Federal Sul-rio-grandense, kim.amaral@ymail.com*

Resumo

O presente artigo objetivou investigar o papel do intérprete de Língua Brasileira de Sinais - Libras na educação de alunos surdos na perspectiva inclusiva e o uso dos aplicativos tradutores como recurso de acessibilidade a fim de identificar o propósito de cada um na inclusão de pessoas surdas nos ambientes escolares. Para o desenvolvimento desse estudo realizou-se pesquisa bibliográfica, que se voltou à elaboração de uma revisão teórica a qual contempla as principais premissas sobre educação inclusiva de pessoas surdas; o papel do intérprete de Libras nos espaços educativos inclusivos; e aplicativos tradutores como recurso de acessibilidade. Posteriormente, são apresentados os resultados dessa pesquisa, nos quais são elucidadas as finalidades da atuação do intérprete de Libras em relação às dos aplicativos tradutores, elencando também os aspectos que os assemelham e os diferenciam. Identificou-se que tanto o intérprete quanto os aplicativos contribuem para a inclusão de alunos surdos, todavia as atuações possuem propósitos distintos. O primeiro é um profissional fundamental para que o aluno surdo seja incluído numa escola regular, pois exerce o papel de interlocutor na comunicação realizada entre o professor e aluno. Sua contribuição no processo inclusivo dos alunos surdo transcende apenas à interpretação da língua, uma vez que também interpreta a cultura de um mundo para o outro. Já os aplicativos são recursos tecnológicos que auxiliam na interação do surdo com ouvintes a partir da tradução Português/Libras-Libras/Português, sem considerar os aspectos culturais e de identidade do surdo, que na função de aplicativo tradutor, não garante a comunicação plena.

Palavras-chave: Inclusão; Pessoas surdas; Intérprete de Libras; Aplicativos tradutores.

BRAZILIAN SIGN LANGUAGE INTERPRETER AND THE USE OF TRANSLATOR APPLICATIONS: REFLECTION ON THEIR CONTRIBUTIONS TO THE INCLUSION OF DEAF STUDENTS

Abstract

This study aimed to investigate the role of the Brazilian Sign Language - Libras interpreter in the inclusive education of deaf students and the use of translating applications as an accessibility resource to identify their purpose in including deaf people in schools. são mais extensos. For the development of this study, a

bibliographic research was carried out to elaborate a theoretical review which contemplates the main premises about inclusive education of deaf people; the role of the Libras interpreter in inclusive educational spaces; and accessibility translating applications. Subsequently, the results of this research are presented, starting from learning the purposes of the Libras interpreter's performance in relation to those of the translating applications, also listing the aspects that resemble and differentiate them. It was found that both the interpreter and the applications contribute to the inclusion of deaf students, but the performances have different purposes. The first is a fundamental professional for the deaf student to be included in a regular school, because he has the role of interlocutor in the communication between teacher and student. His contribution to the inclusive process of deaf students transcends only language interpretation, as it also interprets culture from one world to another. Já os aplicativos é um recurso tecnológico que auxilia na interação do surdo com ouvintes a partir da tradução Português/Libras-Libras/Português, sem considerar os aspectos culturais e de identidade do surdo. Assim, na função de aplicativo tradutor, não garante a comunicação plena.

Key words: Inclusion; Deaf people; Brazilian Sign Language Interpreter; Translator applications.

1 INTRODUÇÃO

O presente estudo objetiva investigar o papel do tradutor intérprete de Língua Brasileira de Sinais - Libras na educação de alunos surdos na perspectiva inclusiva. Além disso, se propõe a pesquisar como o uso de aplicativos tradutores contribui para acessibilidade de pessoas surdas. A partir disso, pretende-se identificar o propósito da atuação do intérprete e dos aplicativos na inclusão de pessoas surdas, para averiguar aspectos que os assemelham e os diferenciam.

A presença do tradutor intérprete de LIBRAS – TILS nos ambientes escolares é o um dos resultados decorrentes dos movimentos da sociedade organizada ocorridos nas últimas duas décadas, em especial da comunidade surda. A criação de diversas políticas públicas ocorreu a partir desses movimentos, os quais buscavam e continuam buscando a garantia de direitos que promovam a inclusão das pessoas surdas a partir da acessibilidade na dinâmica social.

Essas políticas são fundamentais, considerando que é emergente a sociedade dar respostas para essas pessoas, tendo em vista que, segundo o Senso 2010⁽¹⁾ as pessoas com deficiência representam uma parcela significativa da população total do Brasil: 45.606.048 de brasileiros têm pelo menos um tipo de deficiência. Os indicadores do Rio Grande do Sul, no Senso 2010, inferem que há entre sua população 2.549.691 pessoas com deficiências, ou seja, essa categoria representa 23,84% da população deste estado, seguindo o panorama do índice nacional. Em especial, as pessoas com deficiência auditiva correspondem a 5,1% da população brasileira, sendo que na faixa etária entre 0 (zero) e 17 (dezessete) anos há 66.839 pessoas com deficiência auditiva no critério “não consegue de modo algum” e 116.328 pessoas em relação ao critério “grande dificuldade”.

Atualmente observa-se que a tecnologia vem contribuindo para acessibilidade das pessoas com deficiência. Para as pessoas surdas empresas têm desenvolvido software – aplicativos para facilitar a comunicação entre surdos e ouvintes através de recursos digitais de tradução.

Diante desse cenário, no qual se identifica uma grande parcela da sociedade brasileira com deficiência auditiva e se reconhece a necessidade de TILS para promover a comunicação entre ouvintes e surdos, que também surgem de recursos digitais também voltados à acessibilidade pela comunicação em Libras, estudos voltados a temáticas atinentes à inclusão de pessoas surdas possui uma grande relevância social. Além disso, tanto o profissional TILS quanto os aplicativos atuam como agentes de inclusão e merecem atenção e ampliação de estudos para que o debate sobre esse assunto seja fomentado e entendimentos elucidados e construídos.

1.1 PREMISSAS SOBRE EDUCAÇÃO INCLUSIVA DE PESSOAS SURDAS

Pensar a educação a partir de uma perspectiva inclusiva é compreender que todos os alunos, independentemente de suas condições físicas ou sociais, possuem o direito ao acesso à escola. Esse acesso deve ser entendido para além do sentido de ingresso, pois deve contemplar principalmente condições que garantam aos estudantes acessibilidade aos diferentes ambientes e currículos escolares.

Inclusão social é um movimento em que a sociedade elimina as barreiras excludentes e proporciona a todos a participação da dinâmica social, sem diferenciação entre os cidadãos. Nesse sentido, uma escola inclusiva, deve-se propor à inclusão escolar, atendendo todas as crianças, sem qualquer exceção. Segundo Beyer⁽²⁾: “nesse sentido, não determina distinções de espécie alguma, no que tange às características diversificadas de aprendizagem dos alunos.”

Para as pessoas surdas, as barreiras que impedem sua participação nessa dinâmica não são físicas, mas sim de comunicação. Os surdos se comunicam através da Língua Brasileira de Sinais - Libras, reconhecida pela Lei Nacional nº 10.436/2002 como meio legal de comunicação e expressão dos surdos.⁽³⁾

Segundo o Decreto nº 5.626/2005⁽⁴⁾, “considera-se pessoa surda aquela que, por ter perda auditiva, compreende e interage com o mundo por meio de experiências visuais, manifestando sua cultura principalmente pelo uso da Língua Brasileira de Sinais - LIBRAS.” Nessa mesma normativa, há a definição de deficiência auditiva como a perda bilateral, parcial ou total, de quarenta e um decibéis (dB) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500Hz, 1.000Hz, 2.000Hz e 3.000Hz. Essa normativa contempla essas duas definições, pois a cultura surda atinge aspectos próprios, de linguagem e expressão que se difere da definição simples de deficiência auditiva. No material “Atitudes que fazem a diferença com PCD”, produzido pela Fundação de Atendimento ao Deficiente e ao Superdotado do Rio Grande do Sul – FADERS é esclarecida essa diferença de entendimento:

A pessoa com **deficiência auditiva** pode ser atendida normalmente, desde que haja um direcionamento do olhar para ela, com falas calmas e articuladas, sem exagero. Na falta do entendimento, utilizar gestos de apoio como apontar para objetos ou mostrar os objetos. Ela é uma pessoa que compreende pela pouca audição ou pela leitura labial, e não é usuária de Libras.

Com relação ao atendimento aos surdos, o direcionamento do olhar também é importante. Os **surdos** são reconhecidos pela sua forma de expressão, que é totalmente em Língua de

Sinais. Seria interessante os espaços disporem de pessoas que saibam Libras.⁽⁵⁾

Nesse mesmo sentido, Skliar⁽⁶⁾ reflete sobre a surdez, inferindo que os aspectos que permeiam a cultura surda transcendem à condição da deficiência auditiva. PERLIN⁽⁷⁾ corrobora com esse entendimento, afirmando que o surdo é um sujeito surdo, com identidade surda. Para essa autora a cultura surda não se aproxima da cultura ouvinte, uma vez que é constituída como atividade criadora a partir de ação e atuação visual. Nesse sentido, ser surdo é “pertencer a um mundo de experiência visual e não auditiva.”⁽⁷⁾

Oliver Sacks⁽⁸⁾ apresenta contribuições significativas para as reflexões sobre a cultura surda. Para esse autor, há uma diversidade de entendimentos sobre o termo “surdo”, pois a pessoa pode apresentar surdez desde o nascimento de forma total ou em diferentes graus, ou adquiri-la no decorrer da vida: “O termo “surdo” é vago, ou melhor, é tão abrangente que nos impede de levar em conta os graus de surdez imensamente variados, graus que têm uma importância qualitativa e mesmo “existencial.”⁽⁸⁾

Segundo os estudos sobre defectologia propostos por Vigotsky⁽⁹⁾ as pessoas surdas são “capazes de realizar em toda a sua plenitude o comportamento humano, isto é, levar uma vida ativa.” A partir desse pensamento, entende-se que a pessoa surda pode se desenvolver, fazendo uso de outras formas para compreender o mundo e interagir com ele, como utilizando a língua de sinais. No Brasil, como supracitado, os surdos utilizam a Libras para isso, sendo o direito dessas pessoas a presença do profissional intérprete no ambiente escolar para que seja possível o convívio nesse espaço. Esse profissional é fundamental para que o aluno surdo seja incluído numa escola regular, pois exerce o papel de interlocutor na comunicação realizada entre o professor e aluno.

1.2 O PAPEL DO TRADUTOR INTÉRPRETE DE LIBRAS – TILS NA INCLUSÃO DE ALUNOS SURDOS: CONSIDERAÇÕES A PARTIR DA TEORIA SÓCIO-INTERACIONISTA.

Para Beyer⁽¹⁰⁾, ao se realizar qualquer estudo sobre inclusão, há a necessidade de aprofundar os pensamentos de Vigotsky, pois, segundo esse autor: “talvez ele tenha sido o primeiro pensador cujas ideias abordaram conceitos centrais do projeto de inclusão escolar.” Skliar⁽⁶⁾ também discorre sobre esse tema analisando-o a partir da concepção de Vigotsky, concordando com esse quanto à definição do problema da educação de surdos como uma das mais complexas questões teóricas da pedagogia científica. Ainda segundo Skliar⁽⁶⁾, a teoria sócio-histórica de Vigotsky diante das questões acerca do desenvolvimento das crianças surdas, apesar de lógica, era demasiadamente otimista para a sua época.

Sacks⁽⁸⁾ retoma alguns estudos sobre surdos, inferindo que o desenvolvimento do sujeito, quanto sua linguagem e pensamento, não estão vinculados apenas as suas funções biológicas: “mas também tem origem social e histórica; essas capacidades são um presente — o mais maravilhoso dos presentes — de uma geração para a outra. Percebemos que a cultura é tão importante quanto à natureza.”⁽⁸⁾ Diante disso, esse autor faz referência ao pensamento de Vigotsky, para o qual linguagem tem ao mesmo tempo função social e intelectual, pois seu desenvolvimento tem natureza social e mediada, decorrentes das interações entre adulto e criança.

Para o desenvolvimento das pessoas com deficiência, em especial das surdas, é fundamental a premissa Vigostskyana da necessidade de interações sociais em seu grupo, para que se tornem capazes de desenvolver as estruturas humanas fundamentais do pensamento e da linguagem ⁽¹⁰⁾

Vigotsky⁽⁹⁾ rompe com o entendimento de que as pessoas surdas são incapazes ou puramente aberrações. Para ele a surdez, assim como a cegueira, não pode ficar restrita à condição de patologia, pois implica na necessidade da busca de novos caminhos sensoriais para que a pessoa possa se desenvolver e viver em sociedade.

A educação de alunos surdos exige que esses elementos sejam considerados, para que o aluno possa se desenvolver a partir das interações estabelecidas pelo uso de sinais. Por isso a importância do intérprete de Libras, que atua para que as barreiras de comunicação junto às pessoas surdas sejam superadas. A Libras, apesar de ser uma língua oficial brasileira, não é difundida no país, ficando restrita às comunidades surdas. Assim, os ouvintes de forma autônoma não conseguem se comunicar com as pessoas surdas, visto que não fazem uso da mesma língua, ocasionando prejuízos ao estabelecimento de interações.

Numa escolar regular os professores interagem com seus alunos a partir da oralidade da língua portuguesa. Numa perspectiva de uma educação inclusiva de alunos surdos, o TILS atua, segundo Nascimento⁽¹¹⁾ como um agente de extrema importância para a inclusão desses sujeitos, pois os profissionais que fazem a tradução/interpretação dos discursos produzidos em língua de sinais e em línguas orais, possibilitando a interação entre os surdos e os ouvintes. Nascimento retoma o entendimento de Bakhtin, ao afirmar que a linguagem é dialógica, e no discurso estabelecido há um enunciado de alguém para alguém. No caso do diálogo entre ouvinte e surdo o “intérprete está no meio desta tríade (emissor, linguagem, receptor), e faz parte dela quando da comunicação de falantes que usam línguas diferentes.” ⁽¹¹⁾

O trabalho do TILS exige muita responsabilidade e zelo pela ética, por isso a Lei nº 12.319/2010, que regulamenta a profissão de TILS no Brasil, prevê que “o intérprete deve exercer sua profissão com rigor técnico, zelando pelos valores éticos a ela inerentes, pelo respeito à pessoa humana e à cultura do surdo” ⁽¹²⁾. Diante disso, Mendes⁽¹³⁾ pontua que a esse profissional é exigido algumas competências para sua atuação ser eficiente em prol da educação inclusiva:

A atuação deste profissional, na área educacional, requer formação específica, experiências com a prática pedagógica, o domínio das línguas envolvidas na interpretação, ou seja, uma boa base em fundamentos da linguística e educação. Esta atuação envolve também questões culturais e sociais que estão em funcionamento e os diferentes usos da linguagem nas interações humanas. ⁽¹³⁾

Diante do exposto, evidencia-se que o papel do TILS não se limita a tradução de palavras de uma língua para a língua de sinais, pois envolve também a interpretação de aspectos culturais que se distinguem entre as línguas. Em especial, o intérprete que atua em ambientes escolares na perspectiva inclusiva, conforme afirma Mendes⁽¹³⁾, transmite os discursos escolares para a criança surda e sua expressão para os ouvintes. A preocupação do TILS extrapola os aspectos atinentes aos sinais e à estrutura das línguas envolvidas.

1.3 APLICATIVOS TRADUTORES: REFLEXÃO SOBRE SUA CONTRIBUIÇÃO NA INCLUSÃO DE ALUNOS SURDOS.

Uma escola inclusiva enfrenta muitos desafios, em especial na educação de surdos, esses desafios estão nas estratégias para que a educação bilíngüe ocorra sem que o aluno fique segregado pelas barreiras de comunicação junto aos ouvintes. Uma das ações instituídas pelo poder público para enfrentar esses desafios foi tornar a Libras uma disciplina obrigatória nos cursos de formação de professores, conforme disposto no Decreto Nacional nº 5626/2005:

Art. 3º A Libras deve ser inserida como disciplina curricular obrigatória nos cursos de formação de professores para o exercício do magistério, em nível médio e superior, e nos cursos de Fonoaudiologia, de instituições de ensino, públicas e privadas, do sistema federal de ensino e dos sistemas de ensino dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. ⁽⁴⁾

Todavia, muitos professores que já atuam sem sala de aula formaram-se em momento anterior a essa legislação, não tendo acesso ao conhecimento mínimo em Libras. Esse mesmo decreto prevê que as instituições promovam cursos de formação para ensino e uso de Libras. Essa ação contribuiria para minimizar as barreiras de comunicação entre professores ouvintes e alunos surdos, porém a realidade da maioria das escolas públicas em relação aos seus orçamentos reduzidos implica, aos seus gestores, priorizarem o destino das verbas recebidas, sendo que os cursos aos docentes acabam ficando secundários às necessidades para manter as escolas em funcionamento.

Além disso, essa mesma legislação prevê que as escolas devem disponibilizar tradutor intérprete de Libras. Porém, mesmo que a escola garanta a presença desse intérprete durante as aulas, os surdos vivenciam outros espaços dentro da escola, em que nem sempre o TILS está presente, o recreio (intervalo entre as aulas) é um momento que isso pode ocorrer. Nesse espaço informal da escola, os alunos crianças e jovens compreendem como oportunidade de convívio e interação com seus colegas, sem a presença de um adulto. Ao aluno surdo, nesse momento, as tecnologias da informação e comunicação - TICs podem contribuir para que a comunicação entre surdos e ouvintes seja possível, favorecendo a interação de forma autônoma. Para Oliveira⁽¹⁴⁾ é preciso “reconhecer as mudanças sociais a partir das TICs, principalmente aquelas que utilizam aparelhos multimídias, é possível pensar em práticas escolares marcadas pela interatividade”.

Dessa forma, os recursos tecnológicos podem ser reconhecidos como elemento benéfico à inclusão, atuando, conforme aponta Santarosa et al⁽¹⁵⁾, para a vivência das pessoas surdas nesse espaço escolar-físico a partir das “possibilidades que os espaços digitais/virtuais oferecem, de forma direta ou indireta, afetam vários aspectos da vida das pessoas, sejam no âmbito familiar, profissional, educacional e social”. Os recursos mais utilizados para a comunicação em Libras são os aplicativos tradutores, como por exemplo o *Hand talk* - funciona como um tradutor de bolso, traduzindo texto e voz automaticamente para Libras,

A partir das possibilidades desses aplicativos, observa-se que eles atuam como Tecnologias Assistivas – TA. Passerino et al⁽¹⁵⁾ caracterizam TA como: “termo

utilizado para identificar “todo o arsenal de recursos e serviços que contribuem para proporcionar ou ampliar habilidades funcionais de pessoas com deficiência, promovendo vida independente, autonomia e inclusão.”

Faz parte do cenário atual o uso massivo de aparelhos *smartphones*, que possibilitam acesso rápido a diversos tipos de aplicativos das mais variadas finalidades. Esses aparelhos podem ser utilizados em prol da inclusão, através do uso dos aplicativos tradutores de Libras tanto par comunicação com os professores quanto com os colegas ouvintes.

O estudo de Correa et al⁽¹⁷⁾, afirma que a inserção das pessoas surdas pelo uso das TICs é uma possibilidade de promover a interação, comunicação e subjetivação do sujeito, na medida em que “minimizam as barreiras linguísticas que excluem socialmente o sujeito surdo, as ferramentas contribuem para a inclusão deste na sociedade”. Todavia, esse estudo destaca alguns aspectos limitadores acerca do uso desses tradutores, como o acesso à ferramenta requerer conhecimentos em tecnologias digitais, aparelho com conexão à *Internet*: “falta de conectividade restringe a principal potencialidade das ferramentas que é permitir a socialização entre surdos e ouvintes nos variados espaços da escola ou da vida cotidiana.”⁽¹⁷⁾. Além disso, aponta que fragilidade quanto aos aspectos lingüísticos:

A presença de sinais regionalizados, típicos de regiões específicas do país; ausência do parâmetro referente à expressão facial no avatar, uma vez que esse é fundamental para a compreensão da Libras; traduções fora de contexto, confusas ou em desacordo com a estrutura gramatical da Libras; vocabulário de sinais restrito, o que implica na realização do português sinalizado (datilologia) e o fato de que o sujeito surdo precisa ter conhecimento básico de Língua Portuguesa para fazer uso do aplicativo, o que é um impedimento uma vez que parte dos surdos não é alfabetizada em Língua Portuguesa.⁽¹⁷⁾

Diante do exposto, percebe-se que os aplicativos tradutores caracterizam-se como ferramentas que surgiram para acessibilidade a partir de uma nova forma para comunicação em Libras. A partir disso, possibilita maior autonomia na interação entre surdos e ouvintes, contribuindo para a inclusão, pois atuam como um recurso que minimiza as barreiras excludentes para participação dos surdos, não somente nos ambientes escolares, mas na dinâmica social.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do presente artigo empregou-se como metodologia pesquisas bibliográfica e documental. A primeira voltou-se à elaboração de uma breve revisão bibliográfica, a qual contempla as principais premissas sobre educação inclusiva de pessoas surdas, tendo como base teórica BEYER (2013), Skliar (2013), Sacks (1989) e Vigotsky (1983). Posteriormente, aprofunda-se o estudo sobre o papel do tradutor intérprete de libras – TILS na inclusão de alunos surdos a partir da teoria sócio-interacionista. Para tanto, sua base teórica elenca as supracitadas, acrescidos os estudos de Nascimento e Mendes (2012). Para investigar a contribuição dos aplicativos tradutores na inclusão de alunos surdos, discorre-se a partir de produções teóricas mais recente como de Oliveira (2015),

Santarosa et al (2019), Passerino et al (2018). Destaca-se que pesquisa bibliográfica é elaborada a partir de investigações em materiais já publicados, conforme Gil⁽¹⁸⁾ afirma:

A pesquisa bibliográfica é elaborada com base em material já publicado. Tradicionalmente, esta modalidade de pesquisa inclui material impresso, como livros, revistas, jornais, teses, dissertações e anais de eventos científicos. Todavia em virtude da disseminação de novos formatos de informação, estas pesquisas assaram a incluir outros tipos de fontes, como 10 discos, fitas magnéticas, CDs, bem como o material disponibilizado pela Internet.

Ademais, em diálogo com a revisão bibliográfica, também foram investigadas os principais documentos legais, em especial, normativas brasileiras que visam a atender e garantir os direitos das pessoas surdas, em especial aos aspectos que permeiam o uso da Libras. Essa pesquisa tem como interesse a consulta aos dados obtidos, interpretando-os e apresentando os seus conteúdos considerados relevantes, conforme anunciado por Dionne e Laville:

Os documentos aportam informação diretamente: os dados estão lá, resta fazer sua triagem, criticá-los, isto é, julgar sua qualidade em função das necessidades da pesquisa, codificá-los ou categorizá-los... Onde, nesse caso, traçar o limite entre a coleta e a análise? Pois atribuir um código, associar a uma categoria, já é analisar, ou até interpretar. Para simplificar, pode-se concluir que a coleta da informação resume-se em reunir os documentos, em descrever ou transcrever eventualmente seu conteúdo e talvez em efetuar uma primeira ordenação das informações para selecionar aquelas que parecem pertinentes. ⁽¹⁹⁾

Pretende-se com essa pesquisa compreender o papel do tradutor intérprete de Língua Brasileira de Sinais - Libras na educação de alunos surdos na perspectiva inclusiva. Além disso, identificar como o uso de aplicativos tradutores contribui para acessibilidade de pessoas surdas. A partir disso, averiguar aspectos que esses dois agentes inclusivos apresentam de semelhantes, bem como elementos que os diferenciam.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pessoas surdas assim como as ouvintes desenvolvem-se a partir das interações sociais estabelecidas. Não se identifica incapacidade nessas pessoas, as barreiras encontram-se na sociedade, que desconhece e não faz uso da Libras para comunicar-se. Além da fala, existem outras formas para se comunicar, o que se observa nos caminhos percorridos pelos surdos para construção de sua cultura e identidade e reconhecimento da Libras.

Tardiamente, oito anos após a Libras ser reconhecida como língua oficial no Brasil, regulamentou-se a profissão do tradutor intérprete de Libras. O trabalho

desse profissional já era identificado pela previsão disposta no Decreto nº 5.626/2005, de que as escolas deveriam prover TILS para alunos surdos., que

Os tradutores digitais, conhecidos como aplicativos tradutores, sendo os mais famosos o *Hand Talk* e *ProDeaf Móvel*, surgiram no ano de 2013: “ambos tradutores automáticos de palavras, frases ou pequenos parágrafos em Língua Portuguesa, escrita ou falada, para Língua Brasileira de Sinais (Libras), por meio de agentes animados 3D, sob a condição de intérpretes virtuais.”⁽²⁰⁾. Esse recurso acompanha o avanço tecnológico dessa última década, marcado pela massificação de usos de aparelhos *smartphones* com acessos a diversos tipos de aplicativos.

Identificou-se que tanto o tradutor intérprete de Libras quanto os aplicativos contribuem para a inclusão de alunos surdos, todavia as atuações possuem propósitos distintos. O primeiro é um profissional fundamental para que o aluno surdo seja incluído numa escola regular, pois exerce o papel de interlocutor na comunicação realizada entre o professor e aluno. Sua contribuição no processo inclusivo dos alunos surdo transcende apenas à interpretação da língua, uma vez que também interpreta a cultura de um mundo para o outro. O segundo é um recurso tecnológico que auxilia na interação do surdo com ouvintes a partir da tradução Libras-Português, sem considerar os aspectos culturais e de identidade do surdo, que na função de aplicativo tradutor, não garante a comunicação plena, que exige elementos ainda não identificados nos aplicativos, como as expressões faciais e corporais, conforme Kubaski e Moraes:

As expressões faciais e corporais são de fundamental importância para o entendimento dos sinais, visto que, a entonação em língua de sinais é feita por estas expressões e que, o diferencial entre as línguas de sinais e as demais línguas é a sua modalidade visual – espacial, ou seja, a realização dessas línguas não é estabelecida por meio do canal oralauditivo, mas por meio da visão e da utilização do espaço.⁽²¹⁾

Diante do exposto, identifica-se que, como TICs, os aplicativos tradutores, isoladamente, não se configuram como geradores de inclusão, uma vez que será a partir das interações estabelecidas entre as pessoas que utilizam os aplicativos como meio de comunicação em Libras que se identificarão atitudes inclusivas. Também, ressalta-se que a tradução proporcionada nesses recursos não contempla alguns aspectos importantes para a comunicação de sinais, que somente um pessoa consegue transmitir a outra, como expressões, sentimento e aprofundamento de dos conceitos que os representam determinados termos.

Assim, consta-se como fundamental o papel do tradutor intérprete de Libras nos processos inclusivos de pessoas surdas. Diante das fragilidades apresentadas por Correa et al, bem como a caracterização dos aplicativos como recurso tecnológico, esses não substituem a atuação dos tradutores intérpretes.

4 CONCLUSÃO

Os aplicativos tradutores podem ser identificados como TICs que atuam como tecnologia assistiva, favorecendo a comunicação em Libras sem a presença de um profissional tradutor intérprete. O desconhecimento da Libras pelos ouvintes

prejudica a interação junto aos surdos, devido a barreira de comunicação existente entre eles.

Retomando o conceito de inclusão, como um movimento em que a sociedade elimina as barreiras excludentes e proporciona a todos a participação da dinâmica social, sem diferenciação entre os cidadãos. Conforme Sasaki ⁽²²⁾ explica, a inclusão das pessoas na sociedade deve ocorrer, compreendendo que é responsabilidade dessa sociedade atender às necessidades de todos os seus membros a partir de sua própria modificação. Nesse sentido, observa-se que o desenvolvimento desses aplicativos contribui para inclusão de pessoas surdas.

A partir disso, compreende-se que esses recursos, assim como tradutores intérpretes, contribuem para inclusão dos surdos nos ambientes escolares. Um como tradutor digital que se restringe a tradução do termo, desprendido de sentidos e expressões. Já o TILS trabalha para além da tradução, atua interpretando discursos imbuídos de sentidos e expressões da cultura ouvinte à cultura surda e vice-versa.

REFERÊNCIAS

- 1 IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/caracteristicas_religiao_deficiencia/default_caracteristicas_religiao_deficiencia.shtm>. Acesso em 02 out. 2019.
- 2 BEYER, Hugo Otto. **Inclusão e avaliação na escola: de alunos com necessidades educacionais especiais**. Porto Alegre: Mediação, 2013.
- 3 BRASIL. Lei nº 10.436, de 24 de abril de 2002. Dispõe sobre a Língua Brasileira de Sinais - Libras e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 abr. 2002. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110436.htm>. Acesso em: 06 out.. 2019.
- 4 _____. Decreto nº 5.626, de 22 de dezembro de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 dez. 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/decreto/d5626.htm>. Acesso em: 06 jan. 2019
- 5 FADERS. **Cartilha - Atitudes que fazem a diferença com pessoas com deficiência: Garantir os Direitos Humanos é o caminho para inclusão**. Secretaria da Justiça e dos Direitos Humanos; Equipe Técnica da FADERS: 2013. Disponível em: <http://www.portaldeacessibilidade.rs.gov.br/uploads/1357641980CARTILHA_FADERS_em_PDF.pdf>. Acesso em: 29 set.. 2019
- 6 SKLIAR, Carlos (Org.). **A surdez: um olhar sobre as diferenças**. Porto Alegre: Mediação, 2016.
- 7 PERLIN, G. **Identidades surdas**. In: SKLIAR, C. (Org.). **A surdez: um olhar sobre as diferenças**. Porto Alegre: Mediação, 1998.
- 8 SACKS, Oliver. **Vendo Vozes: uma viagem ao mundo dos surdos**. São Paulo, SCHWARCZ, 1989.
- 9 VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **Principios de la educación social de los niños sordomudos**. In: VYGOTSKI, L. S. **Obras Escogidas – Tomo V: Fundamentos de defectología**. Madrid: Visor, 1925-1983/1997.
- 10 BEYER, Hugo Otto. Por que Lev Vygotski quando se propõe uma educação inclusiva? **Revista Educação Especial**, Santa Maria, n. 26, 2005. Disponível em:

- <<https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/4400/2574>>. Acesso em 29 set. 2019
- 11 NASCIMENTO, Marcos V. B. **Tradutor intérprete de libras/português:** formação política e política de formação In: ALBRE, Neiva de Aquino; SANTIAGO, Vânia de A. A.(org.). Libras em estudo: tradução/interpretação. São Paulo: FENEIS, 2012.
 - 12 BRASIL. Lei nº 12.319, de 1º de setembro de 2010. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2 set. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12319.htm> Acesso em: 04 out.I. 2019.
 - 13 MENDES, Regina M. R. **Afinal: intérprete de língua de sinais, intérprete educacional, professor-intérprete ou auxiliar?** O trabalho de intérpretes na lógica inclusiva. In: ALBRE, Neiva de Aquino; SANTIAGO, Vânia de A. A.(org.). Libras em estudo: tradução/interpretação. São Paulo: FENEIS, 2012.
 - 14 OLIVEIRA, Juliana L. A escola na sociedade contemporânea: reflexões acerca da influência das novas tecnologias nas práticas pedagógicas. In: Congresso Nacional de Educação, II, 2015, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2015.
 - 15 SANTAROSA, Lucila M. C.; CONFORTO, Débora; BASSO, Lourenço de O. Eduquito: Ferramentas de Autoria e de Colaboração Acessíveis na Perspectiva da Web 2.0. **Revista Brasileira de Educação Especial**, Marília, v. 18, n. 3, p. 449-468, 2012. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbee/v18n3/a07.pdf>>. Acesso em 04 out. 2019.
 - 16 Passerino, Liliana M.; FRANCISCATTO, Roberto; WAGNER, Rosana. Tecnologias e ferramentas para elaboração de conteúdos em um ambiente MOOC: estudo de caso a partir de uma formação em Tecnologias Assistivas. **Revista Observatório**, Palmas, v. 4, n.3, p. 361-398, maio. 2018. Disponível em: < <https://doi.org/10.20873/uft.2447-4266.2018v4n3p361>>. Acesso em 29 set. 2019.
 - 17 CORRÊA, Ygor et al. Tecnologia Assistiva: a inserção de aplicativos de tradução na promoção de uma melhor comunicação entre surdos e ouvintes. **RENOTE** - Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, V. 12 Nº 1, julho, 2014. Disponível em: < <https://doi.org/10.22456/1679-1916.49824>>. Aceso em: 29 set. 2019.
 - 18 GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010
 - 19 LAVILLE, Christian; DIONNE Jean **A construção do saber:** manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Tradução de Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Porto Alegre: Artes Médicas Sul Ltda.; Belo Horizonte: Editora UFMG, 1999.
 - 20 CORREA, Ygor et al. Aplicativos de Tradução Português-Libras na Educação Bilíngue: desafios frente à desambiguação. **RENOTE** - Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, V. 15 Nº 2, dezembro, 2017.
 - 21 KUBASKI, Cristiane; MORAES, Violeta Porto. O bilingüismo como proposta educacional para crianças surdas. In: IX Congresso Nacional de Educação, 2009, Curitiba. **Anais...** Disponível em: < http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/artigos_edespecial/biliguism.o.pdf>. Acesso em: 28 set. 2019.
 - 22 SASSAKI, Romeu Kazumi. **Inclusão:** Construindo uma sociedade para todos. Rio de Janeiro: WVA, 2006.

PESSOAS DEFICIENTES, PRECONCEITO E MERCADO DE TRABALHO

Pessel, E. R.¹

¹Edson Roberto Pessel, Instituto Federal de Educação, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Sul Rio Grandense, e-mail: didi1@terra.com.br

RESUMO

Podemos idealizar a inserção de deficientes nas empresas pelo ato da seleção inicial, está visando igualdade a todos, seguindo especificamente as leis já existentes no país. Pode-se salientar que no quesito de leis que amparam esta parcela da população brasileira, temos atualmente o melhor conjunto de leis do mundo no Brasil. O processo seletivo deve ser realizado por um profissional habilitado em Recursos Humanos, que deverá realizar uma análise prévia do currículo do candidato e se o perfil preencher os requisitos do cargo chamá-lo para uma entrevista individual ou em grupo. Um recrutador mal preparado ou não informado sobre a acessibilidade não existente na empresa pode causar certos danos psicológicos nos candidatos que vierem a se candidatar em as vagas ofertadas. As empresas através do tempo sempre suprimiram do seu ambiente funcional os que são diferentes, mas atualmente com a criação de leis excepcionalmente variadas, que no Brasil chegam quarenta e nove (49) no total. Sendo um dos melhores conjuntos de leis nesta área, ainda assim, temos 44% apenas dos deficientes físicos empregados nas empresas e órgãos públicos.

Palavras-chave: Deficientes, trabalho, seleção, preconceito.

HANDICAPPED PEOPLE, PREJUDICE AND LABOR MARKET.

ABSTRACT

We can idealize the inclusion of disabled people in companies by the act of initial selection, is seeking equality to all, specifically following the laws already existing in the country. It should be noted that in terms of laws that support this portion of the Brazilian population, we currently have the best set of laws in the world in Brazil. The selection process should be carried out by a qualified Human Resources professional, who should perform a prior review of the applicant's resume and if the profile meets the job requirements, call him or her for an individual or group interview. A poorly prepared or uninformed recruiter of non-company accessibility may cause certain psychological harm to candidates applying for vacancies. Companies over time have always suppressed from their functional environment those that are different, but today with the creation of exceptionally varied laws, which in Brazil reach forty-nine (49) in total. As one of the best sets of laws in this area, we still have 44% of only disabled people employed in companies and public agencies.

Keywords: Handicapped, Work, Selection, Prejudice.

1. INTRODUÇÃO

Este busca esclarecer fatos relevantes no ato de seleções de deficientes físicos para vagas de trabalho destinadas aos mesmos. A colaboração desta será em trazer à visão dos candidatos as vagas sobre o tema e demonstrar o que está correto e incorreto no preenchimento das vagas destinadas a esta clientela de trabalhadores.

Anteriormente aos anos 90, um deficiente raramente conseguia vaga de emprego, pois era desmensurado o preconceito nas empresas. As pessoas desta classe tinham mínimas oportunidades nos processos seletivos e, poucos ambientes adaptados existiam para colaborar. A dificuldade tanto era no setor privado como no público.

A i.social destaca:

45,6 milhões de brasileiros declaram ter alguma deficiência visual, auditiva, motora ou intelectual. Levando em conta apenas as pessoas que tem moderada, grande ou total limitação funcional, o número de pessoas fica em torno dos **15,8 milhões**.

Destes, se considerarmos as pessoas que estão dentro da faixa etária economicamente ativa, entre 18 e 59 anos, chegamos ao número aproximado de **7,7 milhões** de pessoas com deficiência que poderiam ser enquadradas nos critérios da legislação de cotas.

E **381,3 mil** é o número de vínculos de empregos ativos. Em outras palavras, o mercado emprega apenas 1 a cada 20 potenciais profissionais com deficiência. ⁽¹⁾

A criação da Lei de Cotas (Lei 8.213⁽²⁾ de 24 de julho 1991) abriu muitas portas, atualmente as empresas buscam preencher as vagas estabelecidas na lei, mas na sua grande maioria usam critérios e se utilizam de barreiras arquitetônicas para reter a entrada de pessoas deficientes no quadro funcional da empresa. É extremamente dificultoso a um deficiente conseguir vaga no mercado de trabalho, são barrados no processo seletivo.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente estudo visa abordar como ocorre o processo de ocupação de vagas destinadas por lei aos deficientes físicos da região Sul do Brasil. Para tanto, pretende-se analisar casos de deficientes físicos, em empresas públicas e privadas, de modo a comparar o processo nas duas esferas. Partindo-se da percepção dos próprios deficientes sobre a ocupação, observando aspectos positivos ou negativos neste instante crucial da vida de um trabalhador. As vagas correspondem à realidade esperado pelos mesmos ou existem lacunas mal interpretadas na hora de preencher as vagas, no momento que um deficiente busca colocação no mercado de trabalho, se as empresa estão se adequando para receberem estes trabalhadores em seus espaços laborais.

A ênfase desta, será averiguar como são efetivadas e consumadas as vagas destinadas a esta população que atualmente representa, segundo o censo do IBGE⁽³⁾ de 2010, revelou que 45,6 milhões de brasileiros possuem alguma deficiência, destes estão no mercado de trabalho, ainda de acordo com o censo, com algum tipo de deficiência leve ou moderada representam 23,6% da força de trabalho do país, por estes fatos se torna importante visualizar como tais indivíduos

são inseridos no mercado de trabalho. Sendo que a cada ano aumenta o número de deficientes com nível superior de ensino no Brasil, assim aumenta sucessivamente a procura por vagas de emprego para esta parcela da população.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

A existência da Lei nº 8.213/91⁽²⁾, lei de contratação de pessoas com deficiência, nas empresas privadas e públicas. Conhecida popularmente, por lei cotas para deficientes, determina em seu artigo 93, que empresa com 100 ou mais funcionários está obrigada a preencher de dois a cinco por cento dos seus cargos com beneficiários reabilitados e, ou pessoas portadoras de deficiência.

Na seguinte proporção de até 200 funcionários 2%, de 201 a 500 funcionários 3%, de 501 a 1000 funcionários 4%, de 1001 em diante funcionários 5%. Entretanto, a mesma não estabelece critérios para tal preenchimento das vagas, ou seja, as empresas que devem se ajustar as suas necessidades, mas pagam multas se as respectivas cotas não forem cumpridas.

A pessoa estuda e evolui mais nos conhecimentos e, segue ficando fora do mercado de trabalho, qual o motivo? Será um tipo de preconceito com as pessoas ditas deficientes ou seria por fatores econômicos de não se achar viável adaptar sua empresa a realidade de 23,9% da população da brasileira segundo dados os IBGE/2010, que apresenta algum tipo de deficiência grave, moderada ou leve.

Os fatores relevantes, que tipo de negação é utilizada, meios, leis, para não aceitarem as pessoas nas vagas destinadas as mesmas, serão analisados no decorrer da pesquisa buscando esclarecer o que ocorre na hora de inserir pessoas deficientes nas empresas, por que ainda tantos deficientes estão fora do mercado de trabalho atualmente.

Cita o site i.social:

Acredita-se que, se todas as empresas cumprissem a Lei de Cotas, haveria de **700 a 900 mil vagas para pessoas com deficiência** disponíveis no mercado de trabalho. O que acontece, no entanto, é que muitas empresas não cumprem corretamente a lei, ao mesmo tempo em que 81% delas contratam pessoas com deficiência só “para cumprir lei” e não serem multadas. De acordo com dados da pesquisa **“Profissionais de RH: expectativas e percepções sobre a inclusão de pessoas com deficiência no mercado de trabalho”**, com iniciativa da i.Social, parceria da Catho e apoio da ABRH, apenas 4% dos profissionais de recursos humanos, responsáveis pelo recrutamento desses profissionais, declararam fazê-lo por acreditar no potencial deles e apenas 12% o fazem independentemente da cota⁽⁴⁾.

As pesquisas realizadas pelas empresas de Recursos Humanos demonstram ser grande o número de pessoas fora do mercado de trabalho.

2. QUESTÃO DE PESQUISA

Como ocorre o processo de preenchimento de vagas para pessoas com deficiência física nas empresas privadas e órgãos públicos, na região Sul do Brasil?

2.1. OBJETIVOS

Analisar o processo de preenchimento de vagas para pessoas com deficiência.

Avaliar os critérios utilizados pelas empresas para a contratação de deficientes físicos.

2.2. JUSTIFICATIVA

Este estudo busca refletir sobre a realidade pouco comentada do preenchimento das vagas para pessoas com deficiência, avaliando a aplicação da Lei de cotas nº 8.213/91⁽²⁾, pois até hoje, pouco se discorreu sobre o assunto. Em instrumentos verificados, são limitadas citações de lapsos no preenchimento das vagas já disponibilizadas para *peçoas com deficiências* (PcD), pois isso nos faz supor que o tema ainda é pouco ponderado. Ora, como podemos deduzir se estamos na direção apropriada senão indagarmos o que está errado? De que maneira mudar a realidade atual sem mencionar fatos que nos levem a refletir, para modificarmos a forma que as vagas são ocupadas?

Segundo o Decreto nº 6.949⁽⁵⁾, reconhecendo a importância, para as pessoas com deficiência, de sua autonomia e independência individuais. Inclusive da liberdade para fazer as próprias escolhas, este item demonstra que pessoas com deficiência podem fazer suas escolhas, tais como qual empresa deseja trabalhar e, assim, se candidatarem as vagas disponíveis nas mesmas.

Ainda no Decreto nº 6.949:

Preocupados com as difíceis situações enfrentadas por pessoas com deficiência que estão sujeitas a formas múltiplas ou agravadas de discriminação por causa de raça, cor, sexo, idioma, religião, opiniões políticas ou de outra natureza, origem nacional, étnica, nativa ou social, propriedade, nascimento, idade ou outra condição.⁽⁵⁾

Se as vagas forem equivocadamente distribuídas, de forma discriminatória que exclua e prejudique a pessoa deficiente e/ou o empresário responsável pela empresa, pois ambos são vítimas de uma legislação com muitas lacunas. Na qual não se especificado quais critérios serão adotados para inserir os diferentes no ambiente organizacional.

Cita Cardoso:

Ao longo da Idade Média, (...) os ditos deficientes eram associados a imagem do diabo e aos atos de feitiçaria, eram então perseguidos e mortos, pois faziam parte de uma mesma categoria: a dos excluídos. Então deveriam ser afastados do convívio social ou mesmo, sacrificados.⁽⁶⁾

Entretanto, atualmente são marcados com a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde (CID). Que diz, por exemplo, se o indivíduo possuir um dedo deformado já recebe um número do CID e, é considerada deficiente e pode ocupar vagas de deficientes, assim, são amparados pelas leis de cotas em vigor no nosso país.

Já lei nº 13.146 define:

Art.2º Considera-se pessoa com deficiência aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.⁽⁷⁾

Portanto, ainda existem muitas questões em aberto tanto para o avanço dos estudos, como para a inclusão social dos deficientes no mundo do trabalho.

Esta pesquisa visa dar abertura para fatos relevantes que sejam analisados e utilizados para o preenchimento correto das vagas destinadas a essa parte da sociedade, auxiliando as empresas a criarem certos critérios e regras visando dar as vagas e deficientes físicos realmente.

O tema a ser analisado não possui obras relevantes já publicadas, as pesquisas em busca de obras a serem base de referência foram às leis previamente mencionadas, sendo assim, será feita uma pesquisa buscando a veracidade de fatos ainda não muito pesquisados pelos autores conhecidos. O projeto tem sua base em relatos comprováveis e fatos nunca antes explorados e traze-los à tona para a sociedade ter conhecimentos de tais acontecimentos no âmbito empresarial.

Devido à evolução educacional dos deficientes se tornou necessário ver que sua busca por trabalho esta sendo barrada em algum ponto de seleção nas empresas. As leis nº 8.213/91, nº 13.146 e decreto nº 6.949, deverão ser referência e base teóricos para o projeto, pois são as únicas obras relevantes ao mesmo. Porém tais leis e decreto deixam pontos de extremo significado fora de seus artigos e parágrafos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Podemos idealizar a inserção de deficientes nas empresas pelo ato da seleção inicial, está visando igualdade a todos, seguindo especificamente as leis já existentes no país. Pode-se salientar que no quesito de leis que amparam esta parcela da população brasileira, temos atualmente o melhor conjunto de leis do mundo no Brasil.

3.1. DECRETOS E LEIS

O Decreto nº 6.949, criado com base nos Direitos Humanos da ONU, a qual o Brasil é signatário, portanto deve seguir suas resoluções, relata em seu item “n) *Reconhecendo* a importância, para as pessoas com deficiência, de sua autonomia e independência individuais, inclusive da liberdade para fazer as próprias escolhas”, especifica a importância em darmos autonomia aos deficientes, porém a mesma se tornará possível se tiverem oportunidades iguais no mercado de trabalho tão buscado por muitos.

A Lei nº 8.213/91 ou como é conhecida Lei de Cotas para Deficientes, elaborada para dar suporte às demandas de inúmeras reclamações, que eram motivos até de ações judiciais devido a vários casos de discriminação no momento da busca de emprego por vários deficientes.

Lei nº 13.146, sendo conhecido como Lei de Brasileiro de inclusão, onde a mesma unificou as leis anteriores em uma única, desta forma o país se torna o maior mundialmente em leis de apoio a deficientes. Seu texto a mesma contem itens que tornam crimes atos de preconceitos, antes considerados apenas como danos morais ao deficiente e, dá amplo apoio a estes tentarem vagas de emprego tanto nas empresas privadas como publicas.

3.2. MERCADO DE TRABALHO

A elevação do numero de desemprego no país devido à crise econômica, ou seja, muitos estão sem renda fixo atualmente, pois perderam seus empregos há meses. No ano de 2015 e inicio de 2016 esta parcela vem crescendo assustadoramente.

A mudança de postura dos postos empregatícios exige um trabalhado mais qualificado, as vagas abertas solicitam qualificações elevadas de estudo, entretanto, a diminuição de renda obriga os trabalhadores saírem de seus cursos e faculdades por não terem como paga-los.

O fator que auxilia no aumento da falta de vagas no mercado é devido baixa rotatividade de renda, causando um efeito domina nas empresas, onde muitas

fecham as portas por falta de compradores de sua produção. Tais fatos causam a maior avalanche de demissões nunca vista antes no Brasil, atingindo todos os setores de trabalho.

Marques evidencia:

A quantidade de pessoas que chegam ao mercado de trabalho não para de crescer. A principal explicação para isso é que grande parte desses indivíduos era sustentada por algum parente que perdeu o emprego durante a crise. Apesar do número de trabalhadores ativos apresentarem-se estável durante esse período, houve a diminuição daqueles com carteira assinada. Isso significa mais pessoas trabalhando no mercado informal. ⁽⁸⁾

Com menos carteiras de trabalho assinadas, diminui a arrecadação de impostos devidos sobre direitos trabalhistas, com isso causa o aumento nas despesas do governo com o INSS, PIS/PASEP e seguro desemprego. Saindo mais recursos que entrando, não se tem como equilibrar a balança para retornar a abrir novos postos de trabalhos.

As dificuldades para os deficientes aumentam neste momento de crise, pois as empresas devem emprega-los ou pagam multas altíssimas, no entanto, varias solicitam níveis de estudo ainda não atingidos pelos mesmos.

Já Araújo e Schimidt (2006):

Apesar da legislação admitir preferência para PNE's na ocupação de um percentual variável de vagas no serviço público e privado, [...] as PNE's precisam ter qualificação e aptidão física para ocupar as vagas a elas destinadas. ⁽⁹⁾

As empresas que buscam deficientes com grau muito moderado ou levíssimo de deficiência para suprir estas vagas destinadas aos mesmos, sendo basicamente para ficarem dentro da lei.

4. METODOLOGIA

Na busca da similaridade e diversidade de informações, este projeto é desenvolvido para analisar como ocorre a inclusão de deficientes físicos nos processos seletivos nas empresas, se é efetuado nos parâmetros da lei ou se difere da mesma.

A coleta de dados realizada a partir de uma pergunta aberta em forma de entrevista, possibilitando maior liberdade nas respostas, esta foi à forma mais adequada de se obter as respostas, foram dez pessoas entrevistadas, por vídeo conferencia e e-mails, sendo apenas três que deram autorização para expor seus depoimentos. Pois de outra forma seria alterado o objetivo da pesquisa e, de fazer o publico alvo expressar suas opiniões reais, sobre o tema em questão, pois este visa à realidade dos fatos pesquisados. Será na forma qualitativa exploratória de entrevista.

O público escolhido foram pessoas deficientes físicos, devido a grande população, buscarem vagas no mercado de trabalho e, mesmo existindo tais vagas, estes indivíduos seguem sem empregos, por fatores desconhecidos, várias empresas são multadas anualmente e mesmo assim a situação a cada ano não se resolve. Para averiguar muitos fatos, neste projeto utilizarei a internet como forma de buscar certas informações em órgãos públicos como IBGE, sites de recursos humanos, grupos de deficientes.

A coleta de dados será realizada por entrevistas, em grupos de deficientes físicos nas redes sociais ou em conversas via chat privado, seguindo a preferência dos entrevistados. Este método foi terminante para se ouvir as reais opiniões dos entrevistados, pois os mesmos salientam que se forem expostos sua situação perante as empresas tende a piorar.

Será utilizada a entrevista com resposta livre e aberta, sendo o entrevistado livre para expor seus argumentos ou apenas responder a pergunta “você já teve problemas ou percebeu alguma forma de preconceito na seleção de vagas reservadas para deficientes físicos?”.

Os dados serão analisados por relevância seguindo se os mesmo se encaixam na resposta a pergunta feita ou entram em outra temática que não seja a pesquisada. Cada dado, será exposto à avaliação de critério que justifique sua utilização, ou seja, a resposta é real ou fictícia, posteriormente será verificado se possível à veracidade do mesmo, se caso seja real será utilizada, caso contrario a resposta será descartada, sequencialmente serão agrupados por igualdade de fatos que indiquem a realidade da situação e possível solução para o tema pesquisado.

A técnica será qualitativa de análise de discurso, será a interpretação das respostas obtidas, seguindo a ordem: pesquisar em grupos de deficientes físicos nas redes sociais, coletar respostas, analisar e organizar os dados relevantes, comparar respostas, comparar casos semelhantes, buscar a solução para a hipótese levantada na pergunta, procurando obter uma resposta ou caminho para que a mesma seja solucionada.

Dando ênfase à reflexão dos dados informados pelos pesquisados, suas respostas sendo a fonte da análise e os processos seletivos, tais processos se preenchem a igualdade para lhes dar a mesma oportunidade de entrar no mercado de trabalho.

Buscando nesta análise ver se os processos seletivos para cargos ofertados a deficientes oferecem as mesmas condições de igualdade na competição pela vaga.

Se as empresas especificam em seus anúncios o perfil que desejam das pessoas deficientes e se expõem que seus ambientes são adaptados ou não.

É necessário esclarecer, que para chegar ao ponto atual este trabalho, que teve início há três anos, pois se entrou em grupos de deficientes nas redes sociais e outros ambientes, se criando círculos de amizades para assim poder ser feitas perguntas mais pessoais, ganhando a confiança dos indivíduos, no decorrer do processo se pode buscar respostas aos questionamentos.

Cada grupo tem suas peculiaridades, cada conversa que se alongava, entrou em temas diversos, como relacionamentos, valores de transportes para deslocamento até o trabalho, amizades e preconceito que é um tema muito comum entre este grupo, aparecem das formas mais incríveis possíveis.

Penetrar neste universo quase oculto, interpretar seus termos, ter imparcialidade em alguns casos e se manter quieto em outras situações foram um método muito útil para se ganhar a confiança mesmo daqueles mais quietos. Os meios de análise de discurso nos dará oportunidade de observar e expor todos os fatos relevantes ao assunto

Sendo círculos muito fechados de extrema confiabilidade de uns nos outros, não se pode chegar e ir questionando, pois se for estranho a eles as respostas são superficiais e muitos não respondem nunca, por isso, foi necessário um longo período de adaptação e construção de confiabilidade para se introduzir e, ser aceito nos grupos.

A referida metodologia análise de conteúdo, foi o meio de observação menos evasivo para este tipo de análise, teve certas alterações foram necessárias, como apenas ouvir sem realizar perguntas que o entrevistado pode-se ser levado a conclusão que fosse a sua próprio, uma resposta para dar abertura ao tema e, ter aceitação das pessoas sem interferir ou induzir suas respostas, pois as PcD são extremamente desconfiadas e se fecham aos estranho a seu meio no mínimo sinal de algo diferente ao que são acostumados a falar em seus círculos de conhecidos.

Por tanto, para perpetuar a fiel realidade exposta nos dados adquiridos na sua origem das questões do trabalho, foi imprescindível a cautela de jamais intervir em respostas ou assuntos já iniciados referentes ao tema. A análise de conteúdo estabelece uma metodologia de pesquisa para relatar e esclarecer a significação de toda serie de documentos e textos. Análise essa, direcionando a descrições metódicas, qualitativas, apoia a interpretar as informações e a totalizar uma percepção de todos os significados num patamar além de uma interpretação simples.

O publico pesquisado é extremamente desconfiado, se afastando, fechando a comunicação ao estranhos a seu meio, no menos sinal de questionamentos pessoas. Para este tema o espaço de tempo deveria ser algumas décadas. Para podermos ter certeza que esta metodologia é adequada à relevância do tema escolhido, para podermos ampliar a pesquisa a patamar maior aos já especificados, porem não se tem este tempo, estamos limitados ao estipulado nas regras.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seleção para qualquer vaga de emprego é o ato mais importante, ter um processo que seja claro e absolutamente adequado aos candidatos com perfil pré-estabelecido facilita o acesso dos interessados nas vagas disponibilizadas. Os deficientes físicos na maioria destes processos seletivos, de empresas privadas ficam em desvantagens, pois devido ao padrão cultural as seleções já são direcionadas a pessoas ditas “sem deficiência”.

O processo seletivo deve ser realizado por um profissional habilitado em Recursos Humanos, que deverá realizar uma análise prévia do currículo do candidato e se o perfil preencher os requisitos do cargo chamá-lo para uma entrevista individual ou em grupo. Um recrutador mal preparado ou não informado sobre a acessibilidade não existente na empresa pode causar certos danos psicológicos nos candidatos que vierem a se candidatarem as vagas ofertadas.

Portanto as vagas destinadas a PcD devem conter além de critérios relativos ao cargo, itens que especifiquem o ambiente onde será realizado o trabalho, tipos de deficiência que se enquadram ao meio, como obstáculos arquitetônicos que possam impedir a realização das tarefas rotineiras ao laborar.

F. H. O. “Candidatei-me em um site de empregos á uma vaga cujo requisito era ser pessoa com deficiência. Pensei... "Olha que ótimo, vou me candidatar!", Enviei meu currículo e naquele mesmo dia a Psicóloga me telefonou agendando uma entrevista para a manhã seguinte, como no meu currículo consta o meu tipo de deficiência fiquei tranquila quanto a questão de acessibilidade, porém mesmo assim fiz questão de indagar a Psicóloga e enfatizei que era cadeirante e necessitava de acesso fácil as dependências do prédio. Lembro que ela hesitou em dizer que achava que existia acesso. Desligamos o telefone com a entrevista agendada. Pouco mais de 30 minutos ela retorna a ligação e diz que infelizmente teria que desmarcar a entrevista, pois a vaga não se encaixava com meu perfil (ou tipo de deficiência) e que a empresa ainda estava se adequando quanto à acessibilidade

predial. Fiquei sim, de fato, muito chateada, mas sabia que aquilo era algo normal para nós, cadeirante. Então me pergunto, se até mesmo, dentro das cotas existe uma absurda segregação e nem sempre temos as mesmas oportunidades?”

Já a lei nº 13.146, seu Artigo 34, § 1º “As pessoas jurídicas de direito público, privado ou de qualquer natureza são obrigadas a garantir ambientes de trabalho acessíveis e inclusivos”. Demonstra que ao não informar no seu recrutamento que o ambiente era inexistente a acessibilidade, a empresa descumpriu a lei claramente.

Como visto no relato, o recrutador era inexperiente para a função, lhe faltou informações anteriores ao ato que a seleção deveria esclarecer que a empresa não era adequada a cadeirantes, sem acessibilidade total ou parcial dependendo da necessidade da PcD.

Definido no site i.social:

Por outro lado, a falta de preparo ou treinamento para entrevistar PCDs ainda leva à resistência para a contratação desses candidatos, algo que contribui para a formação de discriminações quanto a real capacidade dos mesmos. ⁽¹⁰⁾

Danos psicológicos na pessoa que busca a vaga podem ser grandes e causam até depressão, em certos casos, devido a estarem desempregados e buscando vaga se deparam com dificuldades maiores.

Dejours cita:

Corpo sem defesa, corpo explorado, corpo fragilizado pela privação de seu protetor natural, que é o aparelho mental. Corpo doente, portanto, ou que corre o risco de tornar-se doente.

Não há nada de espantoso, nessas condições, no surgimento de lutas enérgicas para arrancar leis, que substituirão a proteção natural do "instinto de conservação", definitivamente relegado à categoria de instrumento inútil. (1992, p.19). ⁽¹¹⁾

As organizações, em muitas situações expõem os selecionadores e as pessoas com deficiência a situações constrangedoras por terem critérios de apenas obedecerem à lei e burlarem as obrigações de pagarem as multas que são altíssimas. São realizadas seleções buscando já agir incorretamente para não se ter que efetivar acessibilidade na empresa, pois após se ter um colaborador PcD não se pode demiti-lo sem por outro em seu lugar. Gastar com alterações em prédios para muitos pode ser algo inaceitável, consideram que rampas estragam o visual da estrutura.

P.A. “Eu fui registrado em uma empresa de S. P. por seis anos, só para preencher cota, ia só assinar o ponto uma vez por mês, nunca fiz nada, isso é inclusão? Era tudo normal seis anos, só nunca trabalhei, tinha décimo terceiro, Pis, férias, convênio médico, ticket restaurante. Para mim estava beleza, mas pelo outro lado eu sentia por me perguntar e a inclusão onde está? Eu sai, pedi as contas, ia mudar de estado, senão estava lá, já indo pros dez anos assim”.

Esse relato expressa que a ocupação de vagas para PcD deve garantir ao mesmo o desenvolvimento de habilidades laborais, autoestima, relações interpessoais e reconhecimento profissional, como vimos P.A. não desenvolveu habilidades laborais, pois a empresa nem oportunizou a readaptação ou readequação das atividades, manteve o funcionário fora do espaço de trabalho, esse aspecto que está em desacordo com a lei nº 13.146.

Artigo 34, § 3º “É vedada restrição ao trabalho da pessoa com deficiência e qualquer discriminação em razão de sua condição,

inclusive nas etapas de recrutamento, seleção, contratação, admissão, exames admissional e periódico, permanência no emprego, ascensão profissional e reabilitação profissional, bem como exigência de aptidão plena”.

Entretanto, também reflete na autoestima do sujeito que já não está confiante e com essa postura do empregador acaba possivelmente por sentir-se impotente e desmotivado.

Como cita Dejours⁽¹¹⁾: “mas a medicalização do controle social não seria suficiente, e, de fato, é aos próprios operários que se devem as principais melhorias materiais da condição operária”. (1992, p.16). Os parâmetros atuais, assim sendo, buscado pelas companhias, são de se obter formas legais e incontestáveis de escapar aos padrões definidos em leis específicas a esta situação. Empreender em triagem fraudulenta, efetuada por selecionador já orientado para excluir aqueles que possam dar maiores despesas a organização.

R.M.: Um amigo pediu meu currículo gravado em CD, pois o RH da que trabalhava estava solicitando PcD para cumprir a lei de cotas e a seleção/entrevista seria via internet, enviei, um dia após, a selecionadora já fez contato por eu preencher todos os quesitos em estudo, mas no meio da entrevista ao perguntar meu tipo de deficiência, ao dizer que era cadeirante, a mesma salientou que a empresa ainda não era adaptada para este tipo de deficiência, que buscavam deficiências intelectuais leves. Ai citei que então seu processo seletivo era fraudulento e se encaixava na categoria de propagando enganosa, a senhora se indignou e encerrou a entrevista. Até meu amigo se zangou comigo por declarar que a seleção era enganosa.

Certos parâmetros previamente definidos é escolher deficiências leves para preencher as vagas destinadas a estes. Tendo pouco ou nenhuma acessibilidade na empresa, assim, torna fácil a adaptação do mesmo as necessidades da firma.

Entretanto, fica evidente o preconceito dos que são atendidos pela empresa, que julgaram o colaborador pela sua deficiência, antes de verem, o mesmo, executando suas tarefas.

Dejours salienta:

No centro da relação saúde-trabalho, a vivência do trabalhador ocupa um lugar particular que lhe é conferido pela posição privilegiada do aparelho psíquico na economia psicossomática. O aparelho psíquico seria, de alguma maneira encarregado de representar e de fazer triunfar as aspirações do sujeito, num arranjo da realidade suscetível de produzir, simultaneamente, satisfações concretas e simbólicas.

As satisfações concretas dizem respeito à proteção da vida, ao bem-estar físico, biológico e nervoso, isto é, à saúde do corpo. Estas satisfações concretas analisam-se em termos de economia psicossomática, segundo duas linhas diretrizes: subtrair o corpo à nocividade do trabalho e permitir ao corpo entregar-se à atividade capaz de oferecer as vias melhor adaptadas à descarga da energia. Isto é: fornecer atividades físicas, sensoriais e intelectuais segundo proporções que estejam em concordância com a economia psicossomática individual. (1992, p. 62).⁽¹¹⁾

Uma grande parcela de pessoas deficientes ainda fora das empresas, desempregados, seja por falta de experiência na hora do profissional de recursos humanos na seleção, por falta de critérios das empresas buscando deficiências

leves apenas, falta de preparo dos ambientes ou falta de formação das PcDs e, por preconceito dos empregador mesmo.

Em pesquisa realizada pelo site i.social:

Outro dado preocupante identificado na pesquisa diz respeito à receptividade dos gestores para com os candidatos com deficiência. 59% dos entrevistados afirmaram que os gestores têm resistência em entrevistar e/ou contratar profissionais com deficiência; por outro lado, é perceptível o aumento entre os que não apresentam resistência: 41% em 2016 ante 33% em 2015. ⁽¹⁰⁾

O processo de seleção atual não diferencia PcDs das outras, isto causa já uma desvantagem que o selecionador deveria corrigir ao elaborar a entrevista. Dando oportunidades a todos e expondo o que a empresa precisa do profissional e visando as necessidades do mesmo para executar suas tarefas diárias sem obstáculos arquitetônicos ou sociais no ambiente de trabalho.

A parcela de PcD fora do mercado de trabalho, supera as PcD empregados, de forma absurda, entre estes temos respectivamente barrados na seleção 24%, que não acham 18%, desempregados devido ao seu grau de deficiência não ser leve 24% e empregados pela lei de cotas 35%.

Problemas evidenciados pelas PcD, no ato da seleção, a busca por deficiências leves, que deixa grande parte discriminada e fora da seleção por terem deficiência média ou graves, mas que são considerados por peritos do INSS aptos ao trabalho. Ambientes não adaptados é um grande fator que gera transtornos, pois várias empresas acham o gasto em remodelar o designer interno e externo desnecessário, se podem contratar quem tenha a numero de CID, que se use apenas para cumprir a lei de cotas.

Outro obstáculo na seleção, são os critério, pois na maioria dos casos exigem grau de estudo e conhecimento superior ao que se solicita aos não deficientes, causando uma barreira informal que não se pode contestar abertamente, mas um meio de obstruir o candidato na ato da entrevista. As triagens que se pergunta como a pessoa faz suas necessidades fisiológicas, para saberem se necessitam de gastos com adaptações.

Em estudo realizado pelo Ministério Trabalho, publicado no site i.social:

A auditora avalia que o preconceito ainda é grande e que as empresas não analisam as pessoas com deficiência por suas capacidades e potencialidades. Ela afirma que o estudo dá mais sustentação à atuação do Ministério do Trabalho. “O Brasil tem uma legislação muito avançada em relação às pessoas com deficiência”. Não há lacunas na lei. As empresas estão sendo autuadas pelo Ministério do Trabalho. A fiscalização funciona muito bem. Com todas as dificuldades, 49% das vagas estão preenchidas. Infelizmente as empresas reclamam das autuações e dizem que não conseguem cumprir a legislação. O estudo mostra que não é verdade. Elas não cumprem porque não querem. ⁽⁹⁾

O fator mais agravante no processo seletivo, talvez seja que os inscritos, são avaliados pela sua deficiência, pois deveriam ser analisados pela funcionalidade, por aquilo que podem executar na função a qual se candidataram. Assim sendo, na escolha nunca o individuo é questionado sobre sua funcionalidade, sendo apenas visada sua aparência designada pela deficiência física.

Ainda a pesquisa do i.social evidencia:

Cerca de 76% dos 1.459 pesquisados já entrevistaram pessoas com deficiência e, destes, 65% informam que poderiam estar melhor

preparados para tal função, o que representa uma fragilidade do processo de inclusão, ao mesmo tempo em que identifica uma oportunidade para que as empresas invistam mais em treinamentos específicos para os profissionais de RH. ⁽⁹⁾

O setor público, não tem seleção por profissionais de recursos humanos, são realizados concursos públicos, que se a pessoa preencher os requisitos solicitados no edital do mesmo poderá realizar as provas.

São as seguintes etapas, ser aprovado na prova com questões objetivas, passar por exame médico e ser aprovado no estágio probatório de três anos.

Circunstanciado na Lei nº 13.146, Art. 37:

Constitui modo de inclusão da pessoa com deficiência no trabalho a colocação competitiva, em igualdade de oportunidades com as demais pessoas, nos termos da legislação trabalhista e previdenciária, na qual devem ser atendidas as regras de acessibilidade, o fornecimento de recursos de tecnologia assistiva e a adaptação razoável no ambiente de trabalho.

As leis que regem o setor público são diferentes no setor privado, tais diferenças atingem diretamente os funcionários, pois caso de preconceito comprovados no setor privado, as empresas são multadas e resolvem no máximo em trinta dias. Já no setor público os auditores do Ministério do Trabalho, podem apenas chamar os responsáveis para uma conversa e dar sugestões para resolução do problema.

6. CONCLUSÃO

As empresas, através do tempo sempre suprimiram do seu ambiente funcional os que são diferentes, mas atualmente com a criação de leis excepcionalmente variadas, ainda assim, temos 44% apenas dos deficientes físicos empregados nas empresas e órgãos públicos. A seleção, com regras de prejuízo, é o fator que obstrui o acesso às vagas destinadas a estas pessoas. Na atualidade são 45,6 milhões de pessoas deficientes no Brasil, aproximadamente 24,9% da população possui alguma dificuldade leve, moderada ou grave.

As corporações desejam pessoas que não necessitem de adaptações, tais como rampas, banheiros adequados, elevadores, interpretes de libras ou curso de libras aos funcionários, tais gastos deveriam ser vistos como benefício a todos em geral, se ampliarem a visão verão que até seus clientes tem necessidade destas modificações nos ambientes.

Um processo seletivo bem elaborado, que analisasse o lado funcional das pessoas, na busca da função exata, que cada uma pudesse desenvolver totalmente seu potencial profissional, seria uma oportunidade da empresa obter lucros com trabalhos de qualidade elevada.

Entretanto, esta obvio que muitas PcD não tem o grau de estudo desejado nos processos seletivos, porem muitas empresas já colocam obstáculos e, elevam os mesmos além do necessário para barrarem os candidatos. Assim sendo, prejudicam a si mesmas, pois o aspirante a vaga, fica abalado psiquicamente ao ver que sua chance de ser produtivo a sociedade e a si próprio é negada, tais atitudes são preconceitos ocultos e se encobrem há anos sem que sejam notados.

Os profissionais de recursos humanos, deveriam criar uma técnica de entrevista de seleção diferenciado as PcD, pois se manuseia atualmente o mesmo processo a todos, causando desvantagens e expondo fatores que não colaboram para se ter avaliação correta do candidato deficiente físico perante os demais.

A avaliação correta, realizada por um profissional de RH habilitado a esta clientela. Beneficia mais a empresa do que o empregado, pois a mesma estará dentro da lei, contratando pessoas para funções corretas e não deixando de descumprir a Lei nº 8.213/91 de cotas, não pagando multas e gerando empregos aos que desejam trabalhar.

O trabalho socializa o colaborador, lhe dando oportunidades de evoluir psicologicamente e financeiramente no ambiente empresarial e mostra talentos ocultos que jamais seriam descobertos, se não é induzido o diferente não se tem diversidade no âmbito da empresa.

As quarenta e nove leis e decretos, de inclusão, que temos no país formam o conjunto mais perfeito que existe na área de inclusão, no entanto, nenhuma delas é citada como realizar a seleção de pessoal com PcD, deixando o processo a mercê da livre escolha das empresas e, assim as mesmas selecionam pessoas com deficiências leves e médias, pois desta forma não necessitam fazer grandes alterações arquitetônicas em seus prédios.

Já os cursos de Faculdades de Recursos Humanos, oferecem o mínimo de informações sobre este item de extrema relevância, na atualidade para recrutar deficientes físicos. Portanto, os alunos saem despreparados para selecionar esta parcela de trabalhadores, proporcionando a critério das firmas as regras que regem este momento tão importante na escolha de funcionário. Nenhum treinamento se ganha nas disciplinas das universidades brasileira que seja específico a este público.

Não se considera a importância de se recrutar uma PcD por ser um bom profissional, mas como relatado, a empresas que empregam apenas para cumprir as formalidade legais, dando salários e todos os benefícios ao empregado, o mesmo não tem obrigação de comparecer no local de trabalho, basta poderem utilizar seus documentos para preencherem formulários e enviarem a o órgão responsável, livrando-se de penalidades.

No setor público, é mais difícil à permanência de pessoas deficientes, pelo fato de não se poder aplicar multas. Não se ter uma seleção igual ao setor privado, o acesso é via concurso, sendo assim, o candidato que seja aprovado deverá comprovar com laudo médico sua deficiência e, ainda realizar uma avaliação com peritos indicados pelo órgão que realizou o concurso para este, verificar se esta apta ao trabalho desejado. A situação em que um setor de recursos humanos seria mais eficiente no setor público, pois em uma seleção posterior ao concurso se poderia indicar a que vaga se indicaria o deficiente, assim evitando desvios de função e futuros problemas para ambas as partes envolvidas.

Algumas poucas organizações privadas tem certa preferencia por deficientes cadeirantes, em funções que necessitam de extrema concentração e de ficar sentado por longos períodos, neste caso se ajusta a deficiência da pessoa com a necessidade da empresa, assim se contempla as demandas das partes envolvidas.

Antes de tudo, uma fiscalização nas organizações em geral, iniciando pelo ambiente adaptado chegando ao processo seletivo, iria abrir um enorme leque de oportunidades. Realizar palestras para diminuir o nível de preconceito dos empresários, no momento atual, pois a globalização comercial já não deixa espaço para seguirem abolindo de forma legal o diferente na esfera das organizações.

Existem leis amplamente uteis, para auxiliar no recrutamento de colaboradores deficiente e se estes apenas querem uma brecha para mostrar seu potencial, esta poderia ser iniciada no ato da seleção, pois se tem o período de contrato experimente para o funcionário mostrar se é apta a função designada pelo

recrutador. Entretanto, caso não seja a lei permite sua demissão sem maiores constrangimentos.

A vaga, em aberto, em vários setores e, quando na entrevista, já na visão da pessoa responsável pelo processo de recursos humanos, se barra o candidato. Por ele ter algo que pode constranger os outros funcionários, uma deficiência mais evidente, porém este fator poderia servir de alerta aos demais ao executarem suas tarefas diárias na organização.

As deliberações contidas na Lei nº 13.146, popularmente conhecido como Lei de Brasileiro de inclusão, deu abertura a mais PcD procurarem vagas de empregos, terem iniciativas para estudarem, entrando em mais processos de recrutamento das companhias, gerando cada vez mais seu envolvimento do meio empresarial e principalmente dos empresários num todo, entretanto os processos seletivos devem evolucionar seus métodos e técnicas de escolha, abrindo chances de se tornarem igualitários a todos beneficiários.

Este estudo abre caminho a outros que se aprofundem mais no assunto, mas seja este um alerta as organizações, para realizarem uma reciclagem na forma de selecionarem pessoas deficientes. Em um mundo globalizado, o comercio deve ter e aceitar o diferente em seu interior, pois aquele que vê as mudanças antes pode se antecipar as mesmas, gera ganha pessoal, financeiramente e socialmente uma boa visão na sociedade, dos órgãos públicos e, no meio empresarial sem ter problemas futuros.

REFERÊNCIAS

- 1 **i.social.com.br**. Disponível em <<http://blog.isocial.com.br/7-milhoes-de-profissionais-com-deficiencia-ainda-estao-fora-do-mercado-de-trabalho/>> Acesso em: 16 fev. 2016.
- 2 BRASIL. **Planalto**. Presidência da República. Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991., lei cotas para Deficientes e Pessoas com Deficiência dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência e dá outras providências a contratação de portadores de necessidades especiais. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm> Acesso em 14 dez. 2015
- 3 **IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Portal EBC**. Disponível em <<http://www.ebc.com.br/cidadania/2012/06/pessoas-com-deficiencia-representam-24-da-populacao-brasileira-mostra-censo>> Acesso em: 15 jan. 2016.
- 4 **i.social.com.br**. Disponível em <http://blog.isocial.com.br/ha-95-pessoas-com-deficiencia-para-cada-vaga-reservada-pela-lei-de-cotas/?utm_source=facebookblog&utm_medium=post&utm_content=vagas-destinadas-lei-de-cotas&utm_campaign=blog> Acesso em 20;02.2017.
- 5 BRASIL. **Planalto**. Presidência da República. Decreto nº 6.949, de 25 de agosto de 2009. Promulga a Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e seu Protocolo Facultativo, assinados em Nova York, em 30 de março de 2007. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/decreto/d6949.htm> Acesso em: 12 nov. 2015.
- 6 CARDOSO, M.S. **Aspectos Históricos da Educação Especial**: da exclusão a inclusão uma longa caminhada. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003, p. 138.

- 7 BRASIL. **Planalto**. Presidência da República. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm> Acesso em: 26 jan. 2016.
- 8 Margues, **José Roberto**. Disponível em <<http://www.jrmcoaching.com.br/blog/qual-o-estado-atual-do-mercado-de-trabalho-no-brasil/>> Acesso em 28 abr. 2016.
- 9 ARAUJO. Janine Praça, SCHMIDT. Andréia. **A inclusão de Pessoas Com Necessidades Especiais no Trabalho: A Visão de Empresas e De Instituições**
- 10 **i.social.com.br**. Disponível em <<http://blog.isocial.com.br/os-profissionais-de-recursos-humanos-estao-preparados-para-contratar-pessoas-com-deficiencia/>> Acesso em 24.01.2017.
- 11 Dejours. Christophe, **A loucura do trabalho**: estudo de psicopatologia do trabalho. Tradução de Ana Isabel Paraguay e Lf-cia Leal Ferreira. – 5ª ed. ampliada - São Paulo: Cartaz — Oboré, 1992.

A UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO COMO PROPULSORAS DA AUTONOMIA DE PESSOAS DA MATURIDADE

Luz, C.B.S.¹

Jung, H.S.²

Miranda, J.A.A.³

¹ *Mestranda em Educação, Charlene Bitencourt Soster Luz, Unilasalle, charlenebs@gmail.com*

² *Doutora em Educação, Hildgard Susana Jung, Unilasalle, hildegard.jung@unilasalle.edu.br.*

³ *Doutor em Estudos Estratégicos Internacionais, José Alberto Antunes de Miranda, Unilasalle, jose.miranda@unilasalle.edu.br.*

Resumo

A longevidade das pessoas em diferentes partes do mundo, inclusive no Brasil mostram a necessidade de estudar as ocupações e a qualidade de vida das pessoas da maturidade. No contexto globalizado, os idosos buscam cada vez mais conhecimento e se inserir no universo das tecnologias, o que proporciona maior qualidade de vida e independência. Esse estudo possui como objetivo analisar a relação entre o conhecimento tecnológico adquirido pelos idosos e o aumento da autonomia. A metodologia utilizada foi estudo de caso de aulas de informática no curso de extensão para idosos de uma universidade comunitária da grande Porto Alegre. Como resultados observou-se que a autonomia dos idosos foi aumentando gradativamente em cada aula, o que impactou positivamente no relacionamento com as pessoas pelas mídias sociais, devido ao baixo custo da comunicação e praticidade. Também se observou que pelo fato de os idosos, por intermédio do curso, conhecerem as funcionalidades dos aparelhos celulares, houve aumento da segurança na vida cotidiana principalmente com aplicativos de transporte. Então, as tecnologias da informação e comunicação, principalmente os aparelhos celulares proporcionam maior autonomia para a vida das pessoas na maturidade, o que mostra a relevância do ensino voltado para os adultos.

Palavras-chave: Tecnologias; autonomia; maturidade

USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES AS DRIVERS OF MATURITY PERSON AUTONOMY

Abstract

The longevity of people in different parts of the world, including Brazil, shows the need to study the occupations and quality of life of mature people. In the globalized context, the elderly are increasingly seeking knowledge and inserting themselves in the universe of technologies, which provides greater quality of life and independence. This study aims to analyze the relationship between technological knowledge acquired by the elderly and increased autonomy. The methodology used was a case study of computer classes in the extension course for the elderly of a community university in greater Porto Alegre. As results, it was observed that the autonomy of the elderly was gradually increasing in each class, which positively impacted the relationship with people through social media, due to the low cost of communication and practicality. It was also observed that because the elderly, through the course, know the features of mobile phones, there was an increase in safety in everyday life especially with transport applications. Thus, information and communication technologies, especially mobile phones, provide greater autonomy for the lives of people at maturity, which shows the relevance of adult education.

Key words: Technologies; autonomy; maturity

1 INTRODUÇÃO

Ter sucesso significa obter êxito e isso depende muito dos desejos de cada ser humano e da cultura em que esse sujeito social está envolvido. O indivíduo está inserido na sociedade e pode influenciá-la e ter também ser moldado pelos seus padrões. Segundo Erikson (1998, p. 91) ⁽¹⁾: “Nós desejamos aquilo que é seguro e bom, e nada é inteiramente seguro, com certeza.” Nós mudamos nossos pensamentos e atitudes e a sociedade de forma geral também. Basta pensar, por exemplo, no ingresso da mulher do mercado de trabalho. Há 50 anos atrás, o trabalho da mulher não era considerado uma prática comum na sociedade brasileira, mas com o passar do tempo esse pensamento se modificou.

Do mesmo modo, as ideias sobre envelhecimento sofrem mudanças com a passagem do tempo. Ser bem-sucedido na velhice se restringia a conseguir se aposentar e cuidar dos netos, ou seja, encerrar as atividades profissionais e se comprometer com as atividades familiares. Mas, a configuração de família tem se modificado. Casamento e filhos não são mais “obrigações” sociais. Portanto, já não

existem mais tantos netos para cuidar. Diante dessa situação a pessoa idosa pode ficar passiva lamentando ou ter postura ativa buscando outras atividades. Abre-se um espaço para o idoso pensar em si mesmo e não somente nos outros.

Dito isso, este estudo possui como objetivo analisar a relação entre o conhecimento tecnológico adquirido pelos idosos e o aumento da autonomia. A metodologia utilizada foi estudo de caso de aulas de informática no curso de extensão para idosos de uma universidade comunitária da grande Porto Alegre. Na sequência, apresentamos a metodologia da pesquisa, seguida do referencial teórico que embasou as discussões, tais como Baltes (1990), Ileris (2013) e Jung (2018).

2 MATERIAL E MÉTODOS

As aulas de inclusão digital para idosos são ministradas um vez por semana, toda quinta-feira das dezessete horas até dezoito horas e trinta minutos. A turma é composto por vinte estudantes, sendo dois homens e dezoito mulheres.

Todas as profissionais envolvidas no projeto são voluntárias, com exceção da coordenadora. São duas professoras de informática que cursam Engenharia da Computação na universidade, duas monitoras que cursam Pedagogia e uma monitora que cursa Mestrado em Educação. Todas trabalham de modo coletivo e colaborativo no planejamento das aulas, durante as aulas, com foco no aprendizado de forma afetiva e efetiva.

A maioria das aulas ocorre no laboratório de informática da universidade, onde cada um possui um computador. A sala é equipada com data show e quadro, utilizado quando necessário. Mas, também são utilizados diferentes espaços da universidade para prática das aulas, tais como Laboratório de Aprendizagem, um espaço lúdico e sem computadores, Capela, pátio, horta, biblioteca, museu e túnel verde.

Na maioria das aulas existe breve explicação teórica e depois prática. Porém antes da explicação teórica, os computadores são ligados pelos próprios estudantes, para estimular a autonomia. As explicações são breves e intercaladas entre teoria.

As temáticas de aula estão relacionadas com as necessidades da turma. Na primeira aula foi realizada uma dinâmica de apresentação, onde cada estudante falou sobre suas expectativas de aprendizado no curso. Essas sugestões foram anotadas

nesse momento e passaram a ser incorporadas no plano de aula, compartilhado no Google Drive entre as professoras e monitoras e coordenadora.

As aulas no laboratório de informática abrangeram temáticas como conhecimento do computador e suas principais funcionalidades, como ligar e desligar, acessar internet e sites de pesquisa. Também foram trabalhados temas como criar conta do Facebook, criar conta do Gmail, acessar Youtube, utilizar Whats App no celular e sincronizar com computador.

Já em ambientes externos, fora do laboratório de informática foram abordadas temáticas relacionadas com a utilização do aparelho celular. Alguns desses temas são tirar fotografias, tirar selfs, fazer filmagens, enviar fotos e vídeos para grupos do Whats e para o Facebook.

Após a explicação teórica, as monitoras fornecem atenção individual para os estudantes no sentido de orientá-las para a conclusão da atividade. As professoras e monitoras orientam de forma que cada aluno faça as atividades par preservar sua autonomia. Cada etapa concluída é incentivada para mostrar que a dedicação dos alunos foi válida.

Quando surge alguma dúvida que não é tema do dia da aula, mesmo assim existe resposta do questionamento, o que valoriza a participação da turma. Elogios são uma forma de reforçar positivamente o aprendizado e são utilizados sempre com a turma.

A metodologia da presente pesquisa é de cunho qualitativo, caracterizado por Gil (2008)² como aquela que não utiliza cálculos matemáticos para a apresentação ou análise de seus resultados. Por apresentar um relato de experiência, caracteriza-se como um estudo de caso, para qual seguimos as orientações de Yin (2001)³. Segundo este autor, o estudo de caso define pesquisas que investigam fenômenos contemporâneos em contextos da vida real, sendo esta metodologia indicada quando é possível realizar observações diretas.

Dessa maneira, para Yin (2011, p. 247), a unidade de análise é “o caso em um estudo de caso”. Nesta pesquisa, a unidade de análise consiste no grupo de idosos participantes de um curso de inclusão digital oferecido por uma universidade comunitária da região metropolitana de Porto Alegre.

Os passos do estudo seguiram as orientações de Gil (2008, p. 133), o qual recomenda que a pesquisa qualitativa siga “uma sequência de atividades, que

envolve a redução dos dados, a categorização desses dados, sua interpretação e a redação do relatório”. Assim, seguindo as orientações do autor citado, a pesquisa passou pelas fases mencionadas, ou seja, num primeiro momento buscamos fazer uma observação atenta do universo da pesquisa, anotando todas as informações em nosso diário de campo. Também pesquisamos artigos e livros relativos à temática. A partir daí, selecionamos todo o material, buscamos interpretá-lo e então foi iniciado o trabalho de escrita de forma coletiva, utilizando o recurso Google Drive, o qual permite um trabalho coletivo síncrono e/ou assíncrono, de acordo com a disponibilidade dos pesquisadores.

3 Referencial teórico

Durante toda a trajetória de vida existe aprendizado seja de modo formal ou informal. A aprendizagem ocorre no decorrer de toda a nossa vida. Jarvis (2013 p.36) afirma:

A aprendizagem é existencial e experimental. De certo modo, eu gostaria de dizer que ela ocorre desde antes do nascimento – pois aprendemos pré-conscientemente, a partir das experiências que temos no útero, conforme indicam diversas disciplinas diferentes – e continua até o ponto em que perdemos a nossa consciência antes de morrer. ⁴

A todo tempo estamos aprendendo e esta é uma boa razão para estimular o aprendizado ao invés de bloqueá-lo com preconceitos tolos como a desvalorização da aprendizagem do adulto. Ileris (2013, p. 3)⁵ conceitua aprendizagem como uma mudança significativa e duradoura: “Aprendizagem é qualquer processo que, em organismos vivos, leve a uma mudança permanente em capacidades e que não se deva unicamente ao amadurecimento biológico ou ao envelhecimento”. A passagem do tempo por si só não implica em aprendizagem. O processo de mudar implica em aprender.

Segundo Jarvis (p.39)⁵ “à medida que mudamos e os outros mudam enquanto aprendem, o mundo social está sempre mudando, e a nossa presunção do óbvio se torna mais suspeita”. Aprendemos a ser pessoas na sociedade e ainda aprendo a ser eu, ou seja estamos em constante transformação pautada pela nossa cultura.

Bente Elkjaer, baseado em Dewey e seu pragmatismo enfatiza a necessidade de orientar as atitudes para resultados reflexivos, considerando uma interação na

sociedade global. Não estamos isolados; sofremos influência e somos influenciados pelas acontecimento positivos ou negativos em outras partes do mundo. Ignorar isso é deixar de pensar em si mesmo. Bente Elkjaer (2013, p.107) afirma que:

Há necessidade maior de educar para a investigação, de pensamento crítico e reflexivo das incertezas e desafios da vida em uma sociedade global, com sua demanda crescente de responsividade à mudança. Isso significa que devemos aprender a viver, em vez de adquirir um currículo fixo. A história obviamente não é desimportante, mas não deve ser transmitida como ‘um corpo de conhecimento’ estático, mas como parte de desafios contemporâneos.⁶

Inspirado em Paulo Freire, Jack Mezirow (2013, p.111)⁷ estuda a aprendizagem transformadora, realizada pela consideração de diversas opiniões. A riqueza criativa pode vir da diversidade de experiências e anseios. O discurso que leva a um consenso pode estabelecer a validade de uma opinião. É por isso que as nossas conclusões sempre são tentativas: sempre poderemos encontrar pessoas com novas evidências, argumentos ou perspectivas. Assim, a diversidade de experiências e a inclusão são essenciais a nossa compreensão.

Neste cenário de inclusão e integração de diversas, ideias, a aprendizagem transformadora segundo Mezirow (2013; p. 113) envolve: “Refletir criticamente sobre a informação; Determinar a veracidade através do empirismo; Chegar a ideias mais coerentes; Agir conforme a perspectiva transformadora; e Adquirir disposição para ser criticamente reflexivo”.

Segundo Mezirow (2013; p. 113) “Imaginar como as coisas poderiam ser diferentes é central ao início do processo transformador”, e processo de aprendizagem transformadora começa com a reflexão crítica, ou seja, pensar de forma diferente sobre um assunto para poder transformá-lo. É um processo cíclico, por que o pensamento crítico, investigativo e as atitudes de mudança são aprendizagens constantes ao longo da vida.

Para conseguir essa transformação que pode ser diferentes sentidos, torna-se necessário alcançar o entendimento entre os aprendizes. É preciso sair da inércia mental e despertar o pensamento crítico, proporcionando momentos diferentes de aprendizagem. Assim, Gardner justifica a necessidade de utilizar diversas formas de ensino para alcançar a aprendizagem múltipla. O ser que aprende pode transformar.

Neste sentido, Gardner (2013, p. 137)⁸ afirma “Quero que meus filhos entendam o mundo, mas não apenas porque o mundo é fascinante e a mente humana é curiosa. Quero que o entendam para que estejam em posição de torná-lo um lugar melhor.”

Nesse contexto, a universidade contemporânea, principalmente a comunitária, cumpre um papel muito significativo no sentido de oferecer à comunidade serviços que as aproximam do mundo acadêmico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No contexto da universidade comunitária, nossa unidade de análise do estudo de caso consiste em um grupo de pessoas da terceira idade, em um curso de inclusão digital, as quais foram se apresentando cada vez mais autônomas à medida em que se apropriavam das tecnologias. Para essas pessoas, poder comunicar-se com filhos e netos por meio de aplicativos do celular, ou então locomover-se chamando um aplicativo de transporte, passou a ser sinônimo de autonomia. Como explica Jung (2018, p. 108)⁹, “a autonomia no século XXI implica uma forma de crescimento humano, de desenvolvimento das potencialidades de pessoas e grupos, que levem à sustentabilidade social, num processo de ser e estar no mundo de forma harmoniosa com o universo”.

De acordo com Baltes (1990)¹⁰, alguns indicadores para discussão de envelhecimento bem-sucedido são vida longa, saúde física, saúde mental, cognição eficiente, competência social e produtividade, controle pessoal e satisfação de vida. Esses indicadores, como ele mesmo salienta, são relativos para cada pessoa. Por exemplo, uma pessoa pode estar doente, mas se considerar bem, pois aprendeu a conviver com o problema, sendo resiliente. Além desses indicadores, o autor considerou sete proposições sobre o envelhecimento bem-sucedido: Comparação entre envelhecimento patológico, normal e ideal; Heterogenidades individuais, ou seja, as particularidades de cada pessoa; Plasticidade e capacidade de reserva latentes; Perda das capacidades de reservas; dificuldade de adaptação ao envelhecimento; O papel enriquecedor do conhecimento da pessoa; Aumento da idade e a perda da positividade; A resiliência do self.

A visão holística dessas proposições, segundo Baltes (1990) é essencial para identificar uma estratégia de envelhecimento bem-sucedido. Essa estratégia, para o autor, é o modelo de otimização seletiva com compensação. Esse modelo pode ser

implementado em qualquer idade, mas se torna mais necessário na maturidade por causa do surgimento de vulnerabilidades e a necessidade de se adaptar aos próprios limites.

As estratégias de seleção, otimização e compensação ajudam o indivíduo a ser bem-sucedido. Selecionando o que o interessa fazer, otimizando energia e compensando algumas atividades com outras são exemplos disso. Baltes (1990), destaca a importância da integração entre indivíduo e sociedade para superação dos limites do corpo. Investimento político e apoio aos idosos como as entidades existentes em Bagé são interessantes para cuidado e amparo.

Práticas pedagógicas voltadas ao adulto tardio são necessárias para formar uma cultura de valorização da vida humana e dignidade em todo ciclo de desenvolvimento proposto por Erikson (1998). O aprendizado do adulto jovem, médio e tardio pode acontecer de diferentes formas, pois essas pessoas estão em momentos diferentes experiência e anseios. Não precisa haver segregação, mas uma prática pedagógica abrangente como propõe Gardner (2013).

Escolas e universidades não podem esquecer de considerar a população mais velha, como se fossem seres invisíveis. As necessidades individuais, se pertinentes, não devem submetidas a lente do preconceito. As instituições de ensino possuem o papel de incentivar a integração social, mas para isso o apoio política torna-se necessário. Segundo a Pedagogia do Oprimido de Freire (1987)¹¹, o ensino não pode ser bancário de depósito de conhecimento onde o aluno é um ser passivo, mas sim deve haver reflexão crítica de sua realidade. Somente assim o oprimido se liberta do seu opressor e não cairá na tentação de se tornar opressor.

Ainda Freire (2015, p.34)¹² em Pedagogia da Autonomia afirma que “Transformar a experiência educativa em puro treinamento técnico é amesquinhar o que há de fundamentalmente humano no exercício educativo: o seu caráter formador”. E, ainda: “Ensinar exige a corporificação das palavras pelo exemplo”.

Corpo docente e discente tem a responsabilidade de cuidar de seu estudante como o bem mais precioso para a construção do progresso cultural e econômico. Por isso, o papel tão necessário, de fazer o melhor, mesmo em condições desfavoráveis. Este é o exemplo de determinação e persistência.

4 CONCLUSÃO

A tecnologia pode ser um instrumento importante na edificação da autonomia das pessoas da terceira idade e a universidade cumpre um papel importante no sentido de melhorar a vida das pessoas. Por meio do presente estudo de caso foi possível observar que, com o decorrer das aulas de inclusão digital, a autonomia dos idosos foi aumentando gradativamente, o que impactou positivamente no relacionamento com as pessoas pelas mídias sociais, devido ao baixo custo da comunicação e praticidade.

As aulas ocorrem em diferentes espaços da universidade, sendo a maioria do laboratório de informática. As temáticas trabalhadas envolveram computador e aparelho celular. As professoras e monitoras utilizaram o Google drive para trabalhar coletivamente e colaborativamente no plano de aula que foi elaborado com base nas expectativas da turma.

Observou-se que pelo fato de os idosos, por intermédio do curso, conhecerem as funcionalidades dos aparelhos celulares, houve aumento da segurança na vida cotidiana, principalmente com aplicativos de transporte. Então, as tecnologias da informação e comunicação, especialmente os aparelhos celulares proporcionam maior autonomia para a vida das pessoas na maturidade, o que mostra a relevância do ensino voltado para os adultos.

Agradecimentos

Agradecimento à turma de idosas e corpo docente pela disponibilidade para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

1. ERIKSON. E. O ciclo de vida completo. Trad. Maria Adriana Veronese. – Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.
2. GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo: Atlas, 2008.
3. YIN; R. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2a ed. Porto Alegre: Bookman; 2001.
4. JARVIS, P. Aprendendo a ser uma pessoa na sociedade: aprendendo a ser eu. In: Teorias Contemporâneas da Aprendizagem. ILLERIS; K. Trad: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013.
5. ILLERIS; K. Teorias Contemporâneas da Aprendizagem. Trad: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013.

6. BENTE, E. Pragmatismo: uma teoria da aprendizagem para o futuro. In: Teorias Contemporâneas da Aprendizagem. ILLERIS; K. Trad: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013.
7. MEZIROW, J. Visão geral sobre a aprendizagem transformadora. In: Teorias Contemporâneas da Aprendizagem. ILLERIS; K. Trad: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013.
8. GARDNER, H. Abordagens Múltiplas à Inteligência. In: Teorias Contemporâneas da Aprendizagem. ILLERIS; K. Trad: Ronaldo Cataldo Costa. Porto Alegre: Penso, 2013.
9. JUNG; H. S. Educação Básica e autonomia do educando: aproximações e distanciamentos entre Brasil e Chile. Tese (Doutorado em Educação). 229f. Universidade La Salle, Canoas, 2018. Disponível em: https://biblioteca.unilasalle.edu.br/docs_online/tcc/doutorado/educacao/2018/hsjung.pdf Acesso em 20 ago. 2019.
10. BALTES; P. M. Successful aging: Perspectives from behavior sciences. Cambridge.
11. FREIRE, P. Pedagogia da autonomia. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.
12. FREIRE, P. Pedagogia do Oprimido. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015, 42.^a edição.

A GESTÃO DEMOCRÁTICA NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SULRIOGRANDENSE E O DESENVOLVIMENTO REGIONAL

CAETANO.M.R.¹

ROSA.W. F. Rodrigues da Rosa²

¹ Docente do IFSUL-Campus Sapucaia e no ProfEPT

² Estudante do Curso Técnico de Eventos e Bolsista da FAPERGS

RESUMO: Este artigo faz parte de uma pesquisa em andamento que tem como objeto de estudo a gestão democrática no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-riograndense e seus campus. A pergunta de pesquisa é “Como se apresenta a gestão democrática e quais os mecanismos da gestão democrática utilizados pelo IFSUL e seus campus? Este estudo se caracteriza como qualitativo e a coleta de dados será realizada através de análise documental e mapeamento dos processos de gestão desenvolvidos na reitoria e em nove campus buscando compreender o processo de gestão. Com essa pesquisa espera-se contribuir para uma concepção de gestão democrática da educação profissional consoante com os documentos que originaram os institutos, bem como servir de subsidio para os gestores.

Palavras-Chaves: gestão; gestão democrática; desenvolvimento regional.

DEMOCRATIC MANAGEMENT IN THE FEDERAL INSTITUTE OF EDUCATION, SCIENCE AND SOUTHERN GREEN TECHNOLOGY AND REGIONAL DEVELOPMENT

ABSTRACT: This article is part of an ongoing research that has as its object of study the democratic management in the Federal Institute of Education, Science and Technology of Rio Grande do Sul and its campuses. The research question is “How is democratic management presented and what mechanisms of democratic management are used by IFSUL and its campuses? This study is characterized as qualitative and data collection will be performed through document analysis and mapping of the management processes developed in the rectory and in nine campuses seeking to understand the management process. With this research it is hoped to contribute to a conception of democratic management of vocational education according to the documents that originated the institutes, as well as to serve as support for the managers.

Keywords: management; Democratic management; regional development.

1. INTRODUÇÃO

Este artigo apresenta como objeto de pesquisa a investigação sobre Gestão Democrática no IFSul e suas implicações no desenvolvimento regional. Como o tema é amplo, a pesquisa será desenvolvida em três etapas, a qual consideramos essa etapa como a primeira. A pergunta de pesquisa nessa etapa é: “Como se apresenta a gestão democrática e quais os mecanismos da gestão democrática utilizados pelo IFSul e seus campus? A coleta de dados será realizada através de análise documental e mapeamento dos processos de gestão desenvolvidos na reitoria e campus.

Algumas pesquisas já foram realizadas sobre gestão nos Institutos Federais, como as de SILVA, SILVA(2012); NASCIMENTO, OLIVEIRA e SANTOS (2009); SANTOS, GALVÃO e MALLINEM(2015); LIMA(2014); OLIVEIRA(2017); CARDOZO(2010); PEIXOTO, MENDONÇA, (2009), GRUTZMACHER(2017), mas não encontramos nenhuma pesquisa com o enfoque que estamos apresentando nesse projeto.

Com essa pesquisa espera-se contribuir para os processos de gestão democrática da educação básica, profissional e tecnológica dos Institutos Federais de Educação e ao final das etapas, contribuir para a promoção e inserção do desenvolvimento local e regional.

Sendo a gestão da educação profissional um tema pouco discutido na atualidade, entendemos que há um espaço para aprofundarmos tal tema e relacionarmos com o desenvolvimento regional através das ações desenvolvidas pelos campus e a forma como vem sendo realizada e o número de pessoas atingidas com tais ações. Se a Constituição Federal de 1988 e a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional promulgada em 1996 trazem a gestão democrática como um princípio da educação nacional, é nosso interesse como pesquisadores, compreender como esse processo ocorre nos Institutos Federais, em especial no IFSUL e seus campus. A tese principal é que, quanto mais democrática a gestão, maior será a participação da comunidade escolar e local e maior será a inserção na comunidade visando promover o desenvolvimento local e regional. Portanto uma pesquisa de tal abrangência, será realizada em etapas. Este artigo abordará parte

da primeira etapa, cuja abordagem será a revisão bibliográfica com partes de produções já realizadas e análise documental.

2.OS INSTITUTOS FEDERAIS DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia surgiram com o propósito de fomentar o desenvolvimento local e regional, cuja missão é o compromisso de intervir em suas respectivas regiões, identificando problemas e criando soluções técnicas e tecnológicas para o desenvolvimento regional sustentável. Importante destacar que os Institutos Federais surgem para atender os filhos da classe trabalhadora e aqueles que historicamente foram excluídos dos processos educacionais oferecidos pelo Estado. Nesse sentido faz parte dessa pesquisa mapear as ações que atendam esse público através de ações afirmativas, de gênero entre outros.

Compreendemos que a forma como a gestão e seus mecanismos é concebida, poderá auxiliar no desenvolvimento da região fomentando ações através da participação efetiva ligadas aos grupos nos quais se destina, buscando a inclusão de todos. Portanto uma das hipóteses desse trabalho é quanto mais democrática for a gestão, mais se aproximará da população e maior será a inserção nas comunidades para viabilizar o desenvolvimento regional. A viabilização da gestão democrática nas instituições públicas de ensino envolve uma série de ações, tais como: elaboração do projeto político-pedagógico, instituição de conselhos escolares, eleição para diretor, além da prática constante de socialização de projetos, metas, ações, dentre outros, a fim de que sejam discutidos amplamente pela comunidade escolar e as decisões derivem dessas discussões. Compreender a gestão democrática como espaço de participação, de construção da autonomia, de descentralização do poder e de exercício de cidadania não é apenas um princípio, mas um objetivo que deve ser buscado e aprimorado cotidianamente, não apenas nas escolas, mas também nas diversas esferas da sociedade civil. Nesse sentido, destaca-se o papel previsto para os Institutos Federais que é o de garantir a perenidade das ações que visem a incorporar, antes de tudo, setores sociais que historicamente foram alijados dos processos de desenvolvimento e modernização do Brasil, o que legitima e justifica a importância de sua natureza pública e afirma uma

educação profissional e tecnológica como instrumento realmente vigoroso na construção e resgate da cidadania e da transformação social.

Considerando que o tema tem relevância no contexto das políticas implementadas para a educação profissional e tecnológica no nosso país, entre elas, a expansão da Rede Federal de Educação, Científica e Tecnológica, a importância da gestão educacional e escolar, justifica-se a realização desse estudo.

3.GESTÃO DEMOCRÁTICA DA EDUCAÇÃO

O direito à educação é um direito reconhecido e necessário que seja garantido. Para isso, a primeira garantia é que ele esteja cercado de todas as condições para se efetivar, do acesso à qualidade (CURY, 2002)¹.

Defendemos uma educação que forma para a cidadania no sentido de formação ampliada do homem tendo como objetivo sua atuação para uma sociedade democrática. Se temos como base a construção de uma sociedade democrática, a escola precisa incorporar a participação ativa da comunidade escolar, especialmente professores, funcionários e alunos, pois o que se pretende é que a escola ensine mais do que conhecimentos e informações. A escola precisa ser portadora “dos valores que pretende desenvolver e ser capaz de oferecer aos alunos, professores e comunidade escolar a vivência de situações concretas em que tais valores se fazem presentes.” (PARO, 2001, p.29)².

A gestão democrática já aparecia na Constituição Federal de 1988 e na LDB de 1996. No artigo 3º da LDB, confere, aos estabelecimentos públicos de ensino, a garantia da gestão democrática, bem como a participação da comunidade escolar em instâncias colegiadas.

Art. 3º - O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios: [...]VIII – gestão democrática do ensino público na forma desta Lei e da legislação dos sistemas de ensino; [...]

Art. 14 – Os sistemas de ensino definirão as normas da gestão democrática do ensino público na educação básica, de acordo com suas peculiaridades e conforme os seguintes princípios:

I- participação dos profissionais da educação na elaboração do projeto pedagógico da escola;

II- participação das comunidades escolar e local em conselhos escolares ou equivalentes. [...] (BRASIL, 1996, p.1)³.

O artigo 3º, inciso VIII, repete o texto da Constituição Federal em que está previsto, em seu artigo 206, “a gestão democrática do ensino público na forma da lei”, restringindo-se ao ensino público e conclama professores e comunidade escolar a participar da gestão da escola.

O uso do termo participação ocorre nas decisões. Isso não elimina, obviamente, a participação na execução; mas também não a tem como fim e sim como meio, quando necessário, para a participação propriamente dita que é partilha do poder, ou seja, a participação na tomada de decisões. É importante ter sempre presente esse aspecto “para que não se tome a participação na execução como fim em si mesmo, quer como sucedâneo da participação nas decisões, quer como maneira de escamotear a ausência desta última no processo.” (PARO, 2001, p. 16)⁴.

Para esse mesmo autor, o fortalecimento da escola e a conquista da autonomia político-pedagógica são condições indispensáveis para promover a qualidade da educação e, fundamentalmente, constituem-se em instrumentos de construção de uma nova cidadania. Assim, a democratização institucional constitui um caminho para que a prática pedagógica torne-se efetivamente prática social e possa contribuir para o fortalecimento do processo democrático mais amplo. A escola, como campo privilegiado de intervenções política e pedagógica, traz, na sua essência a possibilidade de construção de novas práticas que priorizem a via democrática na escola e na sociedade. O processo de gestão democrática constrói-se na correlação das forças políticas colocando o bem comum em primeiro plano (PARO, 2001)⁵. Para que ocorra, faz-se necessário que os envolvidos no processo educativo percebam-se como agentes desse processo, em que a autonomia possa ser exercida com sua real finalidade, ou seja, elaboração conjunta de políticas e ações educacionais que visem melhores condições para uma formação de qualidade das crianças e dos jovens que fazem parte do processo escolar.

A democratização escolar não deve ser dada como concluída: ela exige um aprofundamento contínuo, uma capacidade permanente de confrontar novos problemas e uma dinamicidade da estrutura democrática e dos processos de participação, elementos que dependem da intervenção da comunidade para uma melhor qualidade na educação. A esse respeito Paro (2007, p. 5)⁶ afirma:

Assim entendida, a qualidade específica da administração é seu caráter de mediação que envolve as atividades-meio e as atividades-fim, perpassando

todo o processo de realização de objetivos. A partir desse entendimento, o princípio fundamental da administração passa a ser o da necessária coerência entre meios e fins, ou seja, para que a administração efetivamente se realize, é imprescindível que os meios utilizados não se contraponham aos fins visados.

Adotar e vivenciar a gestão democrática é possibilitar situações das quais a comunidade escolar participe efetivamente, oferecendo contribuições significativas tanto ao processo de formação dos alunos, quanto a melhorias para a escola e sociedade, implicando, assim, na participação de todos os sujeitos envolvidos no processo educativo. Dessa forma, a gestão escolar deixa de ser centralizadora e passa a ser percebida sob um aspecto solidário e integrador.

Por isso, Cury (2002, p. 21-22)⁷ afirma que “a gestão democrática é a gestão da administração concreta”. Desse modo, compreendemos que, para uma instituição ter um projeto de gestão efetivamente democrático, necessita ter, de fato, uma cultura amplamente democrática, o que compreende adotar ações descentralizadoras e participativas nas mais diversas instâncias.

A gestão democrática também é entendida como a participação efetiva dos vários segmentos da comunidade escolar na construção e na avaliação dos projetos pedagógicos, na administração dos recursos da escola, nas ações cotidianas, enfim, nos processos decisórios. A gestão democrática implica luta pela garantia da autonomia da unidade escolar, participação efetiva nos processos de tomada de decisão, incluindo a implementação e ação efetiva de processos colegiados, e, ainda, financiamento pelo poder público, entre outros (PARO, 2010)⁸. Entendemos que nesse contexto de gestão, estão os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia.

4. OS INSTITUTOS FEDERAIS E SUA FUNÇÃO SOCIAL

Os Institutos Federais nascem como parte dos objetivos do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE), lançado em 24 de abril de 2007, no segundo mandato do Governo Lula (2007-2010), em uma conjuntura de crescimento interno da economia brasileira e na contramão da economia mundial. A implantação dos Institutos Federais apresentam características inovadoras quanto à sua organização. Os IFs possuem natureza jurídica de autarquia, detentoras de autonomia administrativa, patrimonial, financeira, didático pedagógica e disciplinar. Incorporam

um modelo de ensino integrado e verticalizado, com a oferta de educação profissional e tecnológica (EPT) em todos os seus níveis e modalidades articulada às dimensões do trabalho: formação inicial e continuada; ensino médio integrado ao técnico; graduação e pós-graduação – *latu* e *strictu sensu* (BRASIL, LDB nº 9.394/96; Lei nº 11.741/2008)⁹. Os Institutos Federais foram equiparados às Universidades Federais no sentido de desenvolver ensino, pesquisa, extensão, buscando a inovação.

Os Institutos Federais promoveram a interiorização da EPT no Brasil, por meio da implantação de uma estrutura multicampi em todas as regiões do país, com vista a ofertar formação profissional articulada às potencialidades de desenvolvimento socioeconômico e cultural local e regional. Os Institutos Federais, portanto, apresentam na sua institucionalidade, à inclusão socioterritorial e a qualidade de vida daqueles historicamente situados à margem das ofertas educativas e dos processos de desenvolvimento e modernização do país (PACHECO *et al*, 2009)¹⁰, bem como representam a retomada da federalização da educação profissional e tecnológica pelo Estado Brasileiro. É uma nova institucionalidade política, social e econômica, visto que confere maior destaque à política pública de educação profissional e tecnológica no seio da sociedade. Guarda estreito compromisso com a democratização da oferta de EPT e com o desenvolvimento territorial (local e regional), entendido como lugar de vida (BRASIL, 2010)¹¹.

Em relação a gestão, os Institutos Federais, se caracterizam por ser uma autarquia e “cada Instituto Federal é organizado em estrutura multicampi, com proposta orçamentária anual identificada para cada campus e a reitoria, exceto no que diz respeito a pessoal, encargos sociais e benefícios aos servidores” e que “os Institutos Federais terão como órgão executivo a reitoria” (PACHECO, 2011, p.23)¹². São instituições autônomas, cuja proposta implica a mudança nas relações e vínculos entre professores, alunos, escola e comunidade.

A travessia de uma organização burocrática para uma democrática é lenta. Passa, necessariamente, pelo conhecimento e diálogo com os projetos de vida e de sociedade tanto dos sujeitos do cotidiano escolar como daqueles que deste não participam diretamente, mas que dele podem se beneficiar ou sofrer seus impactos (PACHECO, 2011, p.31).

Ainda conforme Pacheco, com os Institutos Federais, inicia-se uma nova fase, “abandonando o hábito de reproduzir modelos externos e ousando inovar a partir de nossas próprias características, experiências e necessidades” (*idem*). Os IFs são instituições educacionais recentes que precisam estar em permanente construção e avaliação para identificar a que ponto estamos da caminhada a fim de atingir os objetivos e propósitos de sua criação, nesse sentido, estudar a gestão democrática nos IFs é auxiliar na construção e avaliação dessa importante instituição educacional, pois se caracteriza “por uma nova institucionalidade” (PACHECO,2011).

5. ALGUNS PRESSUPOSTOS DA GESTÃO NO INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIOGRANDENSE

O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense (IFSul), integrante da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, foi criado a partir do CEFET-RS, mediante Lei nº11.892, de 29 de dezembro de 2008. Sua natureza jurídica é de autarquia, vinculada ao Ministério da Educação. O IFSul, tem sua sede administrativa localizada em Pelotas/RS, e é formado por quatorze câmpus: Pelotas, Pelotas-Visconde da Graça, Sapucaia do Sul, Charqueadas, Passo Fundo, Bagé, Camaquã, Venâncio Aires, Santana do Livramento, Sapiranga, Lajeado, Gravataí, Jaguarão e Novo Hamburgo.

O Instituto Federal se caracteriza pela verticalização do ensino, oferta educação profissional e tecnológica em diferentes níveis e modalidades de ensino, assim como articula a educação superior, básica e tecnológica.

A Instituição reúne elementos singulares para a definição de sua identidade, assumindo papel representativo de uma verdadeira incubadora de políticas sociais, uma vez que constrói uma rede de saberes que entrelaça cultura, trabalho, ciência e tecnologia em favor da sociedade. Sua missão é

Implementar processos educativos, públicos e gratuitos de ensino, pesquisa e extensão, que possibilitem a formação integral mediante o conhecimento humanístico, científico e tecnológico e que ampliem as possibilidades de inclusão e desenvolvimento social.

KRUGER; CAETANO(2019)¹³ em ensaio anterior trazem que o Estatuto do IFSul é um instrumento que regulamenta a organização e funcionamento da instituição, ao referenciar os princípios institucionais, descreve o “compromisso com a prática, equidade, cidadania, ética, preservação ambiental e gestão democrática” (IFSul, p. 4). No Regimento, artigo 2º, consta que o Instituto Federal Sul-rio-grandense rege-se pela legislação federal e pelos instrumentos normativos, na seguinte ordem de prioridade: I. Estatuto; II. Regimento Geral; III. Resoluções do Conselho Superior; e IV. Atos da Reitoria (IFSul, p.3)¹⁴.

Em sua organização, a instituição tem como órgão máximo o Conselho Superior, de caráter consultivo e deliberativo, que em sua composição é garantida a representação da sociedade civil, de um representante do Ministério da Educação – MEC, dos docentes, dos técnicos-administrativos, dos discentes, sendo estes três últimos, eleitos pelos seus pares.

Além desse conselho, outras formas de participação estão garantidas através da eleição do Reitor, dos Diretores dos Câmpus, dos colegiados dos cursos, da construção de documentos a exemplo do Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), do Projeto Pedagógico Institucional (PPI), o Regimento Geral, que configuram instrumentos da gestão democrática da educação, numa perspectiva de participação de todos os envolvidos. Essa participação normalmente se dá ou por participação direta, como é o caso da eleição de reitor e diretores dos campus, ou por representação nos colegiados.

O Plano de Desenvolvimento Institucional - PDI - (2014-2019)¹⁵, do IFSul, afirma que é assegurada a participação dos discentes no Conselho Superior, nos Colegiados dos Cursos Superiores e na Comissão Própria de Avaliação. O número de discentes em cada órgão e o detalhamento do processo de escolha dos estudantes pelos seus pares estão definidos no Estatuto da Instituição, nos regulamentos de cada Colegiado e da Comissão Própria de Avaliação.

O PDI descreve que a sua construção “articula diferentes informações de gestão (...) e possibilita maior transparência e democracia no processo de gestão”. Afirma que se trata, portanto, de um exercício a ser realizado ao longo da vigência desse documento para a construção de uma cultura de planejamento participativo, a qual faz parte nos processos do IFSul, característicos da gestão democrática.

Outro documento fundamental é o Projeto Pedagógico Institucional- PPI do IFSul, que aponta sua reconstrução, a partir da Lei nº 11.892/2008 e exigiu o comprometimento de todos os envolvidos no processo educativo, quais sejam, estudantes, pais, docentes e técnicos-administrativos e o desafio de uma educação voltada para o exercício pleno da cidadania.

No projeto, a instituição descreve o comprometimento com a formação de um cidadão crítico, colaborando para a construção de uma sociedade justa e democrática. Além disso, apresenta a missão institucional, os objetivos, a forma de estruturação curricular dos cursos, a avaliação, bem como políticas de ensino e inclusão, explicitando o compromisso com a formação para a cidadania (KRUGER; CAETANO,2019).

Em consonância com a concepção acerca do homem a ser formado, a preocupação com a formação para a cidadania, a consciência crítica, destacadas no PPI, Paro (2000, p.3) afirma ser fundamental “uma formação democrática que, ao proporcionar valores e conhecimentos, capacite e encoraje seus alunos a exercerem ativamente sua cidadania na construção de uma sociedade melhor”. No que se refere à formação de sujeito pretendida, há que se destacar, ainda, que no item 7 do PPI, referente aos valores da instituição, compromete-se em “proporcionar uma formação orientada no desenvolvimento das noções de ética e democracia, (...) que atuem como agentes comprometidos com a emancipação humana e com a construção da cidadania plena.”

Destaca-se que no processo de reconstrução do PPI, houve uma reflexão acerca do modelo educacional do IFSUL em atendimento à lógica do mercado e que superada essa concepção de educação, vislumbra um processo educativo comprometido com o desenvolvimento do indivíduo em todas as suas dimensões (KRUGER; CAETANO,2019).

Para tanto, destaca como necessária a reflexão sobre a prática docente, sobre as atividades diárias, sobre as forças culturais, econômicas e políticas que moldam a sociedade, para perceber a interação entre o sistema escolar, seus currículos e as relações sociais. Até esse momento apresentamos os principais documentos gerais do IFSUL e a normativa sobre a forma de gestão construída para a instituição.

6. RELAÇÃO DOS IFs COM O DESENVOLVIMENTO LOCAL E REGIONAL: PRIMEIRAS APROXIMAÇÕES

A relação entre os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia e o desenvolvimento local e regional está expressa na Lei n. 11.892/2008, que estabelece:

Art. 6º Os Institutos Federais têm por finalidades e características: I - ofertar educação profissional e tecnológica, em todos os seus níveis e modalidades, formando e qualificando cidadãos com vistas na atuação profissional nos diversos setores da economia, com ênfase no desenvolvimento socioeconômico local, regional e nacional; II - desenvolver a educação profissional e tecnológica como processo educativo e investigativo de geração e adaptação de soluções técnicas e tecnológicas às demandas sociais e peculiaridades regionais; IV - orientar sua oferta formativa em benefício da consolidação e fortalecimento dos arranjos produtivos, sociais e culturais locais, identificados com base no mapeamento das potencialidades de desenvolvimento socioeconômico e cultural no âmbito de atuação do Instituto Federal (BRASIL, 2008)¹⁶.

O Desenvolvimento Regional é um objeto de estudo e também um campo de intervenção política. É preciso considerar a democracia, a organização e a participação social para a reflexão sobre desenvolvimento. Ou seja, as políticas públicas não podem ser simplesmente lançadas de cima para baixo, mas sim ser construídas a partir de um diálogo com as pessoas que ocupam o espaço em que elas irão incidir. O autor reforça a importância de se levar em consideração, além dos aspectos econômicos, os problemas relativos a saúde, educação, moradia, saneamento, transporte e tudo o que implique em melhoria da qualidade de vida. Em específico, o PNDR (BRASIL, 2007, p. 35)¹⁷ explicita: “infra-estrutura clássica de média e pequena escala, apoio à inovação e suas práticas em arranjos produtivos locais, capacitação de mão-de-obra, apoio à ampliação dos ativos relacionais e oferta de crédito para as unidades produtivas”. A capacitação de mão de obra não deve ocorrer nos moldes da lógica do adestramento, tendo o capital como fim, mas sim pela necessidade de emancipação (FRANZIN, 2017, p.32)¹⁸ dos sujeitos.

Os Institutos Federais de Educação são considerados “um modelo institucional absolutamente inovador em termos de proposta político-pedagógica”, sendo a verticalização do ensino, da educação básica à superior, um dos fundamentos dos Institutos Federais (PACHECO, 2011, p. 13). Constitui-se como

missão dessas instituições o compromisso de intervir em suas respectivas regiões, identificando problemas e criando soluções técnicas e tecnológicas para o desenvolvimento regional sustentável. Buscando consolidar esse compromisso, o IFSul apresenta como princípio,

VI - organização didático-pedagógica dinâmica e flexível, com enfoque interdisciplinar, privilegiando o diálogo permanente com a realidade local e regional, sem abdicar dos aprofundamentos científicos, tecnológicos e humanísticos;

VIII - organização administrativa que possibilite aos diversos câmpus, inserirem-se na realidade local e regional, oferecendo suas contribuições e serviços resultantes do trabalho de ensino, pesquisa e extensão (IFSul, p.4)

Entre as características e finalidades do IFSul e a sua relação e inserção na comunidade e desenvolvimento local, no Estatuto consta

II - desenvolver a educação profissional e a tecnológica como processo educativo e investigativo de geração e de adaptação de soluções técnicas e tecnológicas às demandas sociais e peculiaridades regionais; IV - orientar sua oferta formativa em benefício da consolidação e fortalecimento dos arranjos produtivos, sociais e culturais locais, identificados com base no mapeamento das potencialidades de desenvolvimento socioeconômico e cultural no âmbito de atuação deste Instituto Federal.

Portanto, como estamos defendendo, esta relação dialógica do IFSul e seus campus com a comunidade local e regional é fundamental para atender seus objetivos e princípios, por isso o alcance das suas ações é fundamental para compreendermos esse processo. É a autonomia de cada campus e sua inserção local e regional que pressupõe a capacidade de estabelecer normas próprias sobre aquilo que lhe é próprio (BUCCI, 2014)¹⁹. O que se refere a cada campus, cabe ao próprio campus construir com a e pela sociedade, atendendo as questões legais. Por isso que o sentido do campus e aqueles que o circundam precisam se beneficiar da sua presença com significado prático, ou seja, materializados em projetos e ações implicando em mudanças significativas nas questões sociais, culturais, educacionais, tecnológicas, inovadoras, visando o bem comum e o mundo do trabalho.

Nessa perspectiva, Pacheco (2011, p. 14)²⁰ defende uma expansão que “deve ir além da compreensão da educação profissional e tecnológica como mera instrumentalizadora de pessoas para ocupações determinadas por um mercado”,

exigindo uma intervenção mais ampla na sociedade, possibilitando o surgimento do tão sonhado desenvolvimento econômico e social.

CONSIDERAÇÕES

O presente estudo buscou primeiramente aproximar o referencial sobre gestão democrática e desenvolvimento local e regional. Após analisou alguns documentos do IFSul: regimento, PPI e PDI e o que estava registrado sobre a gestão e o desenvolvimento local e regional haja visto que este estudo está em fase inicial.

Como considerações iniciais, levantamos através dos documentos e do referencial teórico que os IFs apresentam em sua gênese, princípios democráticos, a partir da nova institucionalidade, entre elas, o acesso ao conhecimento desenvolvendo ensino, pesquisa, extensão, do ensino médio a pós-graduação, segundo o princípio de verticalização do ensino. Outro ponto importante é a interiorização da EPT no Brasil, em todas as regiões do país, visando ofertar formação profissional articulada às potencialidades de desenvolvimento socioeconômico e cultural local e regional. Inclusão socioterritorial e a qualidade de vida dos sujeitos que historicamente ficaram à margem das ofertas educativas e dos processos de desenvolvimento e modernização do país.

Por outro lado, percebemos que estão presentes no Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI), Projeto Pedagógico Institucional (PPI), Regimento Geral, elementos que configuram instrumentos da gestão democrática na educação, numa perspectiva de participação de todos os envolvidos. A gestão colegiada é um importante instrumento quando tratamos de democracia representativa, tendo em vista que os segmentos estão de certa forma representados nas principais discussões a respeito dos rumos da instituição. O PDI do IFSul apresenta de forma enfática, a construção de uma cultura de planejamento participativo, o que vem caracterizando um processo de participação na construção da nova institucionalidade.

Quanto ao desenvolvimento local e regional, há o compromisso legal de intervir em suas respectivas regiões, identificando problemas e criando soluções técnicas e tecnológicas para o desenvolvimento regional sustentável, dialogando

sempre com a comunidade local. Reiteramos portanto, nessa pesquisa ainda em fase inicial, que a comunidade local e regional, precisam se beneficiar da presença dos campus através da materialização de sua atuação em projetos e ações intervindo significativamente nas questões sociais, culturais, educacionais, tecnológicas, inovadoras, visando o bem comum e o mundo do trabalho.

Consideramos que com a criação dos Institutos Federais, criou-se também maior destaque à política pública de educação profissional e tecnológica comprometidos com a democratização da oferta de EPT e com o desenvolvimento territorial, local e regional.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília: Senado, 1988. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em 12 out 2019.

BRASIL. Lei n. 9.394, 20 de dezembro, 1996. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9394.htm. Acesso em 12 out. 2019.

1 CURY, C. R. J. Direito à educação: direito à igualdade, direito à diferença. **Cadernos de Pesquisa**, n.116, p.245-262, jun. 2002.

2 PARO, Vitor. **Escritos sobre educação**. São Paulo: Xamã, 2001.

3 BRASIL. Lei n. 9.394, 20 de dezembro, 1996. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9394.htm. Acesso em 12 out. 2019.

4 PARO, Vitor Henrique. **Progressão continuada, supervisão escolar e avaliação externa: implicações para a qualidade do ensino**. Rev. Bras. Educ. [online]. 2001, vol.16, n.48, pp. 695-716.

5 PARO, Vitor Henrique. **Progressão continuada, supervisão escolar e avaliação externa: implicações para a qualidade do ensino**. Rev. Bras. Educ. [online]. 2001, vol.16, n.48, pp. 695-716.

6 PARO. Vítor. **Gestão Escolar, democracia e qualidade do ensino**. São Paulo: Ed. Ática, 2007.

7 CURY, C. R. J. Direito à educação: direito à igualdade, direito à diferença. **Cadernos de Pesquisa**, n.116, p.245-262, jun. 2002.

8 PARO, Vitor Henrique. **A educação, a política e a administração: reflexões sobre a prática do diretor de escola**. Educação e Pesquisa. [online]. 2010.

9 BRASIL. **Lei nº 11.892**, de 29 de dezembro de 2008. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11892.htm>. Acesso em 12 jul. 2018.

10 PACHECO. Eliezer. SETEC/MEC: Bases para uma Política Nacional de EPT. Brasília, 2009.

11 BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Instituto Federal - Concepções e Diretrizes. Brasília, 2010.

12 PACHECO. Eliezer. **Institutos federais uma revolução na educação profissional e tecnológica Brasília**. Editora Moderna, 2011.

13 KRUGER. Rejane Schawartz; CAETANO.M.R. A construção coletiva do Projeto Político Pedagógico: Ensino integrado, formação integral e o compromisso com a gestão democrática. In: Caetano,M.R, Prates.D.M.A e Loponte, Luciana(orgs).**Diálogos, Práticas e Memórias.(Re)existência em Educação Profissional e Tecnológica**. Porto Alegre: CirKula, 2019.

14 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIENCIA E TECNOLOGIA SULRIOGRANDENSE. **Regimento Geral**. Disponível em [file:///C:/Users/User/Downloads/Regimento_Geral_alterado_DOU17122018%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/Regimento_Geral_alterado_DOU17122018%20(1).pdf). Acesso em 15 ago. 2019.

15 INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIENCIA E TECNOLOGIA SULRIOGRANDENSE. **Plano de Desenvolvimento Institucional**. Disponível em <http://www.ifsul.edu.br/plano-de-desenv-institucional/item/85-pdi> . Acesso em 15 ago. 2019.

16 BRASIL. **Lei 11.741**, de 16 de julho de 2008. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11741.htm> Acesso em 24 ago.2019

17 BRASIL. Decreto nº 6.047, de 22 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Regional (PNDR) e dá outras providências. Brasília, 2007. Disponível em: . Acessado em 03 de outubro de 2019.

18 FRANZIN. Sergio Francisco Loss Franzin. **Modelo de gestão, Tecnologia e políticas públicas: o IFRO e o desenvolvimento Regional em Rondônia**. Disponível em <http://www.ri.unir.br/jspui/bitstream/123456789/2159/1/TESE%20SERGIO%20FRANZIN.pdf>. Acesso em 15 ago 2019.

19 BUCCI, M.P.D. Colegiados e Democracia na Gestão Pública. In: **Capacitação de Colegiados e Conselhos**, 2014. Disponível em: . Acesso em: 23 jul. 2019.

20 PACHECO. Eliezer. **Institutos federais uma revolução na educação profissional e tecnológica Brasília**. Editora Moderna, 2011.

APRESENTAÇÃO DOS NÚMEROS IRRACIONAIS COM O AUXÍLIO DA TI

Coiro, L. B.¹
Cordeiro, M. N.²

¹ Mestrando Prof. Especialista em Educação Matemática, Luciano Brasbiel Coiro, UERGS, lucoiro.matematica@gmail.com

² Mestrando Prof. Espec. Automação, Licenciado em Matemática, Moisés Nivaldo Cordeiro, UERGS, moises.cordeiro@ibiruba.ifrs.edu.br

Resumo

O ensino de matemática nas escolas tem um papel importante na formação de um cidadão responsável, consciente e crítico. Na sociedade brasileira, a metodologia aplicada para o ensino e aprendizagem das ciências exatas nem sempre são atraentes aos educandos, pois é comum encontrar professores com formação em outras áreas que assumem estas aulas, e como consequência são desenvolvidas através de metodologias que enfatizam aspectos informativos e aprendizagens por memorização, dissociados dos fenômenos que acontecem no mundo digital do estudante e em seu cotidiano. Este trabalho tem como objetivo apresentar e demonstrar o conjunto dos números irracionais a educandos, utilizando objetos digitais de aprendizagem (OA). No primeiro item, são apresentadas referências bibliográficas que justificam a utilização de recursos digitais e a metodologia empregadas no desenvolvimento para apresentação deste conjunto numérico. A segunda parte consiste na utilização de um objeto de aprendizagem, desenvolvido no aplicativo GeoGebra, como recurso a fim de proporcionar ao educando a construção do seu conhecimento de maneira lúdica e prazerosa. A terceira parte possibilita a percepção visual da influência dos números irracionais no comportamento da tensão elétrica, onde a variação da tensão eficaz e a tensão de pico são observável em um ciclo de tempo gerado no aplicativo GeoGebra, oportunizando a conexão deste conjunto numérico no cotidiano do educando.

Palavras-chave: Ensino matemático; Aprendizagem TI; Atividades GeoGebra.

PRESENTATION IRRATIONAL NUMBERS WITH TI AID

Abstract

Teaching math in schools plays an important role in shaping a responsible, conscientious and critical citizen for the community. In Brazilian society, the teaching of exact sciences in the classroom is generally not attractive subjects for learners, as it is common to find teachers with training in other areas that take these classes, and as a consequence are developed through methodologies that emphasize informative

aspects and learning. by memorization, dissociated from the phenomena that happen in the digital world of the student and his daily life. This paper aims to present and demonstrate the set of irrational numbers to students, using digital learning objects. In the first item, bibliographical references that justify the use of digital resources and the methodology employed in the development for the presentation of this numerical set are presented. The second part is the use of a learning object, developed in the GeoGebra application, as a resource in order to provide the student with the construction of their knowledge. The third part enables the visual perception of the influence of irrational numbers on the behavior of electric voltage, where the variation of the effective voltage and the peak voltage is observable in a time cycle generated in the GeoGebra application, allowing the connection of this numerical set in the daily life of the system. educating, promoting school success and building as a social being.

Key words: Mathematical teaching; IT learning; GeoGebra Activities.

1 INTRODUÇÃO

Os números surgem em nossas vidas desde quando crianças, mesmo antes de estarmos inseridos na escola, eles estão presentes em noções de espaço, quantidade, atividades financeiras e tantas outras ações da vida humana. Mas como apresentar ao educando os números irracionais que não são comensuráveis, que possuem uma forma infinita de sua representação? Este questionamento instigou a desenvolver uma metodologia de ensino, para apresentar este conceito, com o intuito de promover a assimilação e aplicação deste conjunto numérico no cotidiano dos educandos, a partir da análise da tensão elétrica alternada presentes em nossas casas e no mundo do trabalho. Este artigo apresenta uma metodologia que utiliza a tecnologia no ensino e aprendizagem, recurso que o PCN de Matemática salienta como contribuinte para compreensão dos conceitos matemáticos, como também apresenta a argumentação de MOURA e BRANDÃO alegando que o uso da tecnologia é uma metodologia inovadora que promove a curiosidade e desafia a busca do conhecimento de modo interativo e dinâmico. Portanto este trabalho é uma sequencia didática a fim de apresentar os números irracionais, a qual será aplicado num curso técnico de Eletrotécnica em um outro momento com o propósito da sua validação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A escolha de uma metodologia de ensino e aprendizagem deve contemplar algo que instigue a curiosidade do educando e promova a busca do conhecimento de modo atrativo. Os educandos de hoje, que estão inseridos no ensino formal, nasceram e cresceram com as tecnologias digitais inseridos na sua vivência, este fato gerou estudos que denominaram este público como nativo digital.

Sendo assim é perceptivo que o educando de hoje está inserido no meio tecnológico, tendo em vista esta característica, percebesse que a metodologia de ensino e aprendizagem deva acompanhar o perfil destes alunos, portando o material manipulável para o ensino seja um Objeto Virtual de Aprendizagem (OVA).

Conforme está descrito no PCN a construção do conhecimento através de recursos que possibilitem a manipulação e interação do educando, contribui para uma melhor compreensão de conceitos matemáticos.

O uso desses recursos traz significativas contribuições para se repensar sobre o processo de ensino e aprendizagem de Matemática à medida que: relativiza a importância do cálculo mecânico e da simples manipulação simbólica, uma vez que por meio de instrumentos esses cálculos podem ser realizados de modo mais rápido e eficiente.

Evidencia para os alunos a importância do papel da linguagem gráfica e de novas formas de representação, permitindo novas estratégias de abordagem de variados problemas;

Possibilita o desenvolvimento, nos alunos, de um crescente interesse pela realização de projetos e atividades de Investigação e exploração como parte fundamental de sua aprendizagem.

Permite que os alunos construam uma visão mais completa da verdadeira natureza da atividade matemática e desenvolvam positivas diante de seu estudo. (BRASIL, 1998, p. 43 e 44)

Acreditamos que a utilização do OVA seja um diferencial para a aprendizagem do aluno, possibilitando a ele um aprendizado significativo, pois esta didática está inserida no seu meio, instiga a curiosidade e constrói seu conhecimento mediada pelo educador. Um ensino que está baseado na utilização de ferramentas tecnológicas é uma educação inovadora, conforme MOURA, E.; BRANDÃO, E. (2013 p. 13)

O uso das novas tecnologias da comunicação e informação (TIC) representa uma grande inovação na educação, pois propicia o desenvolvimento das produções em colaboração, podendo instigar o espírito investigativo tanto dos estudantes quanto dos professores sendo que estes poderão apropriar-se do uso das tecnologias para mediar os trabalhos dos estudantes, sentindo-se desafiados a buscar condições mais adequadas para o processo de aprendizagem interativo e dinâmico (MOURA; BRANDÃO, 2013, p. 3).

Esta educação inovadora pode ser aplicada no ensino dos números irracionais com a utilização de um software educacional, que torne o educando formador do seu conhecimento. A partir destas referências foi realizado uma pesquisa, com a intenção do encontro de uma metodologia onde o aluno seja o protagonista do seu aprendizado sobre os números irracionais, fomentado pelo uso de tecnologias digitais.

O recurso tecnológico que promoverá o desenvolvimento deste trabalho será o GeoGebra, um aplicativo dinâmico que faz a conexão de conceitos de álgebra e da geometria em uma interface gráfica que favorece a construção de vários conceitos no estudo da matemática de forma simples.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para introduzir os números irracionais, foi realizada uma pesquisa com a finalidade de demonstrar os números irracionais utilizando a geometria analítica. Este estudo oportunizou a escolha do cálculo da diagonal do quadrado de lado um na reta numérica, aplicando o teorema de Pitágoras. Utilizando esta temática foi elaborado uma sequência didática, com o propósito de um ensino e aprendizagem através da manipulação do aplicativo GeoGebra, proporcionando apropriação deste conceito de maneira lúdica e construtivista. Será apresentada atividade que analisa o comportamento da tensão elétrica alternada monofásica, presente em nossas casas, para promover um ensino onde a argumentação e o diálogo pelo educando tomem um lugar de destaque.

O plano de aula consiste:

- Introdução aos números irracionais e a eletricidade;
- Tempo de aula: 50 minutos;
- Tema aula: Números Irracionais e tensão elétrica alternada;
- Conteúdo abordado: Introdução dos números irracionais e o comportamento da tensão CA;
- Objetivos da aula: Compreender os números irracionais e suas aplicações;
- Recursos utilizados: Computadores com o software GeoGebra instalados;
- Metodologia adotada: Utilização do software para construção do conhecimento;

O procedimento adotado,

1. Iniciar o software GeoGebra;
2. No software GeoGebra o estudante deve criar um quadrado de lado 1 (um), conforme a figura abaixo,

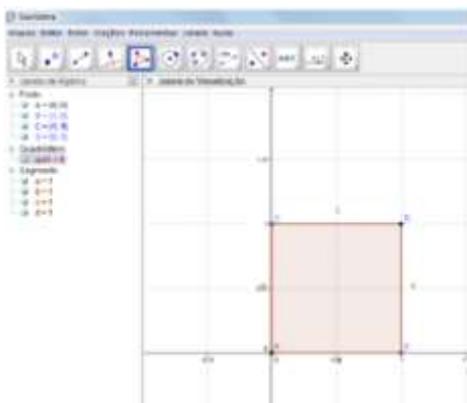


Figura 1. Quadrado no GeoGebra.

3. Criar a diagonal do quadrado entre os pontos “A” e “C”.
Criar uma circunferência de centro em “A” e raio em “C”.

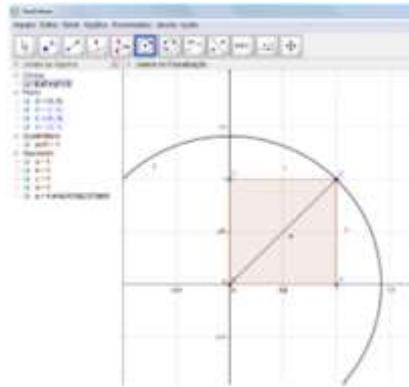


Figura 2. Diagonal do Quadrado.

4. Criar um ponto de inserção da circunferência com o eixo “X” (ponto “E”) e exibir o rótulo com o nome e valor.

Solicitar que o aluno registre o valor da coordenada “X” no ponto “E”.

Observação: O GeoGebra vem configurado para arredondamento de duas casas decimais.

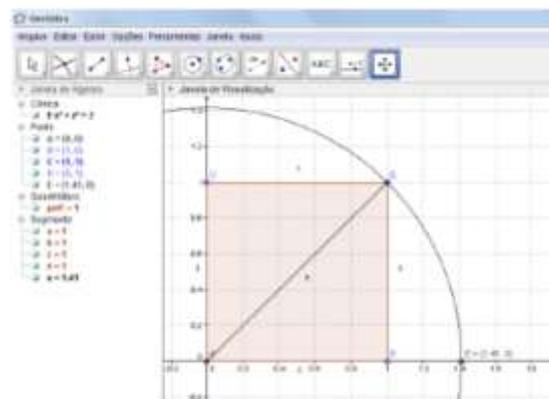


Figura 3. Diagonal projetada na abcissa

5. Solicitar que o estudante clique em:
- Opções;
 - Arredondamento
 - 4 casas de decimais
 - Registre o valor obtido da coordenada “X” no ponto “E”.

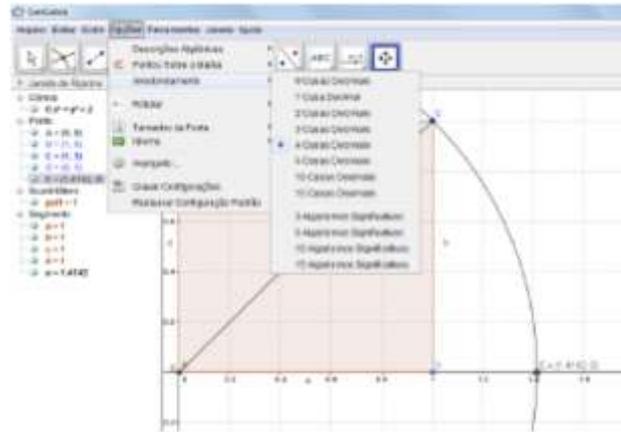


Figura 4. 1º Leitura.

6. Solicitar que o estudante clique em:
- Opções
 - Arredondamento
 - 10 casas decimais
 - Registre o valor da coordenada "X" no ponto "E".

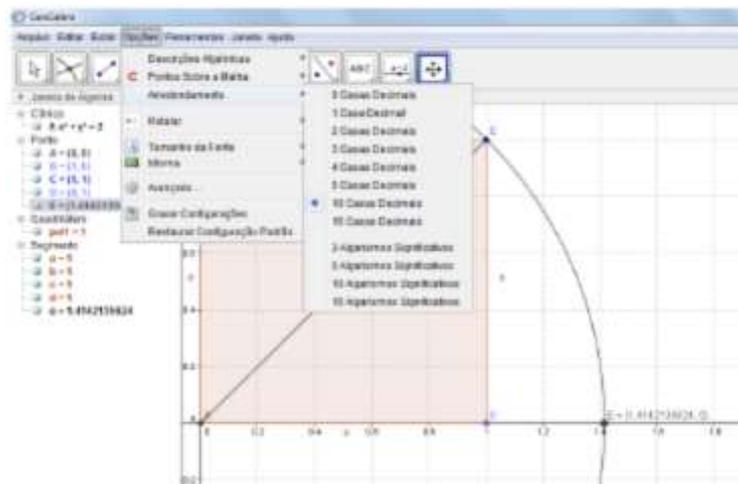


Figura 5. 2º Leitura.

7. Solicitar que o estudante clique em:
- Opções
 - Arredondamento
 - 15 casas decimais
 - Registre o valor obtido da coordenada "X" no ponto "E".

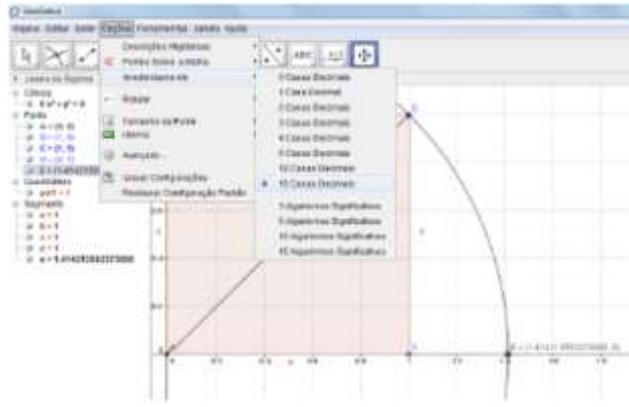


Figura 6. 3º Leitura.

8. Questionar aos alunos: O que está acontecendo? Com o valor da coordenada “X”?
9. Resposta esperada: A cada mudança de arredondamento o valor da coordenada “X” é acrescido de números.

A partir das respostas relatar que o valor determinado é a diagonal do quadrado de lado 1 (um), que através de cálculos utilizando o Teorema de Pitágoras chegamos a seguinte solução $d = \sqrt[3]{2}$, extraindo a raiz de 2 teríamos na resposta uma parte

inteira e uma parte decimal infinita e não periódica.

10. Para finalização conceituar os números irracionais com a aplicação de um exemplo prático, analisando o comportamento da rede elétrica a partir da análise da tensão elétrica eficaz e a tensão de pico em uma instalação monofásica.

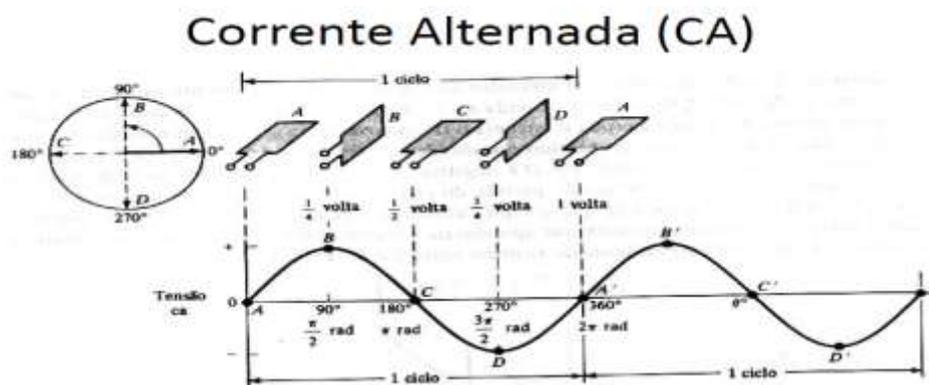


Figura 7. Ciclo de corrente alternada

11. Utilizando o Software GeoGebra inserir a função seno que corresponde ao comportamento da tensão elétrica alternada em relação ao tempo:

$$v(t) = Vmax \text{ sen } (2\pi ft)$$

Onde

$$V_{ef} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

12. Visualizar graficamente o comportamento da tensão elétrica a partir do aplicativo matemático GeoGebra.

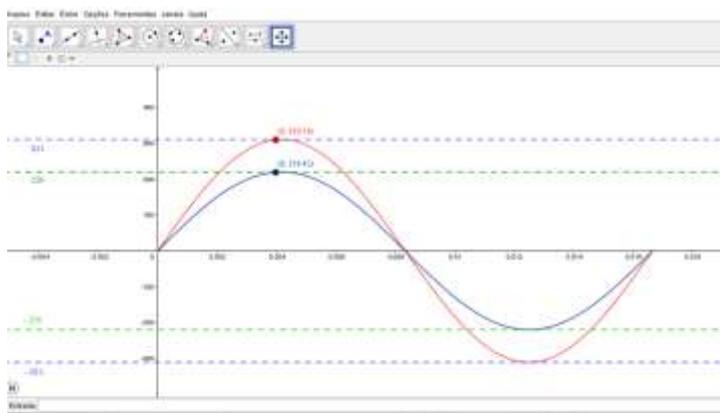


Figura 8. Ciclo de corrente alternada no GeoGebra

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista os estudos referentes sobre a manipulação e interação de objetos educacionais, a tecnologia como uma ferramenta de ensino e aprendizagem inovadora agregada ao educando que possui um perfil tecnológico, que faz uso da tecnologia no seu dia a dia, este plano de aula será aplicado numa turma de estudantes do curso técnico em Eletrotécnica do IFRS - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul - Campus Ibirubá - RS, com o propósito de levantamento de dados para a análise desta metodologia de apresentação dos números irracionais, cujo os resultados serão discutidos num próximo trabalho.

Agradecimentos

À Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS, unidade de Guaíba por propiciar o acesso ao universo da pesquisa científica, viabilizando o aperfeiçoamento e o desenvolvimento profissional na área de educação, a qual desejamos seguir como meio de vida.

REFERÊNCIAS

1 MOURA, E.; BRANDÃO, E. O uso das tecnologias digitais na modificação da prática educativa escolar. Revista Científica Fazer, Erechim, n.129, p. 1-17, 2013.

2 BRASIL . Ministério da Educação. Secretária de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Matemática. (3º e 4º ciclos do ensino fundamental). Brasília: MEC, 1998.

3 PRENSKY, Marc. Digital immigrants. Tradução: Roberta de Moraes Jesus de Souza. Disponível em: <http://www.colegiongeracao.com.br/novageracao/2_intencoes/nativos.pdf> Acesso em: 24 out 2017.

4 CREDER, Hélio. Instalações elétricas. 15ª. Ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2007. xiv, 428 p. ISBN 9788521615675.

MANIFESTAÇÃO CULTURAL: UM GRUPO DE TRABALHO PARA A REVITALIZAÇÃO DE ESPAÇOS PÚBLICOS DE CONVIVÊNCIA

Del Zotto Ritter, E.S.¹

Thoma Eltz, P.²

Genuíno, F.³

De Borba, G. M.⁴

Kargwanski, N. de S.⁵

Da Silva, K. A.P.⁶

¹ *Mestranda em Educação Profissional e Tecnológica, Elizandra Sirlei Del Zotto Ritter, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Charqueadas/RS, zandra.ritter@hotmail.com.*

² *Doutora em Diversidade Cultural e Inclusão Social, Patricia Thoma Eltz, Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul/RS, patriciaeltz@sapucaia.ifsul.edu.br.*

³ *Aluna do Curso Técnico em Eventos do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul/RS, fernanda.e.genuino@gmail.com.*

⁴ *Aluno do Curso Técnico em Eventos do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul/RS, gabrielmarquesdeborba@gmail.com.*

⁵ *Aluna do Curso Técnico em Eventos do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul/RS, nayurikargwanski@gmail.com.*

⁶ *Aluna do Curso Técnico em Eventos do Instituto Federal Sul-rio-grandense, Sapucaia do Sul/RS, ketyriadne@gmail.com.*

Resumo

Enquanto sujeitos sociais, os jovens movimentam suas ações de modo a buscar sentido para seu presente, encarando questões existenciais, manifestando-se das mais variadas formas em seu próprio meio. O espaço da instituição escolar, no processo de transitoriedade para a vida adulta, pode ou não fornecer subsídios para que este sujeito socialize projetos e perspectivas que o representem. Da mesma forma, tem em sua formação, na etapa do Ensino Médio, a inserção no mundo do trabalho e pretensão profissional. Neste texto tratamos de um Grupo de Trabalho, intitulado Manifestação Cultural, cujo objetivo versa a revitalização de espaços de convivência no Instituto Federal Sul-rio-grandense, em Sapucaia do Sul/RS, na perspectiva dos próprios jovens sobre o espaço que ocupam e diferentes proposições para torná-los mais atrativos e práticos à movimentação dos alunos do câmpus. Iniciamos nossa discussão a partir dos motivos que incitaram a criação deste grupo e seguiremos discorrendo sobre o público envolvido no projeto, culminando nas ações do grupo após sua formação.

Palavras-chave: Grupo de Trabalho; Revitalização de espaços públicos; Juventude.

YOUNG MANIFESTATIONS: A WORKING GROUP FOR THE REVITALIZATION OF PUBLIC LIVING SPACES

Abstract

As social subjects, young people move their actions in order to seek meaning for their present, facing existential issues, manifesting themselves in the most varied ways in their own environment. The space of the school institution, in the process of transience for adulthood, may or may not provide subsidies for this subject to

socialize projects and perspectives that represent him. Likewise, it has in its formation, in the High School stage, the insertion in the world of work and professional pretension. In this text we deal with a Working Group, called Cultural Manifestation, whose objective is the revitalization of living spaces at the Federal Institute Sul-rio-grandense, in Sapucaia do Sul / RS, from the perspective of young people themselves about the space they occupy and different propositions to make them more attractive and practical in moving students from campus. We begin our discussion based on the reasons that prompted the creation of this group and we will continue discussing the public involved in the project, culminating in the actions of the group after its formation.

Key words: Work group; Revitalization of public spaces; Young people.

1 INTRODUÇÃO

Apesar da tendência de julgar a etapa da juventude como um momento determinado, caracterizado pela homogeneidade transgressiva dos sujeitos, os estudos contemporâneos trazem o jovem como sujeito social. Isto significa que o espaço que ele ocupa e suas necessidades enquanto indivíduo são importantes à sociedade na qual se desenvolvem. Se considerados em uma diversidade prosaica, numa fase intermediária a vida responsável do adulto e ao inevitável mercado de trabalho, configuram-se em estado passivo. Contudo, como sujeitos sociais sua historicidade e relações sociais lhe garantem espaços de fala. E é sobre este espaço de fala que se torna espaço de manifestação e decisões que tratamos neste estudo.

O objetivo deste relato é demonstrar a motivação da formação de um Grupo de Trabalho com alunos do Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Sapucaia do Sul/RS, assim como as etapas que configuraram o trabalho que esta sendo desenvolvido no alinhamento com a pesquisa subsidiada pelo Programa de Pós-graduação em Educação profissional e Tecnológica em rede federal dos Institutos Federais – o Profsept.

Através de uma abordagem qualitativa, a pesquisa caracteriza-se como participativa ao passo em que tem nas decisões dos jovens do campus em que é realizada a ferramenta potencial da revitalização proposta. Através da metodologia de grupos focais, o Grupo de Trabalho: Manifestação Cultural, teve sua formação a partir do convite da pesquisadora e sua orientadora extensivo aos alunos do Curso Técnico em Eventos do Instituto Federal Sul-rio-grandense, campus Sapucaia do Sul.

A primeira etapa da discussão trata da proposta do Profsept e das etapas de pesquisa, especificamente a construção do produto educacional voltado à educação profissional e tecnológica. Ao passo em que se configura o grupo, descrevem-se as ações de observação do contexto relativo aos alunos envolvidos no projeto, assim como o planejamento de propostas para a revitalização de espaços de convivência.

Como é um movimento que está sendo realizado ao longo de uma proposta formativa de Mestrado Profissional, as informações com as quais trabalhamos neste texto são potenciais ferramentas de pesquisa, já que estão sendo manifestadas na convergência dos encontros do Grupo de Trabalho ao longo do segundo semestre do ano de 2019.

2 PERSPECTIVAS INICIAIS PARA A FORMAÇÃO DE UM GRUPO DE TRABALHO NO IFSUL SAPUCAIA DO SUL

O movimento de formação de um Grupo de Trabalho com alunos do Instituto Federal Sul-rio-grandense em Sapucaia do Sul/RS tem sua motivação no Programa de Pós-graduação em Educação Profissional e Tecnológica – ProfepT. Como uma possibilidade de Mestrado em rede nacional promovida pelos Institutos Federais, o programa possibilita, tanto aos seus servidores quanto à comunidade geral, uma etapa formativa em educação profissional e tecnológica. Uma das propostas que se desenrolam no curso é a constituição de um produto educacional como um objeto de aprendizagem que emerge da própria pesquisa científica desenvolvida pelo mestrando, contribuindo para inspirar outras formas de intervenção e novos temas de pesquisa.

Neste caso, trata-se da pesquisa intitulada: Movimentos Culturais Juvenis: A revitalização de espaços de convivência como forma de resistência. Esta pesquisa tem como objeto as manifestações culturais juvenis na proporção da potencialização de ações dos jovens sobre seu meio e em benefício dele. O objetivo da proposta é a revitalização de espaços de convivência dos jovens, no reconhecimento do contexto que ocupam, através das necessidades que eles próprios percebem. As movimentações culturais, neste tratado, tornam-se ideias efetivas de transformação que beneficiam os sujeitos envolvidos no processo e seu meio de convivência e desenvolvimento integral. Também se movimenta a proposta de fazer uma mostra de fotografias dos alunos do Grupo de Trabalho no câmpus de modo que o processo de construção e decisões coletivas possa ser representado.

Apesar de ser proposta pelo Instituto Federal Sul-rio-grandense, no câmpus de Charqueadas/RS, todos os câmpus do Ifsul são abertos aos pesquisadores e suas respectivas propostas desde que pertinentes e devidamente autorizadas junto a seus diretores e os sujeitos que, por ventura, vierem a fazer parte dela. Neste caso, o movimento de pesquisa ocorre no câmpus de Sapucaia do Sul, já que uma de suas propostas formativas possui fortes enlances com ações de organização e desenvolvimento de projetos de cunho social: o Curso Técnico em Eventos. Para além de sua grade curricular que compreende as diferentes áreas do conhecimento na proporção de uma formação integral, este curso promove a inserção dos jovens à iniciação científica ao mesmo tempo em que os aproxima de sua comunidade e contexto através de projetos de diferentes eventos. Assim, todos os alunos do curso foram convidados a participar do Grupo de Trabalho de forma voluntária e sem custos.

Pensando em uma proposta de convite aos alunos que apresentasse a ideia da pesquisa e do próprio Grupo de Trabalho tanto quanto motivasse estes alunos a participarem, a intervenção feita junto às turmas do Curso Técnico em Eventos foi realizada, com prévia comunicação aos professores, em momentos em que se encontravam reunidos para as aulas curriculares. Após a explanação da proposta de pesquisa em si, os alunos foram convidados a questionamentos sobre os movimentos a serem realizados, assim como a realizarem sua inscrição no projeto na recepção do câmpus.

Gallo e Aspis (2009), ao tratarem do ensino da arte de pensar, trazem o momento de sensibilização como algo inerente à motivação do sujeito. Isto se dá pelo fato da necessidade de acolhimento dos anseios destes sujeitos pelo mediador

do processo de intervenção. A partir do momento em que estabelece vínculo com a proposta, o sujeito é capaz de perceber-se parte dela, engajado e motivado a ponderar resoluções através de ideias criativas e originais. Os autores corroboram a perspectiva do aprender a pensar através da existência de problemas. O enfrentamento dos problemas, portanto, movimentaria os processos de criação pelo sujeito.

O momento de sensibilização junto aos alunos do Curso Técnico em Eventos pretendeu a aproximação da proposta de pesquisa para com os jovens. A adesão ao Grupo de Trabalho, cujo objetivo versa a revitalização de espaços de convivência, por si só, já efetiva-se como uma manifestação histórico-cultural destes sujeitos juvenis. Isto porque representa o apreço sensível sobre o cuidado com os espaços, a necessidade de ocupar estes espaços de forma significativa e agradável, assim como a emergência das transformações pela arte.

Dewey (2010) trata de uma filosofia expressa pela arte através da experiência do sujeito em seu meio, percorrendo um processo imaginativo de concepção sobre o espaço, culminando em ações práticas/técnicas que o redefinem. O Grupo de Trabalho: Manifestação Cultural banha-se nas proposições de Dewey que articulam o pensar e o fazer através de uma percepção estética aguçada do ambiente.

Como pensador de uma educação que provém do tempo presente, Dewey (1959) trata de um processo de mudança da realidade social baseada em uma liberdade democrática. Essa tal liberdade, para uma humanidade racional, efetiva o desenvolvimento da ciência e da tecnologia através da experiência do sujeito com os elementos de seu meio. Logo, a sensibilidade deste sujeito para com a sua própria realidade social representa suas necessidades de apropriação com seu contexto para fins de exercer o raciocínio reflexivo capaz de resolver os problemas da vida.

A partir da adesão dos jovens ao Grupo de Trabalho, os encontros tiveram sua proporção conforme as necessidades e oportunidades encontradas na administração do tempo, sem prejudicar as demais atividades dos alunos no câmpus. Os processos desencadeados no desenvolvimento do conjunto de discussões do grupo são trazidos no relato seguinte.

3 GRUPO DE TRABALHO “MANIFESTAÇÃO CULTURAL”: DA OBSERVAÇÃO NOS ESPAÇOS DO CÂMPUS À POSSÍVEIS AÇÕES DE REVITALIZAÇÃO

Aos 18 dias do mês de setembro de 2019 reuniram-se nas dependências do Ifsul Sapucaia do Sul os alunos voluntários e a pesquisadora. Como referência a seu marco de início, este registro caracterizou o início das atividades do Grupo de Trabalho: Manifestação Cultural.

Era preciso um momento de acolhimento e aproximação em prol de um objetivo comum. E assim se fez naquele primeiro dia. Além de tratarmos de horários possíveis para encontros, potenciais formas de comunicação entre todos, definição de etapas de trabalho, também houve um momento de nostalgia.

De acordo com Dayrell (2003) cada jovem tem em sua historicidade elementos que o caracterizam em uma sociedade como ser biológico, social e cultural. No entanto, é o nível das relações que estabelece em seu meio que lhe fornecem condições de constituírem sua própria cultura. Desta forma, com desejos e anseios, são construídos e constroem-se como sujeitos ao passo em que experienciam os mais diversos aspectos de sua vida cotidiana. Esta construção própria de sentidos pelos jovens não apenas produz indícios sobre suas percepções

da vida como também representam suas preocupações com a qualidade desta vida. Assim, os espaços que favorecem momentos de discussão sobre estas questões reconhecem este sujeito com seu jeito próprio de viver e não apenas no limiar de uma etapa da vida que antecede a responsabilidade da vida adulta. As relações que estabelecem em sua realidade social influencia a vida de cada um e cada uma.

No primeiro momento em que o Grupo de Trabalho se reuniu discutimos sobre as lembranças de infância, memórias de família, dos encontros com amigos, brinquedos e brincadeiras. Até mesmo um retalho de plástico bolha foi capaz de reviver sensações de bem estar. Os materiais expostos pela sala providenciavam experiências de cheiros, sabores, percepções visuais e auditivas capazes de desencadear alguns processos nostálgicos sobre a vida de cada um e cada uma ali presentes.

Se o estojo de maquiagem e os esmaltes remeteram a uma discussão sobre gênero, os filmes infantis, álbuns de música e livros instigaram o acesso de cada sujeito com a arte, com as manifestações culturais, com as mídias. E como toda esta experiência retórica caracterizou-se como coletiva devido ao emaranhado de relações buscadas em individualidades, as cores, as imagens, as texturas e a disposição dos elementos tiveram sua relevância. A relevância sobre o despertar das sensações, da direção do olhar, da sensibilidade sobre a lembrança guardada, da imaginação sobre a serventia dos objetos, do gosto pelas peculiaridades da vida.

As referências de Dewey sobre a arte aplicada à educação e à vida são experienciadas no âmago dos primeiros resgates do Grupo através de suas memórias. Vivências estas que, apesar de serem particulares de cada um e cada uma, florescem no cotidiano das relações sociais destes sujeitos. Estes, constituem, assim, sua própria existência social que é inegavelmente coletiva.

As discussões posteriores trataram de alguns contextos dos sujeitos do Grupo de Trabalho. Contextos estes que representaram os meios sociais nos quais estes alunos nasceram, cresceram e se desenvolveram como o grupo da família, do bairro, da escola e, atualmente, do e no Ifsul, do e no Curso Técnico em Eventos. Logo, o reconhecimento sobre os espaços públicos potenciais a projetos de revitalização foram direcionados à cidade de Sapucaia do Sul/RS. No entanto, o debate entre os alunos no grupo problematizava ações em praças da cidade, próximas ao câmpus, escolas públicas parceiras, também próximas ao câmpus, paradas de ônibus (do bairro do câmpus e junto ao próprio câmpus). Através de imagens destes espaços movimentaram-se possibilidades de intervenção necessárias para a qualificação e aproveitamento deles.

As discussões do grupo alinharam-se de modo a reconhecer o contexto do entorno do câmpus do Ifsul Sapucaia do Sul. E não descartaram ações posteriores nos espaços descritos e catalogados. Porém, como um problema filosófico que incita o pensar sobre a realidade da vida cotidiana, os jovens estudantes do terceiro ano do Curso Técnico em Eventos do Instituto Federal Sul-rio-grandense defenderam a sua instituição de ensino como um local para ser visto com prioridade por eles próprios, já que ocupam os diferentes espaços do câmpus no movimento incessante de seu desenvolvimento humano complexo: porque tem uma base formativa que reconhece as diversas áreas do conhecimento, e profissional ao ponto em que recorre aos processos tecnocientíficos no encaminhamento ao mundo do trabalho.

O resultado destas discussões movimentaram outras comunicações para que ações efetivas pudessem ser realizadas. A demanda sobre o planejamento incluiu autorizações em outros setores do próprio câmpus, definição de estratégias

individuais e coletivas, organização do tempo para o alcance dos objetivos, seleção de materiais e possíveis contingências.

As ações decorrentes das decisões do Grupo de Trabalho Manifestação Cultural promovem atualmente qualificações no Espaço chamado de Gazebo, que se encontra em frente à cantina do câmpus. Um espaço amplo que potencializa eventos de socialização, iniciação científica e lazer significativo entre o público que movimentam todas as atividades propostas pelo Ifsul. O Grupo busca resgatar alguns elementos que já existiam naquele espaço em outro momento como é o caso da iluminação no final das tardes e noites e algumas mesas e cadeiras. Como um *lounge* criativo, baseado na temática “Piquenique”, para alimentarem-se, estudarem ou mesmo baterem aquele papo tranquilo, sigiloso ou muito sério, o Gazebo está recebendo novas cores, flores, cheiros e detalhes. O Grupo entende que as propostas de revitalização, mesmo que pontuais em um espaço grande como o Gazebo podem instigar outras verdadeiras transformações. Mesmo que interiores, de cada um, ou no coletivo, na jornada diária de todos os sujeitos pelo câmpus.

Com um pouco de cada um e cada uma do Grupo, e pelo exercício necessário das correspondências com outros setores do câmpus, a busca é verdadeira sobre uma apreciação estética que traga novas sensações de pertencimento sobre um espaço que é de todos, para todos e em prol de todos. A resistência expressa através dos elementos que caracterizam as necessidades dos próprios alunos do Ifsul Sapucaia do Sul, pretende sinalizar a preocupação com todos os processos que decorrem da educação democrática. Uma educação de qualidade que deveria ser direito de todos. Uma educação preocupada com os movimentos sociais em todas as suas interfaces, com o sujeito político que respeita a diversidade de culturas e sujeitos sociais. Para tal, resistimos na forma de arte, na forma de sensações e explosões de ideias.

As próximas propostas de revitalização do Grupo de Trabalho Manifestação Cultural atentam ao espaço do lago, à área ao ar livre próxima à biblioteca e à Casinha (caracterizados como espaços para alimentação e lazer).

4 CONCLUSÃO

Os processos de construção coletiva desenvolvidas na constituição de uma proposta em grupo formaliza a relevância da pesquisa científica. Aquela pesquisa que perfaz caminhos de aproximação entre os sujeitos e seu meio, efetiva momentos de conversação e iniciativa. E apesar de não se concluir ao findarem-se as explanações deste relato, as perspectivas das intervenções sobre o Grupo de Trabalho “Manifestação Cultural” no Ifsul Sapucaia do Sul mostram-se pertinentes à instituição e àqueles que todos os dias fazem do espaço o seu espaço de ocupação significativa. Afinal, quando tratamos de formação integral do sujeito reconhecemos a diversidade de aléneas nas quais nos constituímos enquanto humanidade.

O processo de sensibilização dos jovens a participarem do projeto incitado pela pesquisa trouxe elementos importantes que tratam da aproximação do sujeito para com a proposta. Como alimenta o objetivo de revitalização de espaços através da arte, os alunos que demonstraram interesse manifestam sua aproximação para com a apreciação estética de seu meio. O que é expresso por eles ao longo dos processos desencadeados no grupo, idealizando planejamento de revitalização de espaço de convivência do próprio Ifsul Sapucaia do Sul como meio de corresponder às necessidades daqueles que ocupam estes espaços. A proposta sobre o bem

estar coletivo e a organização de elementos motivadores de pensamentos positivos tornam-se os movimentadores das ações acometidas pelo Grupo de Trabalho.

Após a catalogação dos espaços públicos conforme o contexto dos alunos do projeto, o Grupo decidiu que iniciariam as ações em espaços do próprio Ifsul Sapucaia do Sul, já que a realidade social na qual se percebiam e que os motivava a qualificações era aquela. Assim, os movimentos de revitalização motivaram a pintura dos elementos do espaço, o plantio de chás e flores, colocação de mesas para alimentação e socialização, além de pequenos elementos para a promoção de bem estar coletivo como iluminação ao entardecer e palavras motivacionais.

Como se caracteriza como um projeto que está sendo desenvolvido mediante uma pesquisa acadêmica de mestrado, o Grupo de Trabalho terá atividades ao longo do semestre letivo de 2019. Têm outras propostas de intervenção em áreas do Ifsul Sapucaia do Sul como na área ao ar livre do lago, próximas à biblioteca e na casa de alvenaria. A relevância da revitalização destes espaços em favorecimento do próprio câmpus e dos sujeitos que nele se desenvolvem é por si um ato de resistência sócio-cultural, manifestado através da valorização de um espaço educativo de qualidade. Justifica-se na proporção do envolvimento dos jovens para com seu próprio meio, no pertencimento a sua realidade social e nos projetos de qualificação de vida que efetivam.

REFERÊNCIAS

- 1 GALLO, Sílvio e ASPIS, Renata Lima. Ensinar filosofia. Um livro para professores. São Paulo: Atta Mídia e Educação, 2009.
- 2 DAYRELL, Juarez. O sujeito como ser social. Revista Brasileira de Educação, n. 24, set./out./Nov./dez., 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbedu/n24/n24a04.pdf>>. Acesso em: 02 out. 2019.
- 3 DEWEY, John. Arte como experiência. São Paulo: Martins Fontes, 2010.
- 4 DEWEY, John. Democracia e educação. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

UTILIZAÇÃO DOS *LACTOBACILLUS BULGARICUS* NAS PRÁTICAS PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DAS CIÊNCIAS

de Oliveira, M. A. M.¹

Serpa, D.²

Queiroz, B.³

¹ Pós graduado no ensino de Química, Marco Antônio Moreira de Oliveira, UERGS, marco-oliveira01@uergs.edu.br.

² Pós Graduada em Matemática e Física, Diane Serpa, UERGS, diane-serpa@uergs.edu.br.

³ Licenciada em Computação, Bruna Queiroz, UERGS, bruna-queiroz@uergs.edu.br.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo utilizar um caso prático que envolva a Matemática, e que podem ser expandidos para outras ciências, como a Física, Biologia, por exemplo. Através do processo de fermentação, para produção de iogurte, pretende-se possibilitar que os alunos interajam diretamente com uma situação real, construindo o conhecimento teórico através desta, de forma a sistematizar determinados saberes, estimulando, conforme Vygotsky, a construção dos significados através da experiência proposta (meio). Buscamos que com esta aplicação prática, seja possível construir junto com os educandos, um alinhamento matemático, com modelo aplicativo, mostrando as quantificações de matérias-primas utilizadas, na fabricação do iogurte. Criando simulações da produção de iogurte em sala de aula, pretende-se aplicar conceitos matemáticos para, modelar os tipos de crescimento das curvas de fermentação das leveduras utilizadas. Desta forma, torna-se possível identificar os resultados, como, por exemplo, simulações de adições de matérias-primas e das quantidades do produto formado modeladas em um aplicativo para dispositivos móveis. Pretende-se demonstrar, com base nos resultados, o gráfico, a evolução e o preparo, incluindo sistemas de adição das quantidades e etapas para acompanhamento prático, sendo possível a formatação. Então, apresenta-se um produto didático, envolvendo: a Química, por trás dos conceitos de respiração celular e fermentação e por conseguinte, a Biologia; a Matemática, a partir do desenvolvimento na análise de funções matemáticas, regras de três, questões de adição; a Física sobre os aspectos dinâmicos de transformações da matéria; e, por fim, a Epistemologia, pelo processo construtivo do iogurte, pelo viés do caráter filosófico ao ideológico.

Palavras-chaves: Ciências, Fermentação, Vygotsky, Produto didático.

LACTOBACILLUS BULGARICUS USE IN PEDAGOGICAL PRACTICES FOR SCIENCE TEACHING

Abstract

This research aims to use a case study that involves mathematics, and that can be expanded to other sciences, such as physics, biology, for example. Through the fermentation process, for yogurt production, it is intended to enable students to interact directly with a real situation, building theoretical knowledge through it, in order to systematize certain knowledge, stimulating, according to Vygotsky, the construction of meanings through proposed experience (middle). We seek that with this practical application, it will be possible to build together with the students, a mathematical alignment, with application model, showing the quantifications of raw materials used in the manufacture of yogurt. By creating simulations of yogurt production in the classroom, we intend to apply mathematical concepts to model the types of growth of the yeast fermentation curves used. This makes it possible to identify results, such as simulations of raw material additions and formed product quantities modeled in a mobile application. Based on the results, it is intended to demonstrate, based on the results, the graph, the evolution and the preparation, including systems for adding quantities and steps for practical follow-up, and formatting is possible. Then, a didactic product is presented, involving: Chemistry, behind the concepts of cellular respiration and fermentation and, consequently, Biology; Mathematics, from the development in the analysis of mathematical functions, rules of three, addition questions; Physics on the dynamic aspects of transformations of matter; and, finally, Epistemology, by the constructive process of Yogurt, by the bias of the philosophical to the ideological character.

Keywords: Science, Fermentation, Vygotsky, Didactic Product.

1) INTRODUÇÃO

O iogurte é um produto derivado do leite, é produzido à base de leite, em seus processos fermentativos, podendo utilizar, em nosso caso, o *Lactobacillus bulgaricus* e a *Streptococcus thermophilus*. Os lactobacilos, mais direcionados à cremosidade do iogurte e os *thermophilus*, na fermentação propriamente dita. A produção do iogurte, por se tratar de um produto que necessite controle microbiológicos, na escolha de suas matérias-primas, há de se ter cuidados especiais nesta seleção de insumos. Principalmente pelo leite, que dentro dele, existem muitas bactérias. As bactérias de uma maneira geral, passam então a serem utilizadas nos processos de fabricação dos iogurtes. Elas apresentam uma importância específica, onde a ação fim, que é a fixação do nitrogênio, direciona e contribui na decomposição dos organismos mortos. Na produção de iogurte, as bactérias entram na etapa da Glicólise, e têm o papel de converter o açúcar do leite (Lactose) em ácido láctico, que quando produzido, coagula o leite, promovendo assim a Fermentação, como pode ser visto na Figura 1.

Fermentação Lática

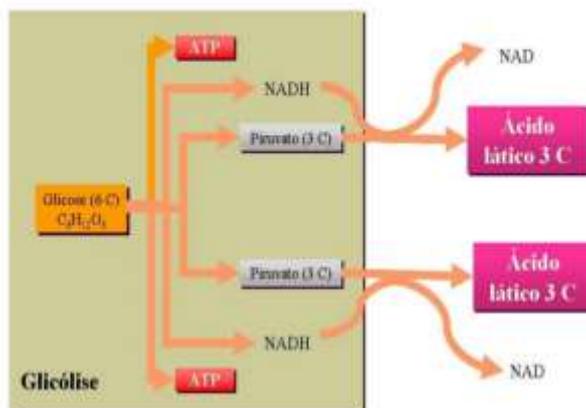


Figura 1 – Rota simplificada da produção do Ácido Lático

O iogurte apresenta um sabor delicioso e claro, com vários sabores, apresenta várias qualidades dentro do produto formado. Os microorganismos presentes no iogurte, auxiliam no combate das doenças do intestino, além de serem uma fonte rica em Cálcio, o que corrobora contra as doenças de carência nos ossos, como a Osteoporose e as doenças cardíacas. Na verdade, dentro de todo o seu processo produtivo, apresenta uma série de vitaminas ricas à dieta diária dos indivíduos.

Foi feito um levantamento de dados e informações de autores que já haviam trabalhado nesta área, que a princípio, contextualizassem, conforme requerido, a interdisciplinaridade da Matemática, e das Ciências como um todo, direcionadas a um produto didático em sala de aula. Muitas destas questões, denotam o ponto de participação dos alunos, de forma mais básica, no tocante ao processamento do iogurte em sua fabricação na sala de aula.

Segundo Bizzo (2002, p.75)¹ argumenta:

(...) o experimento, por si só não garante a aprendizagem, pois não é suficiente para modificar a forma de pensar dos alunos, o que exige acompanhamento constante do professor, que devem pesquisar quais são as explicações apresentadas pelos alunos para os resultados encontrados e propor se necessário, uma nova situação de desafio.

De acordo com Bondia (2002)² “pensar” é, sobretudo, dar sentido ao que somos e ao que nos acontece. As diversas atividades no ensino de ciências pressupõem a interação dos alunos com os conteúdos científicos, dos alunos com materiais, recursos e procedimentos de sistematização e de comunicação dos conhecimentos; dos alunos entre si, com seu professor ou com outras pessoas que constante ou eventualmente participam do processo de ensino-aprendizagem. Assim, nas diferentes atividades que executam, os alunos podem manifestar comportamentos de aceitação ou de rejeição do conteúdo que aprendem ou das circunstâncias, pessoas ou aspectos das circunstâncias que lhes permitem aprender (AMARAL; FRACALANZA; GOUVEIA, 1986)³.

A partir do que cita Gaspar (2009, p.24)⁴, “Hoje temos nas atividades experimentais o objetivo de promover interações sociais que tornem as explicações mais acessíveis e eficientes”.

De acordo com as diretrizes curriculares de ciências para o ensino fundamental: A inserção de atividades experimentais na prática docente apresenta-se uma importante ferramenta de ensino e aprendizagem, quando medida pelo professor de forma a desenvolver o interesse nos estudantes e criar situações de investigação para a formação de conceitos.

Como Práticas pedagógicas possíveis tanto no Ensino Fundamental, como no Ensino Médio, podemos considerar: - Ensino intuitivo da potenciação no sexto ano do EF; - Reinos da Natureza no sétimo ano do EF; - Números Inteiros com noções de negativos (quando morrem) e positivo de acordo com seu crescimento progressivo (inserção de dados da progressão na reta numérica no local correto, considerar os números negativos nas mortes e perdas (noções e conceitos)); - função e equação exponencial no EM; - PA e PG (investigação, prática intuitiva,...); - Regra de três no nono ano do EF (levando em consideração relação de quantidades e grandezas); - Unidades de medidas e transformações (mudanças de unidades levando em consideração as variáveis utilizadas).

Segundo Freire (1997)⁵:

“para compreender a teoria é preciso experienciá-la. A realização de experimentos, em Ciências, representa uma excelente ferramenta para que o aluno faça a experimentação do conteúdo e possa estabelecer a dinâmica e indissociável relação entre teoria e prática.”

A importância da experimentação no processo de aprendizagem também é discutida por Bazin (1987)⁶ que, em uma experiência de ensino não formal de Ciências, aposta na maior significância desta metodologia em relação à simples memorização da informação, método tradicionalmente empregado nas salas de aula.

Com relação à química e a Bioquímica, muitos autores, versam sobre as questões padrão do procedimento de preparo do logurte caseiro, bem com as etapas críticas desenvolvidas até então. (MARTINS, 2014)⁷.

Os efeitos profiláticos e terapêuticos das bactérias lácticas foram estudados no início do século passado, quando Metchnikoff (1908)⁸ lançou a teoria sobre o prolongamento da vida por meio do consumo regular de leites fermentados. Desde então, pesquisas vêm corroborando essas observações iniciais, relacionando o consumo de microrganismos probióticos na modulação de enfermidades em diversos modelos experimentais.

2) MATERIAS E MÉTODOS

O iogurte é um leite fermentado pela ação de bactérias. As espécies *Streptococcus thermophilus* e *Lactobacilos bulgaricus* crescem no leite em uma faixa de temperatura ótima entre 40 e 45°C. Só pode ser chamado de iogurte o que tiver estas duas bactérias combinadas. Os outros que tem outro tipo de Lactobacilos (ex.: *L. acidophilus*) tem classificação de leite fermentado e ou probiótico.

Ingredientes:

3 litros de leite

Fermento (*Streptococcus thermophilus* e *Lactobacilos bulgaricus*)

Modo de preparo:

Utilizar a quantidade de leite recomendada (leite pasteurizado em sua embalagem tradicional), juntamente com a colônia (+ ou – 200g). Após iniciado o processo de fermentação aguardamos em torno de 30h para formação do iogurte, analisando em várias situações a sua consistência para consumo. Quando o processo de formação do iogurte for concluído, separamos então as três partes originárias do produto, o soro, o iogurte e a levedura. A levedura é retirada e colocada em um coador (podendo ser papel de filtro ou tecido), com o intuito de separar os lactobacilos do iogurte produzido. A levedura é lavada e retorna para a produção de novo produto. O restante é separado com filtro de papel em duas partes o soro e o iogurte em si (esse extremamente consistente e com grande cremosidade). O soro saborizado e com a adição de essências e açúcar mascavo gera um produto similar ao “Yakult®” (produto industrializado) o restante também pode ser saborizado ou consumido in natura. Coloque na geladeira. Quando gelado pode ser consumido natural, ou adicionado de polpas de frutas a gosto. É importante ressaltar que tudo o que fica diretamente envolvido na produção do iogurte, está relacionado na figura 2, através de um Mapa Conceitual.

MAPA CONCEITUAL HIERÁRQUICO

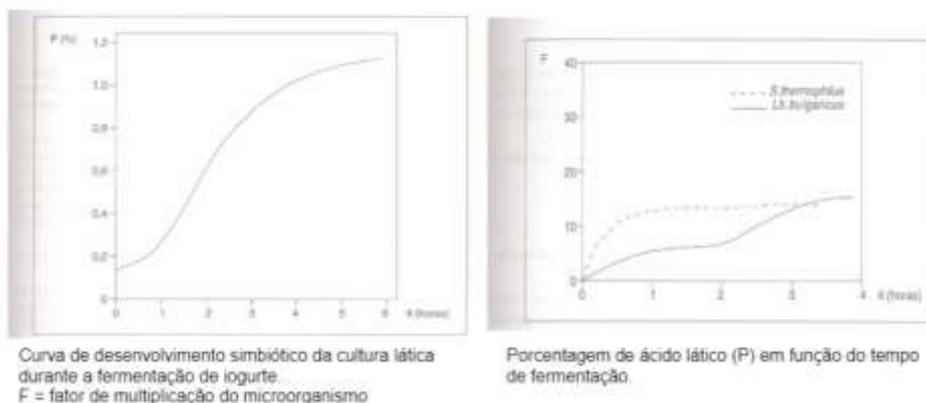


Figura 2 – Mapa Conceitual com base na hierarquia conceitual para esta aprendizagem

3) RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em nossos processos de pesquisa, não foi possível encontrar questões precursoras que contemplassem a integração metodológica, das questões interdisciplinares da Matemática e das Ciências. O que vai ao encontro da proposta de nosso grupo, reflete às questões de direcionamentos e extrapolações matemáticas, com o viés de encadeamento lógico, em um produto didático ou um aplicativo, que contemple, a participação do aluno, dentro do processo de criação, na fabricação do iogurte caseiro. O que se tem de antemão, são as padronizações das curvas de crescimento dos respectivos microorganismos declarados, que vão ao encontro do que fora definido no resumo de considerada pesquisa, onde podem ser visualizados os gráficos 1 e 2, abaixo, que denotam as curvas de crescimento da multiplicação dos microorganismos e o tempo de produção utilizando dois tipos de leveduras específicas para a produção de iogurte.

FERMENTAÇÃO



Gráficos 1 e 2 – Curva de crescimento do fermento e % de Ácido láctico na fermentação.

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pretende-se demonstrar graficamente a evolução e o preparo, incluindo sistemas de adição das quantidades e etapas para acompanhamento prático. As avaliações iniciais do *Lactobacillus bulgaricus*, já corroboram a tendência do processo de fabricação do iogurte, com a curva de crescimento apresentada. A efetivação propriamente dita desta produção do iogurte, numa aplicação prática a ser desenvolvida, com as devidas quantidades e ordens sequenciais da proposta metodológica apresentada, será conduzida, conforme os procedimentos previstos e descritos na metodologia apresentada. Contudo, acredita-se que pelas evidências técnicas das curvas de fermentação e tempo de preparo, a viabilidade da criação de um produto didático, que envolva: a Química, por trás dos conceitos de respiração celular e fermentação aeróbica e anaeróbica e por conseguinte, a Biologia; a Matemática, a partir do desenvolvimento na análise de funções matemáticas, regras de três, questões de adição; a Física sobre os aspectos dinâmicos de transformações da matéria; e, por fim, a Epistemologia, pelo processo construtivo do iogurte, pelo viés do caráter filosófico ao ideológico, dará o perfeito embasamento didático, com viés criativo na proposta apresentada.

REFERÊNCIAS

- 1 - BIZZO, Nélio. **Ciências: fácil ou difícil**. São Paulo: Ática, 2002. p. 74-75.
- 2 - BONDIA, J. L. **Notas sobre a experiência e o saber de experiência**. Rev. Bras. Educ. {online}. 2002, n.19, pp. 20-28. Disponível em: < Disponível em: <http://www.dx.doi.org/10.1590/S1413-24782002000100003>. >. Acesso em: 15 ago. 2019.
- 3 - FRACALANZA, Hilário; AMARAL, Ivan A.; GOUVEIA, Mariley S. Flória. **O ensino de ciências no primeiro grau**. São Paulo: Atual, 1986.
- 4 - GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental**. São Paulo: Ática, 2009.
- 5 - FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1997.
- 6 - BAZIN, M. (1987). **Three years of living science in Rio de Janeiro: learning from experience**. Scientific Literacy Papers, 67-74. Brasil. (1998). Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC/SEF.
- 7 - Martins, Roberto Luvissuto. **Fermentação divertida: introdução à ciência através de atividade culinária investigativa** [recurso eletrônico] / Roberto Luvissuto Martins, Priscila Veiga-Santos, Sarah Gimenez Castilho; coordenação Priscila Veiga-Santos. – 1. ed. – São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.
- 8 - METCHNIKOFF, E. **The prolongation of life**. London: Heinemann, 1908.
- 9 - FRISON, L. M. B. **Pesquisa como Superação da Aula Copiada**; Porto Alegre; 2000.
- 10 - GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de Ciências**. Química Nova na Escola, n. 10, p. 43-49, 1999.
- 11 - MORAES, Roque. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**. 3. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.
- 12 - SILVA, L. H. A. e ZANON, L. **A experimentação no ensino de ciências**. In: SCHNETZLER, R. P. e ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de Ciências: Fundamentos e Abordagens**. São Paulo, UNIMEP/CAPES, 2000. p. 120 – 153. UFFS.
- 13 - UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL. Subprojeto PIBID Ciências: **a experimentação no Ensino de Ciências articulando formação e docência**. Cerro Largo: UFFS, 2011.
- 14 - ALARCÃO Isabel. **Professores Reflexivos em uma escola reflexiva**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- 15 - DIAS, D. D. e ARROIO, A. **Aprendizagem Mediada por Gêneros do Discurso Escolar-Científico-Projeto, Desenvolvimento e Utilização de Material**

Instrucional em Sala de Aula de Química. Química Nova na Escola, n. 2, Vol. 33, p. 105-114, 2011.

- 16 - BEHMER, M. L. A. **Tecnologia do leite: produção, industrialização e análise.** 9.ed. São Paulo: Nobel, 1979.
- 17 - GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental.** São Paulo: Ática, 2009.

WEBQUEST: UMA PROPOSTA INTERDISCIPLINAR PARA O ENSINO DE QUÍMICA E MATEMÁTICA

Fagundes, A. G. F.¹
Spolavori, M. F.²

¹ Especialista, Aline Gonçalves de Farias Fagundes, Uergs, e-mail: aline-fagundes@uergs.edu.br

² Pós-graduado, Maghayver Fortunato Spolavori, Uergs, e-mail: maghayver-spolavori@uergs.edu.br

Resumo

O presente trabalho tem como objetivo sugerir a aplicação de uma ferramenta interdisciplinar, na qual conceitos de Geometria Molecular pertinente a Química serão trabalhados concomitantemente com a Geometria Espacial, na Matemática. A temática usada propõe a utilização de uma WebQuest (WQ) como metodologia de pesquisa na Web, voltada para o processo educacional, estimulando e contribuindo para o desenvolvimento de habilidades. Relacionando o conteúdo de Geometria Espacial e Geometria Molecular, a WQ proporciona o desenvolvimento do pensamento crítico, estimulando a pesquisa e a produção de materiais. Com embasamento sócio interacionista inspirado por Vygotsky, esta metodologia criada por Dodge, apresenta uma abordagem atual na qual referência a ação como elemento central do processo de aprendizagem. Quando bem elaborada, traz elementos motivacionais que envolvem a estrutura básica de investigação, além da interação em diversos meios de comunicação online. Para a concretização deste objetivo, propõem-se analisar este processo considerando a situação problema apresentada na estrutura da ferramenta, com o intuito de explorar os conhecimentos prévios e a relação existente entre as disciplinas. A ferramenta é disponibilizada de forma gratuita e pode ser adaptada para qualquer nível de ensino. O presente trabalho encontra-se em andamento, logo não há conclusões de sua aplicação, porém as mesmas serão futuramente apresentadas dando continuidade a esta publicação.

Palavras-chave: WebQuest; Interdisciplinaridade; Química; Matemática.

WEBQUEST: AN INTERDISCIPLINARY PROPOSAL FOR CHEMISTRY AND MATHEMATICS

Abstract

The present work aims to suggest the application of an interdisciplinary tool, in which concepts of molecular geometry pertinent to chemistry, will be worked concomitantly with spatial geometry in mathematics. The thematic used, propose the use of a WebQuest (WQ) as a research methodology on the Web, focused on the educational process, stimulating and contributing to the development of skills. Relating the content of Spatial Geometry and Molecular Geometry, WQ provides the development of critical thinking by stimulating research and production of materials. With a social interactionist basis inspired by Vygotsky, this methodology created by Dodge presents a current approach in which reference is made to action as a central element of the learning process. When well elaborated, it brings motivational elements that involve the basic research structure, as well as interaction in various online media. In order to achieve this objective, we propose to analyze this process

considering the problem situation presented in the tool structure, in order to explore the previous knowledge and the relationship between the disciplines. The tool is freely available and can be adapted to any level of education. The present work is in progress, so there are no conclusions of its application, however they will be presented in the future giving continuity to this publication.

Key words: WebQuest; Interdisciplinarity; Chemistry; Mathematics.

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço das tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e a concretização da internet como meio de diálogo e interação entre seus usuários, surgiram inúmeras possibilidades e novos desafios para o professor inovar e tornar suas aulas mais atrativas e interessantes. As TICs oportunizam ao docente, subsídios que facilitam a comunicação e o relacionamento dos alunos com os conteúdos trabalhados em sala de aula, permitindo a busca por novos conhecimentos e novas metodologias, proporcionando um aperfeiçoamento de suas práticas pedagógicas através de propostas alternativas encontradas e compartilhadas no meio virtual.

No entanto, concordamos com Cunha⁽¹⁾ quanto ao uso das TIC, como apenas um recurso de informação, o qual efetivamente não garante a aprendizagem nem o desenvolvimento de habilidades, necessárias para a formação de um cidadão.

Assim deste modo, a tecnologia pode ser vista como um recurso educacional, que contribui e estimula o aprendizado do aluno. A WebQuest pode ser utilizada como ferramenta de apoio a várias disciplinas, ou como na proposta deste trabalho, através da interdisciplinaridade entre a Química e a Matemática, ao que tange o conhecimento de Geometria Espacial e Molecular, fazendo uma ligação entre os conceitos matemáticos de Geometria e sua aplicação no cotidiano, com o arranjo molecular das substâncias na química.

Conceituar a interdisciplinaridade é algo muito amplo, pois existem muitas discussões e discordâncias entre autores quanto a sua definição. Sendo assim, por se tratar de um estudo que envolve noções básicas de Matemática e Química, optou-se por trabalhar sob uma perspectiva de integração entre as duas disciplinas, utilizando o conceito apresentado por Yared⁽²⁾ onde o autor traz a interdisciplinaridade “como um grau avançado de relação entre disciplinas, sendo considerada com um processo gerador de uma combinação de elementos envolvendo duas ou mais disciplinas”.

A escolha pela ferramenta referida, bem como o conteúdo em questão, deu-se a partir dos relatos e dificuldades encontradas em relacionar o conteúdo e a disciplina da Educação Básica, pertinentes ao Ensino Médio que proporcionassem uma aplicação prática, utilizando como forma metodológica, a iniciação científica, bem como as limitações de correlação entre os tópicos trabalhados.

O fato de a Geometria ser um conteúdo pouco explorado em sala de aula, devido às dificuldades que o mesmo propõe ao envolver conceitos que necessitam de visualização e interpretação da geometria básica vem ao encontro do arranjo molecular na Química, onde esses conceitos são aplicados, mas muitas vezes não correlacionados devido a esta lacuna.

Conforme Perez⁽³⁾, duas significativas razões que para que isto ocorra, uma delas diz respeito ao conhecimento limitado deste conteúdo e suas técnicas por

professores de matemática e química em suas práticas pedagógicas, logo optam por uma síntese de conceitos sem explorá-los ou mesmo acabam por não trabalhar com este conteúdo, deixando-o de lado. A segunda, enfatizada também por Pavanelo⁽⁴⁾, diz respeito à “exagerada importância do livro didático” como recurso pedagógico, sendo este uma justificativa para uma formação limitada ou para uma jornada de trabalho exaustiva.

Tem-se ainda, segundo Fischbein⁽⁵⁾, a geometria conforme o olhar do aluno, nosso protagonista neste processo de aprendizagem, onde:

A dificuldade em manipular objetos geométricos, a saber, a tendência em negligenciar o aspecto conceitual pela pressão de restrições do desenho, é um dos maiores obstáculos para o aprendizado da Geometria. Frequentemente condições figurais (de desenho) escapam do controle conceitual, e impõem, a linha de pensamento, interpretações que do ponto de vista de desenho são consistentes, mas que não são condições conceituais. (FISCHBEIN⁽⁵⁾).

Desta forma, o estímulo do aluno está em se desvincular da teoria e direcionar para a aplicação prática por eles, onde as atividades propostas neste estudo orientado, incentiva os alunos a utilizarem a internet não somente como ferramenta de pesquisa, mas como meio educacional, além de outros recursos disponíveis na web que proporcionam uma interação e aprimoramento do conhecimento, desenvolvendo um pensamento reflexivo, crítico e criativo.

WebQuest é definida por seu autor, Bernie Dodge⁽⁶⁾, da seguinte maneira como sendo:

[...] uma atividade orientada para a pesquisa em que alguma, ou toda, a informação com que os alunos interagem provém de recursos na internet, opcionalmente suplementados por videoconferência. (Dodge⁽⁶⁾).

Assim ajuda o professor a planejar e estruturar melhor sua disciplina, propiciando também a sua criatividade, pois os educadores podem criar ou adaptar de acordo com suas realidades e necessidades. Onde os objetivos da WebQuest são de modernizar o modo de ensinar, garantir acesso a informações atualizadas, promover a aprendizagem cooperativa, ou seja, um trabalho em grupo, desenvolver habilidades cognitivas, aplicar o que foi aprendido, incentivar a criatividade, incentivar o professor a criar suas próprias obras e valorizá-las e incentivar a troca de conhecimento entre os professores (SAMPAIO e CARDOSO⁽⁷⁾).

Para Santos⁽⁸⁾: “WebQuest é uma metodologia didática de aplicação racional das TICs em salas de aula, se baseando no construtivismo e nos princípios da aprendizagem cooperativa”.

Este modelo de interação está amparado pela teoria sócio interacionista de Vygotsky⁽⁹⁾, onde o desenvolvimento é impulsionado pela linguagem. A linguagem é fundamental e capaz de transformar decisivamente os rumos de nossa atividade. Por entender que a linguagem representa um elo de ligação muito importante entre o mundo sócio cultural e os processos mentais dos indivíduos.

Apresentadas as justificativas e objetivos do trabalho em desenvolvimento, bem como sua relação interdisciplinar e proposta metodológica, surgem ainda objetivos secundários que podem ser explorados dando uma continuidade ou enfatizados com uma reestruturação da ferramenta como forma de aprimorar, e/ou ampliar as relações entre a matemática e a química. Com isso, espera-se que os

professores de ambas as áreas possam vir a utilizar esta metodologia, bem como a ferramenta apresentada e a partir destas, realizar reflexões sobre sua prática docente proporcionando um novo olhar sobre o processo de aprendizagem.

1.1 Fundamentação Teórica

O ensino na área de exatas ainda se mantém, em sua maioria, de forma tradicional. Muitos professores utilizam esta metodologia baseada no ensino tradicional justificando sua formação e as condições que lhe são ofertadas nas instituições de ensino. Nesta perspectiva, o aluno é considerado um receptor do conhecimento, o qual é transmitido pelo professor, sem que haja alguma interação ou manifestação de posicionamento por parte do aluno.

Ainda encontramos professores que hoje utilizam o modelo tradicional como prática nas aulas de Química tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio. Desta forma, pode-se notar que o ensino tradicional apresenta desvantagens, pois se trata de um conhecimento que é levado aos alunos de maneira unidirecional, ou seja, o professor apenas transmite o conteúdo e o aluno é apenas um ouvinte. Nesse sentido, os estudantes apenas recebem e armazenam a informação através da memorização e não são capazes de expressar sua criticidade. (SANTOS⁽¹⁰⁾).

A reflexão proposta por Santos⁽¹⁰⁾ faz com que se repense a respeito da metodologia a ser trabalhada, das atividades a serem propostas e se conheça características do grupo em questão, para que haja uma interação do conhecimento a ser adquirido com o conhecimento prévio.

Da Silva⁽¹¹⁾ faz esta reflexão quando menciona:

[..] para a aprendizagem de conhecimentos novos, é preciso então, saber o que o estudante conhece, quais são as explicações que ele apresenta para determinados fenômenos, como ele compreende o que será estudado na aula de química. Caso contrário, o professor poderá estar planejando estratégias que não atendem às necessidades dos sujeitos que participarão das aulas, o que provavelmente, não permitirá o conflito cognitivo necessário à construção de conhecimento. (Da SILVA⁽¹¹⁾).

Partindo do pressuposto que a aprendizagem deva ser baseada no conhecimento prévio dos alunos, nos deparamos com os estudos realizados por Ausubel⁽¹²⁾, e o conceito de aprendizagem significativa, este acredita que o novo conhecimento surge através da relação do conhecimento já existente no aluno atrelado a estratégias de ensino que motivem, instiguem e propiciem a troca de saberes.

1.2 As Tecnologias e o Ensino-Aprendizagem

O conceito de Tecnologia é muito abrangente, a expressão “Tecnologias Educacionais” não se restringe a um grupo específico de recursos, mas destinam-se a um fim comum. Ertmer e Newby⁽¹³⁾ trazem em seu conceito como sendo um meio pelo qual o professor é conectado com experiências pedagógicas diferenciadas e o aluno conectado com o aprimoramento de sua aprendizagem. É importante salientar

que a tecnologia educacional não se limita apenas na utilização de recursos, mas em “saber emprega-los numa realidade pedagógica existencial” (Gebran⁽¹⁴⁾).

Segundo Santos et al.⁽¹⁵⁾ as novas tecnologias são fontes essenciais que fornecem recursos “capazes de facilitar e agilizar a vida da sociedade contemporânea e de fornecer formação educacional”, proporcionando a experimentação e a aprendizagem de forma significativa utilizando o meio tecnológico já conhecido.

Kenski⁽¹⁶⁾ também apresenta uma abordagem inovadora de interação e mediação educacional através das ferramentas tecnológicas, que favorecem os processos pedagógicos, ampliando o conhecimento e proporcionando a interação entre o aluno e o meio.

As novas tecnologias de informação e comunicação, caracterizadas como midiáticas, são, portanto, mais do que simples suportes. Elas interferem em nosso modo de pensar, sentir, agir, de nos relacionarmos socialmente e adquirirmos conhecimento. Criam uma nova cultura e um novo modelo de sociedade. (KENSKI⁽¹⁶⁾).

Logo, podemos considerar que o desenvolvimento humano está vinculado ao contexto cultural no qual o indivíduo se insere e à influência que o ambiente exerce sobre a formação psicológica do homem, onde o desenvolvimento cognitivo é consideravelmente favorecido e alicerçado sobre o plano das interações sociais. Há uma inter-relação entre o contexto cultural, o homem e o desenvolvimento tecnológico. Assim o ser humano só adquire cultura, linguagem, desenvolve o raciocínio se estiver inserido no meio com os outros.

Para que a associação entre a tecnologia educacional e o ensino proporcione bons resultados, há a necessidade de direcionar o processo pedagógico adequando o de forma a provocar uma aprendizagem significativa para o aluno, através de metodologias que intencionem uma interação entre a teoria e a prática, contribuindo para que os alunos consigam a apropriação de conteúdos de forma críticas e construtiva.

Um novo tempo, um novo espaço e outras maneiras de pensar e fazer educação são exigidos da sociedade da informação. O amplo acesso e o amplo uso das novas tecnologias condicionam a reorganização dos currículos, dos modos de gestão e das metodologias utilizadas na prática educacional. (KENSKI⁽¹⁶⁾).

Neste sentido, faz-se necessário que o professor, em seu papel de educador, conheça as novas tecnologias e suas aplicações e limitações para melhorar sua prática educacional. Da mesma forma, deve apresentar seu conhecimento inovando e estimulando sempre com a intenção de promover a aprendizagem através do uso de recursos tecnológicos, instigando o aluno e usufruindo de elementos como a interatividade e o lúdico.

2 MÉTODO

Com o intuito de adequar e inovar o ensino de Geometria Espacial, na Matemática e o arranjo Molecular das substâncias na Química, utilizando recursos tecnológicos para a promoção de qualidade do processo de ensino e aprendizagem em ambas as disciplinas, empregou-se a WebQuest como estratégia metodológica, a fim de proporcionar um estudo dirigido, promovendo uma aprendizagem

significativa utilizando-se de conceitos já conhecidos e recursos disponibilizados na Web.

O trabalho possui uma abordagem de cunho descritivo qualitativo de natureza básica e exploratória, conforme descreve Gil⁽¹⁷⁾, sendo o ambiente onde o aluno está inserido a fonte direta de dados, e estes coletados no decorrer da atividade, envolvendo todos os agentes do processo de aprendizagem (Lüdke e Andre⁽¹⁸⁾). Sugere-se que este processo metodológico, devido à posição dos conteúdos apontados na organização curricular, seja aplicado no primeiro ano do Ensino Médio da Educação Básica, mas poderá ser trabalhado em qualquer nível de ensino quando necessário, incluindo a mesmo como forma de revisão do conteúdo para o Ensino Técnico e Superior.

A proposta metodológica WebQuest faz parte de uma gama de métodos inovadores criados e aprimorados, com o objetivo de beneficiar professores e alunos com tecnologias educacionais tão presentes na sociedade atual. Com o intuito de utilizar a internet de forma criativa, Dodge desenvolveu a WQ como uma atividade de investigação, onde a interação é realizada através de recursos disponíveis na web.

Segundo o MEC – Ministério da Educação em seu departamento de Recursos da Internet para a Educação (<http://webeduc.mec.gov.br>), esta proposta metodológica vem complementar e auxiliar as aulas dos professores, utilizando um recurso de fácil acesso e compreensão.

Sua elaboração provém do planejamento do professor em propor um determinado conteúdo, sendo este com possibilidade de ser apresentado de forma interdisciplinar, neste caso, o planejamento deverá ser realizado ou adaptado para que as disciplinas em concordância direcionem os materiais conforme a proposta. Ou seja, o objetivo principal é que o professor produza e os alunos, em grupos, possam solucionar. No que diz respeito às fontes na composição da WQ, podem ser utilizados diversos recursos como links, e-books, vídeos, entrevistas, entre outros.

Dois tipos são apresentados conforme a necessidade do professor, um denominado de WebQuest curta, com uma duração entre uma a três aulas, objetivando a integração e apropriação do conhecimento, sendo esta realizada a exploração parcial do conteúdo em aula. E a WebQuest longa, com duração entre 7 a 30 dias, tem por objetivo o aprofundamento e detalhamento do conteúdo, aprimorando seu conhecimento e concretizando o processo de ensino e aprendizado através de pequenas conclusões realizadas pelos alunos.

As etapas de elaboração de uma WebQuest é constituída por seções ou passos necessários para sua construção, são eles: a Introdução, na qual se apresenta a proposta e determina a atividade; Tarefa, que propõem a questão a ser solucionada e indica alguns caminhos a seguir; O processo, no qual determina os passos necessários e a organização da pesquisa como um caminho a seguir; Fonte de informação, são as sugestões de recursos a serem utilizados pelos alunos em sua exploração e pesquisa; Avaliação, a qual apresenta quais os itens que serão avaliados na execução da atividade e a Conclusão, que resume os conceitos trabalhados e os objetivos atingidos.

Já as etapas metodológicas são desenvolvidas a partir da escolha de um tema, elaboração das etapas, implementação ou execução e avaliação da sensibilização do processo metodológico como forma de aprendizado.

A WebQuest está sendo desenvolvida na plataforma WebQuest Fácil. A escolha pelo tema levou em consideração assuntos atuais disponibilizados em sites e páginas da Web com maior visualização pelos jovens entre 14 e 18 anos. Realizou-

se uma seleção e classificação de materiais para posteriormente serem selecionados para a elaboração da Tarefa a ser realizada pelos alunos.

O processo de elaboração da WebQuest curta está sendo estruturado tendo como tema central um caso de assassinato a ser solucionado, utilizando como protagonistas o grupo de alunos os quais através da análise e sequência das etapas chegarão à resolução do caso.

Sua aplicação constituirá de alguns momentos no laboratório de informática, onde os alunos, em grupos, serão orientados e explanada a atividade. No final desta etapa, será solicitado um relatório reflexivo a respeito dos tópicos explorados. Cada etapa constituirá de recursos os quais serão necessários conhecimentos de Química, em especial da estrutura e misturas de substâncias essenciais para a resolução parcial do caso, bem como conhecimentos de Matemática, em destaque para a Geometria básica e espacial, ao realizarem a análise da cena do crime e dos possíveis objetos considerados a arma do crime.

Entende-se que, ao final de cada etapa concluída, os alunos serão capazes de resolver situações problemas, aprimorar habilidades, desenvolver e aplicar conceitos prévios, contribuindo assim, para uma aprendizagem significativa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A WebQuest foi planejada e está sendo executada como o objetivo de estimular o interesse e a aprendizagem de Matemática e Química através da apreciação dos alunos por temas investigativos. O tema escolhido traz conceitos como os compostos químicos contribuem na resolução de casos de investigação, bem como a melhor forma de analisar a cena de um crime para levantar possíveis pistas e contribuir para a dedução e confirmação do objeto utilizado no homicídio. Para isso, elaborou-se um contexto introdutório com o intuito de despertar curiosidade e instigar os alunos a realizarem a atividade até o final, chegando não somente na solução do caso, mas na conceituação e aplicação de novos conhecimentos.

O tema investigação criminal desperta grande interesse nos alunos, o que em parte pode ser atribuído ao destaque, principalmente no meio midiático, através das séries e filmes atuais. Contudo, sabe-se da deficiência no processo educativo, seja por falta de recursos, estrutura adequada ou outra limitação, mas o fato é que essas lacunas podem ser preenchidas com atividades que possibilitem e instiguem o aluno a compreender e buscar por mais conhecimento, independentemente de suas dificuldades. Nestes casos, os processos descritos na WebQuest possibilitam que sejam realizadas essas atividades estimulantes de forma simples, minimizando essas lacunas e seguindo uma linha de raciocínio coerente, levando o aluno a uma conclusão plausível e desmistificada da problematização apresentada.

Espera-se que os alunos tenham fluência nos que diz respeito à manipulação e instrumentação de pesquisa na Web facilitando, assim, o processo de pesquisa. A concentração e o foco na atividade também são esperados, considerando a proposta a ser apresentada, porém, concordamos com Azevedo et al⁽¹⁹⁾ quando enfatiza "...só a utilização das tecnologias de comunicação e informação pelos imigrantes digitais não garante a aprendizagem, caso a utilização das mesmas mantiverem a lógica de transmissão de conhecimento baseada na educação", complementa alegando que sejam necessários algumas intervenções ou orientações realizadas pelos professores e que esta esteja vinculada uma nova pedagogia interativa.

Sendo assim, trata-se a WebQuest como uma estratégia de aprimorar e contemplar os conteúdos de Química e Matemática apresentando uma aplicação prática e instigante. Promovendo atividades que envolvam os alunos, fazendo com que interajam e desenvolvam o pensamento de forma crítica e construtiva, tendo o professor como um facilitador deste processo (Donavan⁽²⁰⁾). E conforme Pereira et al.⁽²¹⁾ descreve: “Na WebQuest, cabe ao professor o papel de mediador da experiência”, sendo uma necessidade da presença deste para a orientação e avaliar o processo investigativo.

REFERÊNCIAS

- 1 CUNHA, R. C. O. B. Pelas telas, pelas janelas: a coordenação pedagógica e a formação de professores/as nas escolas. 2006, 272f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- 2 YARED, I. O que é interdisciplinaridade? In: FAZENDA, Ivani Catarina Arantes (org.). O que é interdisciplinaridade. São Paulo: Editora Cortez, p. 65-83, 2008
- 3 PEREZ, G. Pressupostos e Reflexões Teóricas e Metodológicas da Pesquisa. Tese de Doutorado. Campinas/SP: UNICAMP, 1991.
- 4 PAVANELO, R. M. O abandono do ensino da Geometria no Brasil: causas e consequências. Campinas/SP: Zetetiké nº 1, 1993.
- 5 FISCHBEIN, E. ‘The theory of figural concepts’, Educational Studies in Mathematics, 24/2, 1993. 139-162.
- 6 DODGE, B. Some thoughts about WebQuest (1997). Disponível em: <http://webquest.sdsu.edu/about_webquests.html> Acesso em: outubro de 2019.
- 7 SAMPAIO, A. P.; CARDOSO C. Tecnologia da Informação e do Conhecimento. Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em: <<http://tecnologiadeensinoeaprendizagem.blogspot.com/2014/10/webquest-o-que-e-e-para-que-serve.html>>, acesso em: outubro de 2019.
- 8 SANTOS, R. L. C. O uso da tecnologia/metodologia WebQuest em práticas pedagógicas no contexto de uma Licenciatura em Letras/Espanhol. Caracol, São Paulo, n. 13, jan./jun. 2017.
- 9 VYGOTSKY, L. S. Pensamento e Linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1989.
- 10 SANTOS, R. T. Jogos: um recurso didático alternativo para uma aprendizagem significativa no ensino de química. Universidade Estadual da Paraíba – PB. Patos, 2015.
- 11 DA SILVA, D. R.; DEL PINO, J. C. Transformações Químicas: As noções dos estudantes ao explicarem fatos de uma história. Pesquisa em Foco, São Luís, vol. 21, n. 1, p. 67-78. ISSN: 2176-0136, 2016.
- 12 AUSUBEL, D. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2003
- 13 ERTMER, P. A.; NEWBY, T. J. (1996). The expert learner: Strategic, self-regulated, and reflective. Instructional Science. 24, p. 01-24. 1996.
- 14 GEBRAN, M. P. Tecnologias Educacionais. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2009. p. 228.
- 15 SANTOS, T. R.; BARIN, C. S.; SILVEIRA, A. S. da. Webquest como ferramenta de problematização e desmistificação da química. XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ). Florianópolis, SC, Brasil, 2016.

- 16 KENSKI, V. M. Em direção a uma ação docente mediada pelas tecnologias digitais. In: BARRETO, R. G. (Org.). Tecnologias educacionais e educação à distância: avaliando políticas e práticas. Rio de Janeiro: Quartet, 2001. p. 74-84.
 - 17 GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa, 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2007.
 - 18 LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária, 1986. 99p.
 - 19 DE AZEVEDO, M. C.; PUGGIAN, C.; FRIEDMANN, C. V. P. WebQuests, oficinas e guia de orientação: uma proposta integrada para a formação continuada de professores de matemática. Bolema, v. 27, n. 46, Aug, 2013.
 - 20 DONOVAN, O. M. The Carbohydrate Quandary: Achieving Health Literacy through an Interdisciplinary WebQuest. Journal of School Health. Vol. 75, nº 9, p. 359-362, 2005.
 - 21 PEREIRA, M. C. A.; COSTA SILVA, M. R. A. da; BISPO, A. S.; MARTINEZ, E. Y. D. Avaliação da WebQuest gerenciamento de recursos materiais em enfermagem por alunos do curso de graduação. Rev. Latino-Am. Enfermagem, v. 18, n. 6, p. 1107-1114, 2010.
 - 22 MORAN, J. M. Ensino aprendizagem inovadores com tecnologia. Revista Informática na Educação: Teoria e Prática. Porto Alegre, UFRGS, n.1, p. 137- 144, 2000. Disponível em: <<http://www2.eca.usp.br/moran/>>, acesso em: outubro de 2019.
- PAIVA, M. Matemática: Ensino Médio. - 1.ed. - São Paulo: Moderna, 2009.
- PENTEADO, M. T. L.; FERNANDES, G. D. O uso da informática na escola: Webquest como estratégia de aprendizagem construtivista. Revista Autoria, v.3, 2007. Disponível em:
<http://websmed.portoalegre.rs.gov.br/escolas/emilio/autoria/artigos2007/6_webquest_maira_ok.pdf > Acesso em: outubro de 2019.
- SOLOMONS, G. Química Orgânica, V 1. Rio de Janeiro: 6º edição, 1996.
- TAVARES, R. Aprendizagem Significativa. In. Revista Conceitos, 55, 10, 2004.

EXPRESSÕES NUMÉRICAS: UMA INTERVENÇÃO SIGNIFICATIVA

Lopes, M. M.¹

¹ Mestranda, Michele Moscardini de Farias Lopes, UERGS e michele-lopes@uergs.edu.gov

Resumo

O presente pôster analisa os impactos de uma intervenção metodológica fazendo uso das expressões numéricas. A escolha do tema se deu a partir da observação do trabalho de três professoras de 5º anos, de diferentes realidades, pública e particular. O objetivo do trabalho é fazer uma abordagem cheia de significados e organizada com problemas relacionados a situações reais e lúdicas, envolvendo outras competências, para que o tema escolhido deixe de ser um mero exercício mecânico com aplicações de técnicas. Assim, por meio de uma pesquisa mista, a partir de um questionário realizado com os alunos de duas turmas de escola pública, observou-se que já trabalharam com expressões numéricas, através do Método Tradicional Vigente. Dentro das concepções de Ausubel o conhecimento prévio (subsunçor) é a dimensão mais importante na aprendizagem significativa, através das intervenções, com atividades dinâmicas, através de jogos coletivos e construção de pequenos textos que retratam o cotidiano. Para isso, foram selecionadas atividades propostas pela autora Ana Cristina Rangel, no livro Matemática da minha Vida, 4º ano. Uma vez por semana, em um módulo de aula foi aplicada uma atividade e observadas as impressões dos alunos. Onde os conceitos foram novamente aplicados, a fim de dar um novo significado às compreensões do aluno. Tendo em vista os resultados obtidos com essas atividades, fica evidente o quanto é importante o uso de metodologias diversas para a consolidação do conteúdo. Bem como, outras sugestões de trabalho através de figuras geométricas para trabalhar e avaliar expressões numéricas e equações de 1º grau.

Palavras-chave: Educação matemática. Expressões numéricas. Aprendizagem Significa.

NUMERIC EXPRESSIONS: A SIGNIFICANT INTERVENTION

Abstract

This paper analyzes the impacts of a methodological intervention using numerical expressions. The choice of the theme was based on the observation of the work of three 5th grade teachers from different realities, public and private. The objective of this work is to make a meaningful and organized approach with problems related to real and playful situations, involving other competences, so that the chosen theme ceases to be a mere mechanical exercise with application of techniques. Thus, through a mixed research, based on a questionnaire conducted with students from two classes of public school, it was observed that they have already worked with numerical expressions through the Traditional Method in force. Within Ausubel's conceptions, prior knowledge (subsunçor) is the most important dimension in meaningful learning,

through interventions, with dynamic activities, through collective games and the construction of short texts that portray everyday life. For this, activities proposed by the author Ana Cristina Rangel were selected in the book Mathematics of My Life, 4th year. Once a week, in a class module, an activity was applied and students' impressions were observed. Where the concepts were again applied in order to give new meaning to the student's understandings. Given the results obtained from these activities, it is evident how important it is to use different methodologies for content consolidation. As well as other suggestions work through geometric figures to work and evaluate numerical expressions and 1st degree equations.

Key words: Mathematics education. Numeric expressions. Learning Means.

1 INTRODUÇÃO

Há dezoito anos como professora de rede pública e privada no município de Guaíba e 13 anos como professora de 5º ano, nunca além do meu próprio trabalho observei abordagens diferentes com expressões numéricas. A partir de 2017 parei de lecionar com turmas de 5º ano. Em 2018 fui para a supervisão escolar de uma escola da rede municipal de Guaíba, onde acompanho de perto o trabalho de 29 turmas de Ed. Infantil e Anos Iniciais do ensino fundamental. A escolha do tema se deu, por acompanhar neste ano, o trabalho de 3 professoras de 5º ano, de realidades diferentes, uma de rede privada e zona central da cidade destas, duas são da escola anteriormente citada. E observar que todas elas já trabalharam as expressões numéricas em suas turmas, de modo tradicional ETV. Desta forma, os cálculos foram trabalhados sem nenhuma relação ao cotidiano, de modo mecânico com aplicação de regras e técnicas. Por toda a bagagem e experiência ao longo do tempo como professora de 5º ano, resolvi retomar esses conteúdos, afim de contribuir com alunos e professores através dessa intervenção metodológica.

Os objetivos do trabalho são:

- fazer uma abordagem significativa, lúdica e diferenciada do conteúdo de expressões numéricas;
- ir além das competências matemáticas de cálculo;
- incentivar professores a adotar novos métodos;
- promover o interesse e bem-estar do aluno.

De acordo com o Referencial Curricular Gaúcho, na parte da aprendizagem cita que:

A aprendizagem se intensifica por meio da participação, mediação e interatividade. No caso da educação escolarizada, os ambientes propícios para a aprendizagem precisam ser dimensionados, bem como o papel dos atores e coautores do processo, que precisam ser compreendidos como articuladores e mediadores do processo de aprendizagem. A educação escolarizada, entendida como campo de interatividade, contempla tempos e espaços novos, diálogo, problematização e produção própria dos educandos. Nesse sentido, mediar significa intervir e promover mudanças. Como mediador, o docente passa a ser coautor, comunicador e colaborador, fomentando a criatividade no processo de aprendizagem dos estudantes. ⁽¹⁾

A sala de aula precisa apropriar-se de recursos didáticos que tornem esse ambiente mais vivo e interativo, onde a realidade do aluno deve ser considerada, a fim de proporcionar aulas contextualizadas, interessantes e dinâmicas. Se no processo de aprendizagem são levados em consideração o conhecimento prévio do aluno, fica mais fácil de se introduzir novos conceitos, tendo em vista que na aprendizagem os conceitos se constroem e reconstroem. Quando a educação é construída pelo sujeito da aprendizagem, no ambiente escolar novas formas de comunicação juntamente com novas habilidades, caracterizando assim competências e atitudes significativas.

Segundo AUSUBEL⁽²⁾, a aprendizagem significativa é “o processo através do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo.” Desta forma novos significados só serão internalizados, se houverem condições para que sejam assimilados, fazendo uso de recursos como objetos e materiais potencialmente significativos, para que possam relacionar a estrutura cognitiva já existente às novas informações relevantes. O professor deve se inteirar do mundo do aluno, para se conectar e interagir com ele, a fim de promover uma aprendizagem efetiva e significativa.

A utilização do lúdico contribui de forma ampla e prazerosa, porque valoriza o que a criança sabe e insere de forma singular as atividades, oportuniza a elas a capacidade de criar e reinventar o mundo e experimentar novas formas de ação.

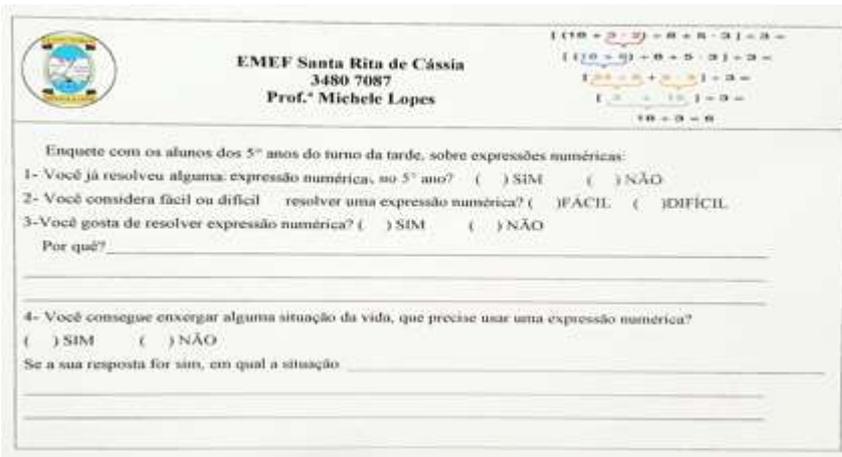
No 5º do ensino fundamental, no componente curricular de matemática, o conteúdo de expressões numéricas, na grande maioria, conforme observados ao longo dos anos, é trabalhado pelo método tradicional do ensino vigente, de forma mecânica e repetitiva, sem nenhuma relação com a vida do aluno, de forma descontextualizada.

Para RAMOS⁽³⁾ pode-se dizer que expressões numéricas é uma forma de expressar, traduzir ou descrever matematicamente uma situação. Tendo em vista essa afirmação, fica evidente o quanto se faz necessária uma abordagem mais instigante, sobre o tema. E para ir ao encontro das novas exigências de aprendizagem segundo o Referencial Curricular Gaúcho, juntamente com a BNCC e aprendizagem significativa, uma nova abordagem deve ser constituída em relação aos conteúdos trabalhados, em especial as expressões numéricas. Neste artigo vou apresentar algumas intervenções realizadas no 5º ano para o conteúdo de expressões numéricas e outras possibilidades de trabalho, inclusive para outros anos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado em uma Escola da Rede Municipal de Guaíba, no Bairro Santa Rita, com duas turmas de 5º ano, do ensino fundamental. As turmas são compostas por: 26 alunos no 5º 3 e 28 alunos no 5º 4.

Primeiramente foi realizado um breve questionário com 4 questões sendo de múltipla escolha, exigindo algum tipo de justificativa nas questões 3 e 4.



EMEF Santa Rita de Cássia
3480 7087
Prof.ª Michele Lopes

Enquete com os alunos dos 5º anos do turno da tarde, sobre expressões numéricas:

1- Você já resolveu alguma expressão numérica, no 5º ano? () SIM () NÃO

2- Você considera fácil ou difícil resolver uma expressão numérica? () FÁCIL () DIFÍCIL

3- Você gosta de resolver expressão numérica? () SIM () NÃO

Por quê? _____

4- Você consegue enxergar alguma situação da vida, que precise usar uma expressão numérica?
() SIM () NÃO

Se a sua resposta for sim, em qual a situação _____

Imagem 1: questionário aplicado nas turmas de 5º anos

Uma vez por semana, durante um módulo (aproximadamente 1h e 50 min), sempre nas terças-feiras, foram realizadas atividades retiradas do livro: “Matemática da minha Vida” da autora Ana Cristina Souza Rangel.



Imagem 2: Capa do livro utilizado.

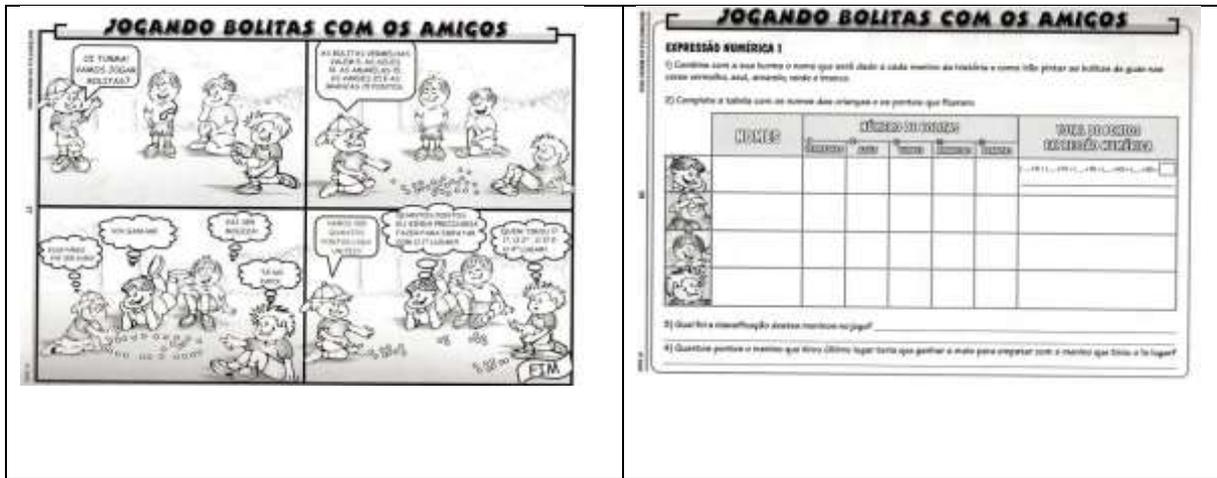
Estas atividades foram escolhidas por tratarem as expressões numéricas de uma forma mais lúdica e contextualizada. Fazendo uso de problemas que tratam questões comuns ao do dia-a-dia da criança como jogos, brincadeiras ou passeios. Estas intervenções aconteceram por meio de trabalhos em grupo, construção de histórias para que eles se apropriam de um modo significativo, atrativo e interessante sobre o tema, fugindo do contexto apresentado a eles anteriormente.

O livro traz toda uma sessão referente a expressão numérica, a partir da página 26, mas anterior a sessão citada, na página 12, o material oferece o “jogo das construções”, iniciei a intervenção com este jogo, conforme mostram as imagens:



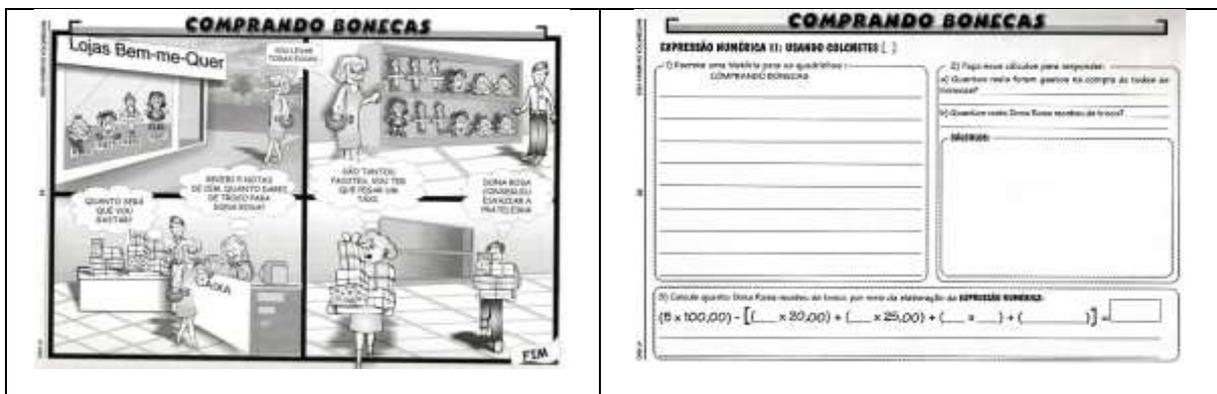
Quadro 1: imagens das páginas 12 A, 12, 13 e 14 do livro citado anteriormente.

A segunda interferência aconteceu com a primeira sugestão do livro, na sessão de expressões numéricas, conforme mostram as imagens:



Quadro 2: imagens das atividades das páginas 27 e 28 do livro citado.

A terceira interferência aconteceu com a segunda sugestão do livro, na sessão de expressões numéricas, conforme mostram as imagens:



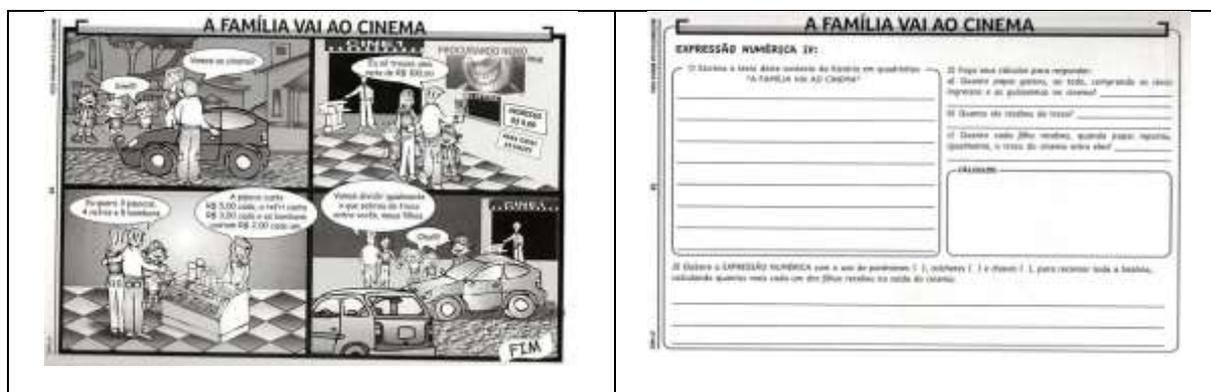
Quadro 3: imagens das atividades das páginas 29 e 30 do livro citado.

Na quarta semana a interferência aconteceu com a terceira sugestão do livro, na sessão de expressões numéricas, conforme mostram as imagens:



Quadro 4: imagens das atividades das páginas 31 e 32 do livro citado.

Por fim, na quinta semana a interferência aconteceu com a quarta sugestão do livro, na sessão de expressões numéricas, conforme mostram as imagens:



Quadro 5: imagens das atividades das páginas 33 e 34 do livro citado.

A sequência de atividades respeita a Teoria da Elaboração, segundo TAROUÇO⁽⁴⁾ preconiza que uma abordagem holística deve ser empregada nas decisões de sequenciamento do conteúdo. E esse sequenciamento demanda decisões relativas ao tamanho ou quantidade de conteúdo a cada episódio; componentes de cada episódio; a ordem desses componentes e a ordem em que eles são apresentados.

Reigeluth⁽⁵⁾ propôs o Método das Condições Simplificadas (SCM), o qual consiste em atividades sequenciais que seguem em um percurso que vai de tarefas mais simples para as mais complexas, buscando desenvolver a compreensão integral das atividades, ao mesmo tempo em que é demonstrada a sua aplicabilidade no mundo real.

Mas devemos ter cuidado, pois a simplificação demasiada pode alterar a percepção das simulações e semelhanças com o mundo real, e assim descontextualizar o conhecimento.

Tais concepções estão ancoradas no conceito de Estrutura de Apoio Cognitivo, de Ausubel⁽⁶⁾, segundo qual nova informação deverá interagir e ancorar-se nos novos conceitos relevantes já existentes na estrutura cognitiva do aluno, sugerindo que no início com os conceitos sejam mais amplos, precedendo a aquisição de conceitos mais específicos.

Fazendo um comparativo com as atividades selecionadas, podemos identificar que apresentam relação com o cotidiano, pois partem de situações reais para os alunos a partir do ato simples de jogar coletivamente, resgatando o lúdico, inicialmente. Na segunda proposta resgata um jogo de bolitas, ainda conhecido entre as crianças, e aqui cabe deixar registrado que esse pode ser uma situação também de resgate das velhas brincadeiras, podendo também ser jogos similares com o jogo de varetas. A partir daí as situações envolvem questões cotidianas em que as crianças presenciam com seus responsáveis, simulações de compra e venda de produtos com algumas interferências diferentes entre elas. As atividades exigem uma organização do pensamento através de tabelas. Além de ir aumentando o seu grau de dificuldade sequencialmente. Além de ir do amplo para o específico, tendo em vista que essa ordem não poderia ser inversa, pela aplicabilidade dos sinais de associação de uma expressão numérica.

Durante as aplicações se observou o comportamento e o envolvimento dos alunos enquanto realizavam as atividades propostas. Esses exercícios selecionados levaram 5 semanas pois foram realizados em módulo por semana, separadamente dos períodos de aula referentes à matemática.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises dos questionários aplicados

Realizei o mesmo questionário nas duas turmas, porém no dia da aplicação, apenas 39 alunos responderam. Através da realização dos questionários nas duas turmas observamos:

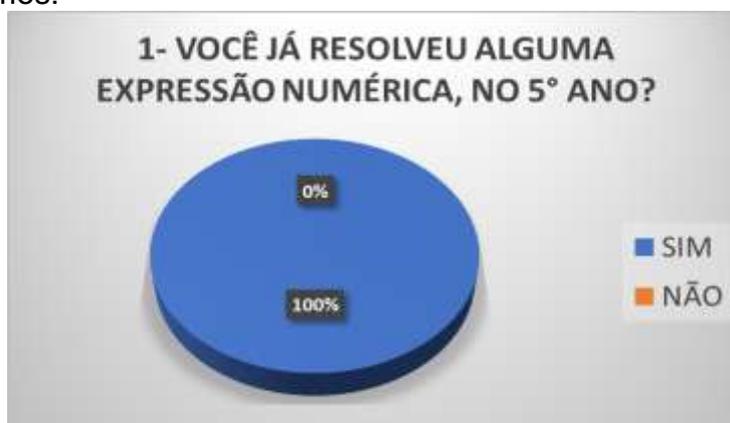


Gráfico 1: fonte própria

Para a realização desta pergunta, na própria folha do questionário (imagem 1) foi colocada uma expressão numérica como referência, desta forma todos poderiam lembrar caso tivessem trabalhado com esse conteúdo. E como podemos observar todos os alunos haviam trabalhado com o assunto.

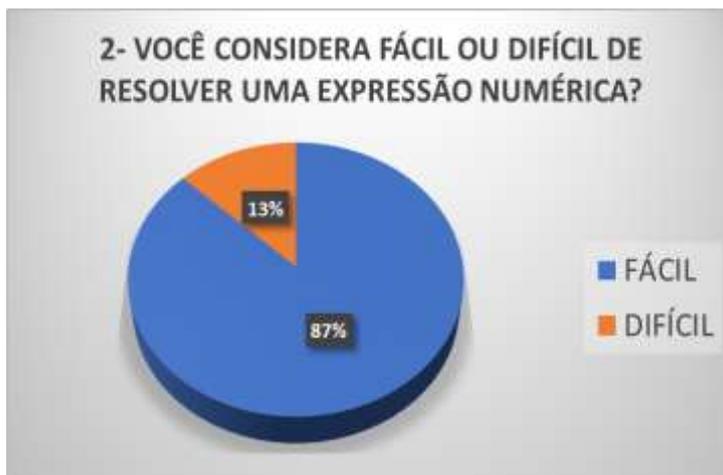


Gráfico 2: fonte própria

Conforme podemos observar com a segunda pergunta do questionário que grande maioria dos alunos considera fácil a resolução de uma expressão numérica.



Gráfico 3: fonte própria

Na questão 3 além de marcar a alternativa, os alunos deveriam justificar porque gostam ou não gostam de expressões numéricas.

E as justificativas favoráveis foram:

12 alunos – é fácil; 4 alunos – é legal; 3 alunos - é divertido; 2 alunos – é repetitivo; 2 alunos – gostam de um desafio; 2 alunos – gostam de matemática; 1 aluno – gosta de aprender; 1 aluno – tem muito número; 1 aluno – tem regras simples; 1 aluno – nunca tem a mesma resposta; 1 aluno – é rápido; 1 aluno – é bom para a minha vida; 1 aluno – pode ser usado na minha vida (mas não soube citar uma situação); 1 aluno – é bom para a minha cabeça; 1 aluno – alimenta o cérebro; 1 aluno – ajuda no dia a dia;

Outras justificativas favoráveis:

“eu acho fácil porque se você prestar atenção você gosta e acha fácil e depois que você aprende você não terá mais dificuldade”

“porquê eu gosto de aprender, também sei que uma hora na vida vai ter que usar a expressão numérica”

“eu gosto principalmente por ser mais ou menos fácil e não muito por causa das divisões”

Justificativas desfavoráveis:

“não gosto porque tem conta de dividir e eu não sei fazer a conta de dividir”

“é muitos números e um pouco difícil, mas se me ensinarem eu sei que eu consigo”

“porque eu me atrapalho e tem algumas que são difícil”

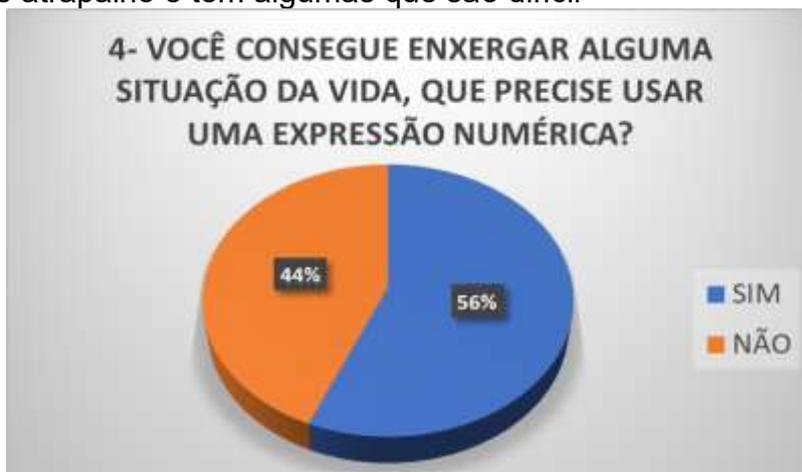


Gráfico 4: fonte própria

Para esse questionamento, apresentado no gráfico 4 também foi exigido uma justificativa para aqueles que respondessem sim, para observar se eles realmente têm a noção do que estão respondendo. E apesar da maioria responder que sim, conseguem enxergar situações na vida em que se apliquem expressões, poucos conseguiram ilustrar alguma situação pertinente à questão exigida. Como mostra o próximo gráfico.



Gráfico 5: fonte própria

Participaram do questionário 39 alunos, 22 responderam positivamente sobre enxergar o conteúdo abordado, no cotidiano. E dessas 22 respostas apenas 7 foram consideradas de certa forma pertinente.

Um aluno que respondeu que gosta e a sua justificativa foi: “eu gosto principalmente por ser mais ou menos fácil e não muito por causa das divisões”. E quando questionado se enxerga alguma situação da vida as expressões numéricas ele respondeu que sim, consegue ver e argumenta: “Quando estamos fazendo uma prova como para a faculdade as vezes tem expressões numéricas bem difíceis”.

Outro aluno que afirma que gosta de resolver expressões disse: “eu acho fácil e muito divertido de fazer”. E relata que consegue visualizar em alguma situação do cotidiano explicando que: “eu acho que se a gente parar para pensar a gente en cherga”.

Tendo em vista a opinião dos alunos, que a grande maioria gosta de resolver expressões numéricas, e na perspectiva de Ausubel, o conhecimento prévio (subsunçor) é a dimensão mais importante na APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.

“Para que um bom aprendizado e para que um novo conteúdo possa ser assimilado de maneira eficaz pelo aluno, ele deve ser incorporado aos seus conhecimentos prévios, evitando um processo de ensino mecânico e repetitivo” (AUSUBEL, 2000) ⁽⁷⁾

MOREIRA e MASINI explicam como se dá a aprendizagem significativa na escola:

Aprendizagem significativa é a aquisição de novos conhecimentos com significado, compreensão, criticidade e possibilidades de aplicação desses conhecimentos em explicações, argumentações e soluções de situações-problema, inclusive novas situações. Mas não é essa aprendizagem que predomina na escola contemporânea. Ao contrário, o foco é a chamada aprendizagem mecânica, a qual, na perspectiva de um contínuo, estaria em um extremo oposto ao da aprendizagem significativa. Aprendizagem mecânica é aquela em que os conhecimentos são internalizados cognitivamente de forma arbitrária e literal, são decorados e servem para aplicações, em curto prazo, em situações conhecidas. ⁽⁸⁾

Como esse assunto já conhecido pelos alunos através de ensino tradicional vigente, esta proposta de intervenção trabalhará as expressões numéricas, a fim de realizar uma abordagem de forma lúdica, dinâmica os conceitos foram novamente aplicados, a fim de dar um novo significado às compreensões do aluno. A ideia foi fazer com que o aluno, através das intervenções, conseguisse perceber na sua vida situações onde se aplicavam as expressões numéricas, a partir de ensaios realizados no em sala.

3.2 Os impactos da abordagem

Durante a abordagem das intervenções foi observado a grande boa vontade dos alunos em responder ao questionário em ambas as turmas, também na aplicação das atividades selecionadas. Sempre muito curiosos e participativos os alunos participaram entusiasmados.

A primeira atividade (quadro 1), exigiu um pouco mais da turma, pois era uma atividade coletiva que tinha recorte de figuras geométricas e a leitura e entendimento das regras do jogo. Quanto a questão das regras uma leitura coletiva foi necessária para entendessem como o jogo funcionava. Outro ponto em destaque foi a organização da tabela do jogo através das compras das peças pelos componentes dos grupos. Prestar atenção nas regras e no preenchimento das tabelas exigiram muita atenção dos alunos e professor. A exigência e o cuidado inicial se deram pelo fato de não ser comum aos alunos esse tipo de atividade mais dinâmica com vários elementos agregados. Todos se envolveram e gostaram recortar, sortear as peças, completar as tabelas e cálculos, expressões numéricas contendo parênteses responder as questões e simulações do jogo. Abramowickz e Wajskop (1995) falam que:

O jogo é um rico instrumento rico e estimulador da aprendizagem e do desenvolvimento social, cultural, físico-motor, cognitivo e afetivo da criança, pois exercita a sua inteligência e seu raciocínio. Se ele acontece em um ambiente adequado, tranquilo e de forma

prazerosa, permite também que a criança desenvolva sua autonomia moral e intelectual. ⁽⁹⁾

Na segunda semana a atividade (quadro 2) foi desenvolvida em duplas, os alunos observaram uma situação de jogo de bolitas, através de uma história em quadrinhos. Posteriormente eles preencheram uma tabela a partir das imagens e dados da história em quadrinhos. Novamente se exigiu a organização dos dados dos problemas, a montagem das expressões numéricas com parênteses e os cálculos. E concluíram respondendo algumas questões.

Na terceira interferência (quadro 3), os alunos realizaram individualmente. E a partir da observação de uma história em quadrinhos os alunos foram levados a reescrever a situação do cotidiano, analisar e responder questões referentes aos problemas apresentados na história e por último preencher uma expressão numérica contendo a necessidade do uso de colchetes, aumentando o grau de dificuldade.

Para quarta semana (quadro 4), a situação apresentada na história em quadrinhos exigia a utilização de chaves. Os alunos desenvolveram uma narrativa contando a história e colocando fatos particulares, responderam as questões e organizaram as ideias fazendo o uso de todas as informações completando a expressão numérica.

Por último, os alunos receberam mais uma situação em quadrinhos (quadro 5), com mais elementos inseridos. Da mesma forma que nas semanas anteriores os alunos colocaram sua narrativa para as cenas impostas pela atividade. E nessa atividade os alunos responderam problemas envolvendo as cenas da história e ao final elaboraram uma expressão numérica tendo a necessidade do uso de parênteses, colchetes e chaves.

Sempre ao final das atividades os alunos socializavam seus resultados e os comparavam se autocorrigindo quando necessário. A partir da terceira semana os alunos passaram a escrever suas narrativas. E ao final de cada situação trabalhada, além de socializar com o grande grupo seus resultados, também compartilhavam suas ideias através da leitura.

Os alunos sempre estavam entusiasmados esperando qual seriam as próximas novidades trazidas a cada semana. Todas as turmas se mostraram receptivas e muito interessadas nas atividades. Os alunos com dificuldade se empenharam em buscar auxílio com os colegas. E aqueles com dificuldades na resolução de divisões não foram notados tendo em vista que as divisões abordadas nos problemas envolviam valores monetários o que facilita até um cálculo mental.

Para Masini e Moreira citam 3 condições para a ocorrência da aprendizagem significativa:

1. a estrutura cognitiva existente é a variável independente que mais influencia, podendo facilitar, limitar ou inibir a aprendizagem significativa de um certo conhecimento;
2. a predisposição para aprender, o querer aprender, a intencionalidade do aprendiz, é o outro fator fundamental; o ser humano poderá aprender de maneira significativa se quiser aprender; por alguma razão, deve ter a intenção de aprender;
3. os materiais de aprendizagem devem ser potencialmente significativos; devem fazer sentido para o aprendiz. ⁽⁸⁾

Nessa sugestão de os alunos recebem figuras geométricas já subdivididas em setores identificados por cores diferentes. A graduação da dificuldade se dá a medida que as exigências aumentam, com a releitura das imagens com outras possibilidades de delimitação de cores. A socialização das percepções com o grupo grande grupo. A reorganização do raciocínio alterando a estrutura de registros dos cálculos que compõe essas áreas. E por último, são entregues figuras similares sem cores delimitando os espaços, o aluno divide como melhor o convém e realiza os sua estrutura de cálculo organizando expressões numéricas. Os conhecimentos prévios envolvidos as operações fundamentais e os princípios multiplicativos. E numa outra perspectiva essa atividade poderá vir a ser um subsunçor de conteúdos futuros com a álgebra através da geometria, por exemplo.

Por fim, outra proposta sugerida é a de trabalhar um jogo para a introdução de equações de 1º grau, similar ao jogo inicial apresentado no quadro 1, voltado para os alunos do sétimo ano. A ideia é a construção de um livro coletivo, com quatro componentes e que contenha uma história criada pelos alunos, a partir das compras das figuras geométricas, da seguinte forma:

- Distribuídos em grupos de no máximo quatro componentes, os alunos deveriam confeccionar 72 figuras geométricas sendo elas: 24 triângulos, 24 círculos e 24 quadrados.
- Cada grupo realizaria uma série de sorteios utilizando um dado de quantidades, da seguinte forma: na 1ª rodada o aluno jogou o dado para determinar quantos seriam os quadrados, círculos e triângulos a serem utilizados na primeira cena da história. Posteriormente na 2ª, 3ª e 4ª rodadas, a fim de construir uma história em quadrinhos com 4 cenas. Obrigatoriamente em cada cena deveria aparecer na história a quantidade de formas geométricas sorteadas em cada rodada.
- Após o sorteio os grupos começaram a construção da história, juntamente com a sua ilustração.
- Ao final da construção os alunos deveriam formar as equações de cada uma das cenas das histórias em quadrinhos. Por exemplo, considerando que na 1ª rodada foram sorteados 2 triângulos, 5 círculos e 4 quadrados, e equação seria desta forma:

$$2\Delta + 5O + 4\Box = R$$

- Dados valores para o triangulo, o circulo e resposta o aluno deveria substituir na equação e encontrar o valor do quadrado. Por exemplo:

$$\Delta = 5 \qquad O = 50 \qquad \Box = ? \qquad R = 1000$$

$$2 \cdot 5 + 5 \cdot 50 + 4 \cdot \Box = 1000$$

$$10 + 250 + 4 \Box = 1000$$

$$260 + 4 \Box = 1000$$

$$\Box = 185$$

- Desta forma foram dados diferentes valores para os triângulos, círculos e respostas de cada cena, para que os alunos se deparassem com diferentes situações. Não bastava descobrir o valor do quadrado, mas também justificar a sua descoberta.
- No final de toda a atividade os grupos deveriam escrever um relatório da atividade e sua opinião a respeito.

Certamente se esses alunos realizarem atividades como as propostas pela intervenção realizada, essa atividade sugerida para o sétimo ano seria muito natural para os alunos, pois eles teriam como referência as atividades do quinto ano, tornando a introdução de equações de 1º grau uma aprendizagem significativa.

4 CONCLUSÃO

Por meio dessa proposta de trabalho nas turmas de quintos anos, conclui-se que atividades bem selecionadas podem fazer a diferença, tornando uma aprendizagem mecânica em uma aprendizagem significativa.

A utilização de jogos, atividades em grupo e metodologias distintas dos métodos tradicionais agrega muitos benefícios à aprendizagem, pois garante o envolvimento, a atenção, a participação, a criatividade individual e coletiva. Ao mesmo tempo, ao demonstrar aplicabilidade dos conteúdos e a importância da aquisição de novos conhecimentos se contribui para tornar a matemática mais próxima e acessível a todos.

A intervenção mostrou que embora os alunos já tivessem conhecimento sobre o assunto, se mantiveram motivados a criar, aprender, contribuir em novas práticas e buscar soluções. Agregar a matemática na construção de histórias, realizar divisões e entender a necessidade da aplicação dos sinais de associação, nas expressões numéricas foi um desafio para muitos, que apesar das dificuldades buscaram meios para diminuir os problemas pessoais.

Este estudo conseguiu atingir os objetivos propostos, que foram de fazer uma abordagem significativa, lúdica e diferenciada do conteúdo de expressões numéricas, ir além das competências matemáticas de cálculo, incentivar professores a adotar novos métodos e promover o interesse e bem-estar do aluno.

Referências

¹ <http://curriculo.educacao.rs.gov.br/Sobre/Index>, acessado em 23 de setembro de 2019.

²AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978.

³RAMOS, Luiza Faraco. **O que fazer primeiro?** 18. ed. São Paulo: Ática, 2002.

⁴TAUROCO, Liane M. R.; COSTA, Valéria C.; ÁVILA, Bárbara G.; BEZ, Marta R.; SANTOS, Edson F. **Objetos de Aprendizagem: teoria e prática**. 1º ed. Porto Alegre: Evangraf, 2014.

⁵REIGELUTH, Charles M. The Elaboration Theory: Guidance for Scope and Sequence Decisions. In: REIGELUTH, Charles M. **A New Paradigm of Instructional Theory**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.

⁶AUSUBEL, David P. **Educational psychology: a cognitive view**. New York: Holt Rinehart & Winston, 1968.

⁷AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos**: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Alicerce, 2000.

⁸MOREIRA, Antonio M.; MASINI Elcie F. S. **Aprendizagem Significativa na Escola**. 1º ed. Curitiba: CRV, 2017.

⁹ABROMOWIZ, A; WAKSHOP, G: **Creches: atividades para crianças de zero a seis anos**. São Paulo: Moderna, 1995.

RANGEL, Ana Cristina. Matemática da minha vida: 4º ano. 7. ed. Porto Alegre: Neemi, 2018.

A REDE DE INFLUÊNCIAS E O CONTEXTO DO TEXTO DA EDUCAÇÃO FÍSICA NA BASE COMUM CURRICULAR: PISTAS PARA UMA ANÁLISE CRÍTICA

Farias, L. S.¹

Caetano, M. R.²

¹ *Mestranda em Ciências do Movimento Humano (UFRGS), Luciane Sironi Farias, formanda do curso de Especialização em Educação Física escolar do IFRS- Campus Sapucaia do Sul/RS, e-mail: luciane.sironi@gmail.com.*

² *Doutora em Educação pela UFRGS, Maria Raquel Caetano, Docente no IFSUL-Campus Sapucaia do Sul. Orientadora. E-mail: caetanoraquel2013@gmail.com*

Resumo

O presente estudo, de caráter bibliográfico e documental tem por objetivo analisar a rede de influências que formam o Movimento pela Base Nacional Comum Curricular identificando os principais sujeitos individuais e coletivos, colaboradores e especialistas da Base Nacional Comum Curricular do Brasil. Utilizamos pesquisas recentes sobre o tema, além de documentos relacionados a BNCC e a BNCC da Educação Física. A análise se dá através de uma perspectiva crítica, embasada na abordagem do Ciclo de políticas de Stephen Ball e Richard Bowe (1992) apud Mainardes¹; Molina², na Rede de sujeitos da BNCC de Peroni e Caetano³; Caetano⁴ e na análise da BNCC da Educação Física em Neira^{5,6}. Pontuamos que a política educacional representada no contexto do texto da BNCC partilha de uma mesma vertente encontrada no contexto de influências, embasados nos discursos da eficiência e desenvolvimento das competências com foco nas avaliações internacionais, alinhando-se a teorias tradicionais e a um discurso Tecnicista. No contexto do texto da Educação Física identificamos os sujeitos que participaram das primeiras e segundas versões do documento. Pudemos constatar um vasto material que pode servir de base para as compreensões do que está escrito e publicado no documento final. Concluímos que uma análise crítica acerca do material é fundamental, relacionando ao contexto da prática (escola) e respeitando individualidades das escolas e saberes docentes.

Palavras-chave: BNCC. Políticas educacionais. Educação Física escolar.

THE INFLUENCE NETWORK AND THE CONTEXT OF THE TEXT OF PHYSICAL EDUCATION ON THE CURRICULAR COMMON BASIS: CLUES FOR A CRITICAL ANALYSIS

Abstract

This bibliographic and documentary study aims to analyze the network of influences that make up the Movement for the Common National Curriculum Base, identifying the main individual and collective subjects, collaborators and specialists of the Common National Curriculum Base in Brazil. We use recent research on the subject, as well as documents related to the BNCC and the BNCC of Physical Education. The analysis takes place through

a critical perspective, based on the approach of the Policy Cycle of Stephen Ball and Richard Bowe (1992) apud Mainardes¹; Molina², in the Peroni and Caetano³ BNCC Subject Network; Caetano⁴ and the analysis of the BNCC of Physical Education in Neira^{5,6}. We point out that the educational policy represented in the context of the BNCC text shares the same strand found in the context of influences, based on the discourses of efficiency and competence development focused on international evaluations, aligning with traditional theories and a Technicist discourse. In the context of the text of Physical Education we identified the subjects who participated in the first and second versions of the document. We have found a wealth of material that can serve as a basis for understanding what is written and published in the final document. We conclude that a critical analysis about the material is fundamental, relating to the context of practice (school) and respecting individualities of schools and teaching knowledge.

Key words: BNCC. Educational policies. School physical education.

1 INTRODUÇÃO

O turbulento momento histórico que perpassa a educação Brasileira gera tensionamentos que instigam uma análise crítica acerca das políticas educacionais. Com a atual versão da Base Nacional Comum Curricular¹, os currículos escolares serão alinhados e modificados em observância ao que está sendo preconizado nos documentos aprovados em 2017, devendo ser implementados em até 2 anos. Nesse sentido, se apropriar do documento se torna uma necessidade para os professores, já que a mesma se insere nas políticas curriculares da educação brasileira.

O presente estudo tem por objetivo inicial analisar a rede de influências que formam o Movimento pela Base Nacional Comum Curricular- BNCC, identificando os apoiadores e estabelecendo relações com o texto do documento. Também identificar os principais sujeitos individuais e coletivos que formam o Movimento pela BNCC e com isso estabelecer relações com o que está posto no documento. Por fim, direciono o olhar para aqueles que pensaram as 1º e 2º versões da BNCC da Educação Física, partindo da identificação dos sujeitos e suas mais recentes publicações.

¹ Conforme definido na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei nº 9.394/1996), a Base deve nortear os currículos dos sistemas e redes de ensino das Unidades Federativas, como também as propostas pedagógicas de todas as escolas públicas e privadas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio, em todo o Brasil. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>

Os achados identificam algumas das principais referências bibliográficas encontradas na BNCC, podendo servir de base para uma análise mais aprofundada de determinados conceitos e metodologias, subsidiando os professores de Educação Física e até mesmo os pedagogos que trabalham com unicodência na formulação dos currículos que permearão nos próximos anos.

Desse modo, a metodologia proposta é documental e bibliográfica . A análise se dá através de uma perspectiva crítica, embasada na abordagem do Ciclo de políticas de Stephen Ball e Richard Bowe (1992) apud Mainardes¹, Molina², Rede de sujeitos da BNCC de Peroni e Caetano³;Caetano⁴ e análise da BNCC da Educação Física de Neira^{5,6}. Tendo como dado empírico o texto da Base Nacional Comum Curricular do Ensino Fundamental, considero a pesquisa e análise documental como metodologia adequada para esta investigação. Conforme Sá-Silva⁷ esse tipo de método preconiza o uso de documentos como busca de informações para possibilitar a ampliação do entendimento de objetos que necessitam de contextualização histórica e sociocultural como é o caso deste estudo.

Como referencial teórico recorro a abordagem do ciclo de políticas de Stephen Ball e colaboradores, apud Mainardes ¹. Para Molina² a abordagem

subsidiaria a análise das influências no processo de formulação, das interpretações e complexidades do processo de implementação, dos resultados e impactos e das estratégias de intervenção para enfrentar as desigualdades criadas ou reproduzidas pelas políticas.^{2(p.925)}

Portanto, o presente estudo se dedica analisar a rede de influências que cercam a BNCC inserida nas políticas curriculares da educação brasileira.

2 O CICLO DE POLÍTICAS

A abordagem utilizada nesta pesquisa é denominada “Ciclo de políticas” formulada por Stephen Ball e colaboradores (Bowe et al, 1992; Ball, 1994) e introduzidas no Brasil por Jefferson Mainardes ¹ que realiza estudos na perspectiva das políticas educacionais. Por ser, Mainardes, referencial nacional dos estudos do Ciclo de Políticas em educação, cabe aqui, destacar sua colaboração para análise dos dados empíricos, quando destaca a abordagem de Stephen Ball e Richard Bowe:

Essa abordagem destaca a natureza complexa e controversa da política educacional, enfatiza os processos micropolíticos e a ação dos profissionais que lidam com as políticas no nível local e indica a

necessidade de se articularem os processos macro e micro na análise de políticas educacionais. ^{1(p.49)}

Sendo assim, a análise das políticas educacionais, no contexto mais amplo e também local, tem por objetivo, compreender como as políticas são implementadas em diferentes contextos. Mainardes¹ aponta que o ciclo de políticas é constituído por três contextos principais: o contexto de influência, o contexto da produção de texto e o contexto da prática. Para os autores, esses contextos estão inter-relacionados. Cada um desses contextos apresentam “arenas, lugares e grupos de interesse e cada um deles envolve disputas e embates” BOWE et al., 1992 apud MAINARDES ^{1(p50)}.

Desse modo, a proposta deste artigo é a análise dos dois primeiros contextos: **o contexto de influência e o contexto do texto** da política educacional implantada no Brasil intitulada de Base Nacional Comum Curricular.

2.1 O CONTEXTO DE INFLUÊNCIA DA BNCC

O primeiro contexto do ciclo de políticas é o contexto de influência. É nesse contexto que para Mainardes¹ as políticas públicas, geralmente, são iniciadas e os discursos políticos são construídos. Nesse contexto, conforme o autor, as redes sociais se formam dentro e em torno de partidos políticos, do governo e do processo legislativo. Em Ball⁸ podemos encontrar uma análise mais densa das redes de influências globais e internacionais no processo de formulação de políticas nacionais.

As mídias e as redes que se formam sustentam, muitas vezes, discursos que empoderam uma falsa ideologia. Corroborando com Lopes⁹ os espaços de diálogo afastam-se cada vez mais da realidade, pois há uma supremacia dos interesses dos detentores do capital, grandes empresários e representantes de setores conservadores da sociedade.

As reformas na administração pública tem como principal discurso a modernização do serviço público e traz consigo um conjunto de movimentos “experimentais e evolucionários gerais e altamente significativos” ^{8(p177)}. Para o autor, o mais básico e geral desses movimentos é a “desestatização” (JESSOP, 2002 *apud* BALL⁸) que envolve em redefinir o papel do Estado em relação ao que é público e privado. Com isso, o autor atenta para “novas vozes e interesses que são representados no processo político”, e “novos nós de poder e influência são construídos e fortalecidos” BALL ^{8(p177)} através do uso de laboratório de ideias, consultores e empresas especializadas, instituições mercantis, etc.

Desse modo, a educação traz consigo, conforme Caetano³, propostas mercadológicas que visam salvar a educação, em uma construção hegemônica elaborada pelo terceiro setor.

Há uma rede de influências que cerca o Movimento pela Base e está ligada ao Todos pela Educação- TPE. Caetano⁴ nos mostra que o MPB e o TPE possuem os mesmos apoiadores e/ou participantes. Para Peroni; Caetano³ uma das principais instituições privadas diretamente ligadas à BNCC e ao Movimento pela Base Nacional Comum Curricular é a Fundação Lemann. O que observamos é que no contexto de influência na BNCC estão esses grupos privados pensando a educação pública e a Fundação Lemann é a protagonista do MPB.

3 O CONTEXTO DA PRODUÇÃO DE TEXTO DA BNCC

É no contexto da produção de texto que a política é representada. Essas representações podem tomar várias formas: “textos legais oficiais e textos políticos, comentários formais ou informais sobre os textos oficiais, pronunciamentos oficiais, vídeos etc”(MAINARDES^{1(p56)}). Neste caso específico, a representação da política educacional está representada através de texto no documento oficial intitulado de “Base Nacional Comum Curricular” (2017).

Pensar como se deu a formulação do documento nos leva a refletir de que modo foi construído e com base em que? Havia outros documentos norteadores? Quais foram os sujeitos que pensaram o documento? Na tentativa de responder a alguns questionamentos, alinhamos o pensamento inicialmente em uma perspectiva histórica das políticas nacionais no Brasil que antecipam a BNCC e logo após ancoramos nossos esforços no Componente curricular Educação Física, objeto deste estudo.

As discussões sobre as bases nacionais comuns não são novas no Brasil. ³relembra o contexto histórico das políticas educacionais que antecipam a BNCC. Para as autoras, na década de 1990, os Parâmetros Curriculares Nacionais já sinalizavam um currículo comum orientado pelas reformas da educação no governo FHC.

A primeira e segunda versões da BNCC foram elaboradas por um grupo de especialistas de todas as áreas de conhecimento. Conforme Neira em maio de 2015, foram convidadas 116 pessoas, compostas por professores da Educação Básica indicados pelo Conselho Nacional de secretários de educação (CONSED) e pela União dos dirigentes Municipais de Educação (UNDIME) de todos os estados da federação, além de pesquisadores de 35 Universidades. Embora a versão final apresentada, no geral, não tenha levado em consideração toda a construção realizada na 1ª e 2ª versão.

4 O COMPONENTE CURRICULAR EDUCAÇÃO FÍSICA NA BNCC

A primeira e segunda versões da BNCC foram elaboradas por especialistas de todas as áreas de conhecimento. Conforme Neira⁵ em maio de 2015, foi convidado um grupo de 116 pessoas para participar da elaboração da 1º e 2º versões da base. Este grupo foi composto por professores da Educação Básica indicados pelo Conselho Nacional de Secretários de Educação (CONSED) e pela União dos Dirigentes Municipais de Educação (UNDIME) de todos os estados da federação, além de pesquisadores de 35 Universidades.

O componente curricular Educação Física, situado na área de linguagens, foi representado por seis professores da Educação Básica, seis professores universitários e um assessor. Com a intenção de identificar os sujeitos que pensaram a área Educação Física, foi realizada uma busca no site da BNCC^{IV}, após a verificação dos nomes, foi consultada a plataforma do Currículo Lattes^V para a verificação da titulação, ano de conclusão e local de atuação dos especialistas em Educação Física, conforme o quadro abaixo:

Quadro 1: Especialistas da Educação Física na BNCC

Nome	Titulação	Ano	Instituição	Atuação
Admir Soares Almeida Júnior http://lattes.cnpq.br/9515279129277383	Doutorado em Educação	2011	Faculdade de Educação UNICAMP, Brasil.	Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Educação Física.
Fernando Jaime Gonzáles http://lattes.cnpq.br/2914978770769541	Doutorado em Ciências do Movimento Humano	2011	Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, Brasil.	Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Departamento de Pedagogia, Curso de Educação Física.

^{IV} <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>, acesso em Agosto de 2019.

^V <http://lattes.cnpq.br/>, acesso em julho de 2019.

Marcílio Souza Jr. http://lattes.cnpq.br/2301804733279968	Livre-docência	2013	Universidade de Pernambuco, UPE, Brasil.	Universidade de Pernambuco, Escola Superior de Educação Física, Departamento do Conhecimento Técnico Científico.
	Pós-doutorado	2016	Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Brasil.	
Marcos Garcia Neira http://lattes.cnpq.br/2301804733279968	Pós-doutorado	2007	Universidade do Minho, UMINHO, Portugal.	Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada.
	Livre-docência	2011	Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, FEUSP, Brasil.	
Santiago Pich http://lattes.cnpq.br/6299225978049439	Doutorado em Doutorado Interdisciplinar em Ciências.	2009	Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Brasil.	Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Estudos Especializados em Educação (EED).
Suraya Darido http://lattes.cnpq.br/1055731898835975	Doutorado em Psicologia Escolar e do Desenvolvimento Humano.	1997	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Brasil	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Biociências de Rio Claro, Departamento de Educação Física.
	Livre-docência	2001	Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP, Brasil.	
Alex Branco Fraga (assessor) http://lattes.cnpq.br/0637002618453894	Doutorado em Educação	2005	Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.	Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola Superior de Educação Física.
	Pós-doutorado	2008	Faculty of Kinesiology & Physical Education, UofT, FKPE/UOFT, Canadá.	

Fonte: Currículo *lattes* dos professores. Organizado pelo autor, 2019.

Observamos que todos os especialistas, incluindo o assessor que coordenou a equipe, apresentam entre doutorado, pós-doutorado e livre-docência como titulação

máxima na área da Educação e Educação Física, atuando em universidades públicas e privadas. Outro dado levantado foram as publicações destes professores especialistas sobre o tema “BNCC” e “Educação Física”. A pesquisa foi realizada em Julho de 2019 nos periódicos da Capes e Scielo, utilizando os descritores Educação Física e BNCC. Foram encontrados apenas 3 artigos com estes descritores. Dois de Marcos Garcia Neira sendo um com co-autoria Marcílio Souza Júnior e um de Suraya Darido, conforme o quadro 2:

Quadro 2: Publicações sobre a BNCC de Educação Física.

AUTORES	TÍTULO	ANO PUBLICAÇÃO
BOSCATTO, J. D. ; IMPOLCETTO, F. M. ; DARIDO, S. C.	A Base Nacional Comum Curricular: uma proposição necessária para a Educação Física?	2016
NEIRA, M. G.; SOUZA JUNIOR, M.	A Educação Física na BNCC: procedimentos, concepções e efeitos.	2016
NEIRA, Marcos Garcia	Incoerências e inconsistências da BNCC de Educação Física.	2018

Fonte: Periódicos CAPES. Organizado pelo autor, 2019.

Diante dos achados, tomo como referencial, na análise da especificidade do componente curricular Educação Física, as publicações de Neira e Souza Júnior^{5,6} onde os autores fazem reflexões ao que está posto no documento após sua versão final. Alinhavo a análise com autores que dialogam em uma mesma vertente teórica.

4.1 UM NORTE PARA OS PROFESSORES DE EDUCAÇÃO FÍSICA

Em tempos de disputas, os sujeitos que partilham das micropolíticas^{vi} no contexto da prática - a escola- estarão diante de um texto (BNCC) constituído em uma rede de influências, como vimos anteriormente. Conforme Neira e Júnior⁵ as escolas devem olhar para o documento como um início, fomentando uma discussão mais ampla e de acordo com cada realidade. Os autores alertam para o risco do documento se transformar em um conjunto de conhecimentos obrigatórios, “ao invés de um instrumento aplicável, deve ser objeto de estudo”^{5(p.203)}, portanto a BNCC não é algo pronto, necessita ser repensada e contextualizada coletivamente.

Para os autores, a 3º e atual versão da BNCC não está de acordo com os atuais debates da Educação Física escolar e acreditam que o documento seja “frágil, incoerente

^{vi} A micropolítica de uma escola significa “campos de luta” povoados por conflitos ideologicamente diversos, em curso ou potenciais. BALL (1989, 2006) apud MOLINA et al (2011)

e inconsistente” ^{6(p215)}. A mercê das políticas governamentais, a educação brasileira, especificamente a BNCC se molda a um “discurso alinhado à teorias curriculares tradicionais” ⁶ havendo portanto, um claro desencontro do que vem sendo pesquisado e analisado aos longo dos últimos anos. Diante de tal premissa, direciono a análise às unidades temáticas e os objetos de conhecimento da Educação Física. O documento divide a Educação Física do Ensino Fundamental em unidades temáticas (brincadeiras e jogos, esportes, ginásticas, danças lutas e práticas corporais de aventura) e objetos de conhecimento, conforme o quadro 3:

Quadro 3: Unidades temáticas e objetos de conhecimento.

UNIDADES TEMÁTICAS	OBJETOS DE CONHECIMENTO			
	1º e 2º anos	3º ao 5º ano	6º e 7º anos	8º e 9º anos
Brincadeiras e jogos	Brincadeiras e jogos da cultura popular presentes no contexto comunitário e regional	Brincadeiras e jogos populares do Brasil e do mundo Brincadeiras e jogos de matriz indígena e africana	Jogos eletrônicos	
Esportes	Esportes de marca Esportes de precisão	Esportes de campo e taco Esportes de rede/parede Esportes de invasão	Esportes de marca Esportes de precisão Esportes de invasão Esportes técnico-combinatórios	Esportes de rede/parede Esportes de campo e taco Esportes de invasão Esportes de combate
Ginásticas	Ginástica geral	Ginástica geral	Ginástica de condicionamento físico	Ginástica de condicionamento físico Ginástica de conscientização corporal
Danças	Danças do contexto comunitário e regional	Danças do Brasil e do mundo Danças de matriz indígena e africana	Danças urbanas	Danças de salão
Lutas		Lutas do contexto comunitário e regional Lutas de matriz indígena e africana	Lutas do Brasil	Lutas do mundo

Práticas corporais de aventura			Práticas corporais de aventura urbanas	de	Práticas corporais de aventura na natureza
--------------------------------	--	--	--	----	--

Fonte: Adaptado pela autora (Brasil, p.225 e 231, 2018).

Na BNCC da Educação Física cada uma das práticas corporais compõe uma das seis unidades temáticas abordadas ao longo do Ensino Fundamental. As categorias não têm “pretensões de universalidade” (BRASIL^{10(p228)}), pois tratam de um entendimento possível das manifestações culturais tematizadas na Educação Física escolar. O discernimento e talvez de forma redundante o bom senso, necessitam ser levados em consideração e para que ocorra de forma democrática e ética os professores de Educação Física necessitam ser ouvidos nos contextos e arenas de disputa escolares.

Com a intenção de identificar os discursos trazidos no documento, buscamos identificar os especialistas e assessor da Educação Física na BNCC, tentando compreender quem são os sujeitos que pensaram, especialmente as primeiras e segunda versões da BNCC- Educação Física do Ensino Fundamental. Para responder esse questionamento, me detive em pesquisar suas publicações em artigos e livros, buscando interpretar o fio norteador que conduzem sua escrita. A partir disso, pretendo fornecer alguns indícios dos caminhos e linhas de pensamento que percorrem estes autores, fornecendo dados que possam promover uma maior apropriação bibliográfica daqueles que pensaram as versões iniciais do documento. Cabe ressaltar que esta pesquisa faz um pequeno recorte do acervo cultural que tais autores produziram e produzem acerca da Educação Física. Com isso, detenho meu olhar às mais recentes publicações e linhas de pesquisa que tais colaboradores se dedicam ao longo dos anos.

De antemão, afirmo que tais contribuições são apenas um ponta pé inicial para uma melhor compreensão do documento. Olhar através da lente dos especialistas que pensaram o documento, pode ser de importante relevância na compreensão e interpretação da 3º versão da BNCC. Sendo assim, reporto a autores que podem contribuir para uma análise dos conteúdos da Educação Física.

Em breve análise, destaco inicialmente os autores/especialistas da BNCC- Educação Física: Fernando Jaime Gonzáles e Suraya Darido. Suas publicações projetam um olhar mais específico sobre as práticas pedagógicas. No livro “Metodologia do ensino dos esportes coletivos” (Gonzáles e Bracht¹¹), os autores trazem conceito de “lógica interna dos

esportes” e “tipos de esportes” (11(p19,21)). Considero importante salientar que a classificação dos esportes, conforme a lógica interna é algo novo nos documentos oficiais do Brasil.

Na coleção “Práticas Corporais e a organização do conhecimento” (GONZALEZ, DARIDO e OLIVEIRA¹²) da Editora da Universidade Estadual de Maringá em parceria com a Secretaria Nacional de Esporte, Educação, Lazer e Inclusão Social – SINELIS e Ministério do Esporte, os autores trazem exemplos práticos dos conteúdos. No que tange os conteúdos do esporte, os autores utilizam-se da lógica interna fazendo a divisão dos esportes da seguinte forma: “Esportes de marca e com rede divisória ou muro/parede de rebote: badminton, peteca, tênis de campo, tênis de mesa, voleibol, atletismo”¹².

Já os livros da coleção “Entre nós” da Editora Edelbra, “Práticas pedagógicas em Educação Física: espaço, tempo e corporeidade (GONZÁLES E SCHUWENGBER¹³) e “Afazeres da educação Física na escola: planejar, ensinar, partilhar (GONZÁLES e FRAGA¹⁴) apresentam uma proposta de competências e de conteúdos para Educação Física. Um dado relevante é que estes livros foram distribuídos nas escolas pelo Programa Nacional Biblioteca na escola - PNBE do professor em 2013.

Por fim, na intenção de compreender acerca da cultura corporal do movimento e relacionar de forma crítica os conteúdos da 3º versão da BNCC Educação Física, destaco as contribuições de Marcos Garcia Neira¹⁵⁻¹⁷. Considero uma importante leitura visando uma melhor compreensão da Educação Física escolar no âmbito cultural. De antemão, reafirmo que tais contribuições são apenas pistas para uma melhor compreensão do documento.

5 CONCLUSÃO

No contexto do texto da Educação Física identificamos os sujeitos que pensaram as primeiras e segundas versões do documento. Pudemos constatar um vasto material que pode servir de base para compreensões e análise do documento. Pontuamos que uma análise acerca do material é fundamental, relacionando ao contexto da prática (escola) respeitando individualidades e saberes docentes.

Acreditamos que a BNCC, enquanto referência na construção dos currículos escolares, compreendida através da lente daqueles que pensaram e construíram o

documento pode servir de suporte na construção dos currículos, bem como na prática pedagógica. O coletivo docente inserido no contexto da prática deve ser o principal porta voz na construção dos documentos.

Por fim, consideramos que os achados aqui encontrados, podem servir de pistas para discussão de currículos e projetos pedagógicos coerentes com cada realidade escolar.

Agradecimentos

Agradeço a excelente oportunidade que o Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia Sul-Rio-Grandense de Sapucaia do Sul/RS me proporcionou: Uma especialização em Educação Física escolar gratuita de qualidade. Em especial, um agradecimento à minha orientadora Professora Dr^a. Maria Raquel Caetano que com suas sábias palavras e carinho, tornou-se inspiração na minha vida.

REFERÊNCIAS

1. Mainardes J. A abordagem do ciclo de políticas e suas contribuições para a análise da trajetória de políticas educacionais. 2006.
2. Molina RK, Lopes RA, Achilles HS. Impactos das políticas educacionais nas dinâmicas da organização escolar: Reflexões na perspectiva do professorado de uma rede municipal. *Ensaio*. 2011;19(73):921–940. Doi:10.1590/S0104-40362011000500010
3. Peroni; Caetano. O público e o privado na educação brasileira. *Rev Bras História da Educ*. 2018;18:337–352. Doi:10.4025/rbhe.v18.2018.e046
4. Caetano MR. A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR E OS SUJEITOS QUE DIRECIONAM A POLÍTICA EDUCACIONAL BRASILEIRA. *Rev Contrapontos*. 2019;19(2):132–141.
5. Neira MG; Souza Júnior M. A Educação Física na BNCC: procedimentos, concepções e efeitos. *Motrivivência*. 2016;28(48):188. Doi:10.5007/2175-8042.2016v28n48p188
6. Neira MG. Inconsistencies and inconsistencies of BNCC in Physical Education. *Rev*

Bras Ciências do Esporte. 2018;40(3):215–223. Doi:10.1016/j.rbce.2018.04.001

7. SÁ-SILVA, Jackson Ronie; ALMEIDA, Cristóvão Domingos de; GUINDANI JF. No Title. 2009.
8. BALL SJ. Educação Global SA: novas redes políticas e o imaginário neoliberal. *Ponta Grossa Ed UEPG*. 2014.
9. Lopes RA, Wittizorecki E, Molina Neto V. O não de raimundo silva: a pesquisa narrativa como alternativa teórico-metodológica para enfrentar o cerco imposto pelas políticas educativas do tempo presente. 2017.
10. BRASIL.Ministério da Educação. *Base nacional Comum Curricular. 3ª versão*. 2017.
11. GONZÁLEZ FJ, Bracht V. Metodologia do ensino dos esportes coletivos. *Vitória UFES, Núcleo Educ Aberta e a Distância*. 2012.
12. GONZÁLEZ FJ, DARIDO SC, OLIVEIRA AAB de. Práticas Corporais e a Organização do Conhecimento. *Mar Ed da Univ Estadual Mar*. 2014.
13. Gonzalez FJ, Schwengber MSV. *Práticas pedagógicas em Educação Física: espaço, tempo e corporeidade*. Edelbra Editora Ltda; 2012.
14. Fraga AB, Gonzalez FJ. *Afazeres da Educação Física na escola: planejar, ensinar, partilhar*. Edelbra Editora Ltda; 2012.
15. Neira MG, Nunes MLF. *Pedagogia da cultura corporal: crítica e alternativas*. 2006.
16. Neira MG. *Ensino de educação física*. Cengage Learning; 2007.
17. Neira MG. Educação Física escolar: por uma pedagogia cultural. *Cult Corpor diálogos entre Educ física e lazer*. 2009.

METODOLOGIAS PARA CONSTRUIR IDEIAS GEOMÉTRICAS DE POLÍGONOS E ÂNGULOS NO OITAVO ANO: UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA

Munhoz, C. I. F.¹

Pureza, P. C.²

¹ Mestranda no PPGSTEM, Cássia Isabel Fróes Munhoz, UERGS, cassia-munhoz@uergs.edu.br

² Mestranda no PPGSTEM, Paola Costa Pureza, UERGS Guaíba, paola-pureza@uergs.edu.br

Resumo

Nossa sociedade está presenciando um grande avanço tecnológico, com mudanças significativas a cada dia. Na educação matemática esse aspecto não é diferente. A chamada Geração Z, é majoritariamente digital, e as aulas de matemática precisam acompanhá-la. Incluir um recurso computacional na sala de aula vai ao encontro dessa necessidade. Esse trabalho apresenta uma proposta pedagógica para o ensino de alguns tópicos de Geometria Plana, como a construção de polígonos, por meio do software SuperLogo 3.0. A proposta será aplicada em uma turma de oitavo ano de uma escola Municipal de Guaíba, durante duas semanas no mês de novembro/19. Serão levados em consideração alguns conhecimentos prévios dos alunos, como ângulos internos e externos. No primeiro momento, será realizada uma sondagem. No segundo, terceiro e quarto, atividades sobre o software. E no momento final, será aplicado um pós-teste com o intuito de obtermos conclusões sobre o trabalho. Jogos, softwares e aplicativos de celular chamam a atenção dos alunos, logo é fundamental adotarmos essa tecnologia, aliando-a ao ensino da matemática. Dessa forma, contaremos com sujeitos engajados na sua formação. O professor passa de mero transmissor do conhecimento e o aluno de mero receptor do conhecimento, para agentes mediadores da aprendizagem. Esse software conta com uma linguagem de programação simples para o ambiente escolar, oportunizando aos educandos o desenvolvimento de estratégias para a resolução de atividades e estimula o pensamento computacional e o raciocínio, por meio da exploração, interação e descoberta, havendo mais significado a aprendizagem.

Palavras-chave: Geometria; LOGO; Matemática; Proposta.

METHODOLOGIES FOR BUILDING GEOMETRIC IDEAS OF POLYGONS AND ANGLES IN EIGHTH YEAR: A PEDAGOGICAL PROPOSAL

Abstract

Our society is witnessing a great technological advance, with significant changes every day. In mathematics education this aspect is not different. The so-called Generation Z is mostly digital, and math classes need to go with it. Adding a computing resource to the classroom meets this need. This paper presents a pedagogical proposal for the teaching of some Flat Geometry topics, such as the construction of polygons, using the SuperLogo 3.0 software. The proposal will be applied to an eighth grade class at a Guaíba Municipal School for two weeks in November / 19. Some prior knowledge of

the students will be taken into account, such as internal and external angles. At first, a survey will be conducted. In the second, third and fourth, software activities. And at the final moment, a post-test will be applied in order to draw conclusions about the work. Mobile games, software and applications catch the eye of students, so it is crucial that we adopt this technology, combining it with the teaching of mathematics. Thus, we will count on subjects engaged in their formation. The teacher goes from mere transmitter of knowledge and the student from mere receiver of knowledge to agents of learning. This software has a simple programming language for the school environment, enabling learners to develop strategies for solving activities and stimulates computational thinking and reasoning through exploration, interaction and discovery, with more meaning learning.

Key words: Geometry; LOGO; Mathematics; Proposal.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo relata uma proposta de trabalho, para a disciplina de Noções Epistemológicas Iniciais, do mestrado profissional pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, na qual será utilizado o software SuperLogo 3.0. Para introduzir conteúdos de geometria, considerando os conhecimentos prévios dos alunos do 8º ano, dos anos finais do ensino fundamental, em uma escola Municipal de Guaíba.

Tem-se por objetivo contribuir para uma aprendizagem significativa ao educando, promovendo um espaço para que haja conhecimento através do ensino. A aprendizagem significativa vem da teoria construtivista e cognitivista, em que o processo de aprendizagem se dá pela aquisição e retenção do conhecimento, tendo cada indivíduo o seu próprio.

Escolheu-se o SuperLogo 3.0 por ser um software com uma fácil linguagem de programação e por essa linguagem preencher os requisitos necessários para a retomada e ensino de novos conceitos na área de geometria. Serão retomados conceitos e classificação de alguns polígonos, quanto a lado e ângulos, cálculo de ângulos internos e externos. A presença de novas tecnologias é algo previsto na nova organização da BNCC, que entrará em vigor em 2020. A proposta didática pedagógica que será apresentada terá atividades para o conhecimento da linguagem SuperLogo 3.0, bem como atividades que serão necessários subsunçores e de conhecimentos novos aprendidos.

Após o término da prática educativa, os educandos envolvidos preencherão a um questionário no qual avaliarão o projeto. Espera-se que ao final, esta avaliação seja positiva e que o conhecimento proposto fique acomodado em cada discente.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Tecnologias Digitais (TD) e suas respectivas mudanças

Buscando refletir sobre a importância das tecnologias digitais no mundo em que vivemos Borba(2017), analisa as pesquisas desenvolvidas no Brasil, nos últimos 30 anos, sobre a presença das tecnologias digitais na Educação Matemática, no livro “Fases das Tecnologias Digitais em Educação Matemática”, pela qual foram classificadas em quatro fases.

A primeira fase, pelos anos 80, houve a discussão sobre o uso de calculadoras simples ou científicas e de computadores. O termo utilizado para se referir a computadores e softwares era Tecnologia da Informação (TI), foi nessa fase que o uso do software LOGO enfatizou a relação entre a linguagem de programação e o pensamento matemático. Mas já havia a preocupação com a implantação de laboratórios de informática nas escolas e a capacitação dos professores.

A segunda fase, no início dos anos 90, aqui o termo utilizado ainda é TI com muitas perspectivas entre alunos, professores e pesquisadores, muitos ainda nem usaram computadores, outros por curiosidade e ansiedade em explorar as possibilidades buscavam ferramentas/software educativos com propostas didáticas.

A terceira fase, com início em 99, veio com o advento da internet, na educação começa a ser utilizada como fonte de informação e como meio de comunicação, surgem e-mails, chats e fóruns, para formações continuadas de professores, o termo utilizado passa a ser (TIC) Tecnologia da Informação e Comunicação.

A quarta fase, atualmente, a fase que estamos vivendo, surgiu em 2014, com o surgimento da banda larga, instrumentos como computadores, notebooks, tablets, e-book reader, telefones celulares com acesso à internet e internet rápida, agora o termo utilizado passa a ser (TD) Tecnologia Digital.

Analisando as etapas tecnológicas às quais foram citadas, observamos o quanto o uso da tecnologia passou por modificações, em todas as mudanças e transformações a presença escolar se manteve presente visando o quão é importante em nossas instituições de ensino. Ficando claro aqui o quanto a tecnologia mudou e ainda mudará, assim como em nossas escolas, todos envolvidos com a educação estão em constante mudança e movimento. Nem tudo que esteja relacionado a TD está resolvido, têm-se muitos obstáculos a serem percorridos, para isso muito estudo e dedicação de todos os envolvidos.

Essa tecnologia assumiu nomes distintos que simbolizaram diferentes épocas: LOGO, informática educação matemática on-line, tecnologias da informação, tecnologias da informação e comunicação, internet, etc. Os diversificados termos utilizados enfatizaram diferentes aspectos desta tecnologia que, como o título sugere, está em movimento. (BORBA, SCUCUGLIA e GADANIS, 2017, p.16).

2.2 Influência da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

Na formulação da nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC), apresenta um conjunto de aprendizagens essenciais, trazendo a todos os alunos uma perspectiva de igualdade, diversidade e equidade para a constituição da ação escolar, indicando os conhecimentos e competências mínimas que devem ser garantidos a todos os estudantes brasileiros. Por isso existem 10 competências gerais, dentro das áreas do conhecimento que se inter-relacionam ao longo do percurso escolar da Educação Básica, são elas:

1. *Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.*

2. *Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e inventar soluções.*
3. *Desenvolver o senso estético para reconhecer, valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, e para participar de práticas de produção artístico - cultural.*
4. *Utilizar conhecimentos das linguagens verbal, corporal, multimodal, artística, matemática, científica, tecnológica e digital para expressar-se e produzir sentidos que levam ao entendimento mútuo.*
5. *Utilizar tecnologias digitais de comunicação e informação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas do cotidiano.*
6. *Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhes possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao seu projeto de vida pessoal, profissional e social, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.*
7. *Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos e a consciência socioambiental em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.*
8. *Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas e com a pressão do grupo.*
9. *Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e grupos sociais, reconhecendo-se como parte de uma coletividade com a qual deve se comprometer.*
10. *Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões, com base nos conhecimentos construídos na escola, seguindo princípios éticos democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.*

Pode-se observar que essas 10 competências primam pela autonomia do educando, esperando que se o professor trabalhe apropriadamente nas aulas, os alunos terão total independência, respeito mútuo e saberão cuidar do maior bem comum que é a sociedade e a natureza.

Agora veremos as 8 competências que norteiam o ensino da matemática na educação básica:

1. *Reconhecer que a Matemática é uma ciência humana, fruto das necessidades e preocupações de diferentes culturas, em diferentes momentos históricos, e é uma ciência viva, que contribui para solucionar problemas científicos e tecnológicos e para alicerçar descobertas e construções, inclusive com impactos no mundo do trabalho.*

2. *Desenvolver o raciocínio lógico, o espírito de investigação e a capacidade de produzir argumentos convincentes, recorrendo aos conhecimentos matemáticos para compreender e atuar no mundo.*
3. *Compreender as relações entre conceitos e procedimentos dos diferentes campos da Matemática (Aritmética, Álgebra, Geometria, Estatística e Probabilidade) e de outras áreas do conhecimento, sentindo segurança quanto à própria capacidade de construir e aplicar conhecimentos matemáticos, desenvolvendo a autoestima e a perseverança na busca de soluções.*
4. *Fazer observações sistemáticas de aspectos quantitativos e qualitativos presentes nas práticas sociais e culturais, de modo a investigar, organizar, representar e comunicar informações relevantes, para interpretá-las e avaliá-las crítica e eticamente, produzindo argumentos convincentes.*
5. *Utilizar processos e ferramentas matemáticas, inclusive tecnologias digitais disponíveis, para modelar e resolver problemas cotidianos, sociais e de outras áreas de conhecimento, validando estratégias e resultados.*
6. *Enfrentar situações-problema em múltiplos contextos, incluindo-se situações imaginadas, não diretamente relacionadas com o aspecto prático-utilitário, expressar suas respostas e sintetizar conclusões, utilizando diferentes registros e linguagens (gráficos, tabelas, esquemas, além de texto escrito na língua materna e outras linguagens para descrever algoritmos, como fluxogramas, e dados).*
7. *Desenvolver e/ou discutir projetos que abordem, sobretudo, questões de urgência social, com base em princípios éticos, democráticos, sustentáveis e solidários, valorizando a diversidade de opiniões de indivíduos e de grupos sociais, sem preconceitos de qualquer natureza.*
8. *Interagir com seus pares de forma cooperativa, trabalhando coletivamente no planejamento e desenvolvimento de pesquisas para responder a questionamentos e na busca de soluções para problemas, de modo a identificar aspectos consensuais ou não na discussão de uma determinada questão, respeitando o modo de pensar dos colegas e aprendendo com eles.*

Observando as competências específicas para a área da Matemática remetemo-nos a um ensino inovador, tecnológico e principalmente que primam por um conhecimento amplo de mundo, em que o educando não exerce somente o papel passivo no processo ensino-aprendizagem, que também desempenha um papel ativo, sendo assim autor do seu próprio conhecimento e processo de aprendizagem.

2.3 Introdução Teórica

É inegável que os AIA (Ambientes Informatizados de Aprendizagem) favorecem o desenvolvimento dos alunos, não somente nas aulas de matemática como de outras áreas do conhecimento, sendo que a presença da informática no ambiente escolar contribui ricamente para o melhor desempenho do aluno, facilitando assim o processo ensino e aprendizagem. Visto que os alunos atuais convivem com a tecnologia no seu cotidiano, dentro e principalmente fora do ambiente escolar.

Ao escolher uma ferramenta educacional que seja interessante ao aluno, pode-se obter um resultado melhor do que o esperado, possibilitando assim uma aprendizagem mais significativa e gratificante ao educando. Segundo Andreatta,

quando se trata de aprendizagem significativa (AS), deve-se levar em consideração as concepções de Ausubel, onde primeiramente pressupõe-se um conhecimento prévio, para que não se tenha um aprendizado mecanizado e repetitivo, em segundo, ensinar algo relevante, ainda que considerando a subjetividade de tal termo. De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais:

Quanto aos softwares é fundamental que o professor aprenda a escolhê-los em função dos objetivos que pretende atingir e de sua própria concepção de conhecimento e aprendizagem, distinguindo os que prestam mais a um trabalho dirigido para testar conhecimentos dos que procuram levar o aluno a interagir com o programa de forma a construir o conhecimento. (PCN,1997,47)

O SuperLogo pode ser considerado um jogo geométrico, visto que utilizado de acordo com nossos objetivos, desenvolve a habilidade de observação e o pensamento lógico, onde trabalhamos figuras geométricas planas, semelhança de figuras, ângulos e polígonos. Tendo uma linguagem de programação de grande escala e com grande flexibilidade, diferente da maioria das linguagens de programação, pode-se programar com facilidade. Sabe-se ainda que as crianças usam tecnologia com grande habilidade e essa aprendizagem pode mudar a maneira com que elas conheçam as outras coisas, desempenhando a tecnologia um papel essencial na educação.

Nessa concepção, é chegado o momento em nossas escolas precisam se adaptar a essas mudanças de comportamento da sociedade e adequar os seus currículos para a utilização das novas tecnologias, as Tecnologias Digitais (TD), pensando desta forma vê-se a necessidade dos profissionais da educação se capacitarem e se apropriarem de softwares educacionais para serem utilizados em suas aulas.

A utilização de jogos em qualquer área do conhecimento, não diferente na matemática, requer que o educador tenha claro e bem definido o objetivo pedagógico, primando assim a aprendizagem e a participação do educando. Pois é dado ao professor o papel de condutor e só poderá exercer tal função com maestria se tiver total entendimento do jogo, bem como suas regras, funções e possíveis mudanças de “padrão”. Há tempo que o professor deixou de ser o único detentor do conhecimento em uma sala de aula, por isso a necessidade dele ter uma compreensão concreta e precisa sobre o jogo que utilizará como ferramenta em sua classe, visto que a qualquer momento um aluno possa intervir e fazer questionamentos dos quais possa não saber como orientá-los.

Sendo assim, a utilização de jogos como tecnologia mediadora na relação entre ensino e aprendizagem, com objetivo bem definido podem ser utilizados na introdução de novos conceitos, na compreensão, na fixação e na retomada de conceitos já trabalhados com os aprendizes, pois além de trabalharem com os conhecimentos prévios, ao jogar, o aluno adquire novos conhecimentos, fazem novas descobertas, podemos então afirmar que os jogos são educativos.

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais:

Finalmente, um aspecto relevante nos jogos é o desafio genuíno que eles provocam no aluno, que gera interesse e prazer. Por isso, é importante que os jogos façam parte da cultura escolar, cabendo ao professor analisar e avaliar a potencialidade educativa dos diferentes jogos e aspecto curricular que se deseja desenvolver. (PCN,1997,49)

2.4 História do SuperLogo

A linguagem LOGO foi desenvolvida nos EUA, no Massachusetts Institute of Technology (MIT), na década de 60, a partir de pesquisas feitas pelos Matemáticos Seymour Papert e Wallace Feurzeig, diretor da MIT. Diz-se que foi durante um jantar informal que surgiu a ideia de criar uma linguagem de programação para substituir o Basic, foi que então nasceu o Logo, uma linguagem capaz de processar listas e criar novos procedimentos.

Nessa época, o Logo não possuía uma interface gráfica, pois os computadores não tinham essa habilidade, o que impossibilitou a sua implementação. Por trabalhar com Jean Piaget, Seymour Papert passou a ter uma nova perspectiva sobre como a criança aprende, foi onde passou a ter uma visão epistemológica Piagetiana, onde a criança possui papel ativo na sua aprendizagem, aprendendo de acordo com suas próprias experiências, calcada na assimilação e acomodação, quando na assimilação a mente não se modifica e só resulta um processo cognitivo quando a mente se modifica, havendo então o processo de acomodação, ocorrendo então a aprendizagem.

2.5 Aplicação do Trabalho com SuperLogo 3.0

A escolha para um trabalho com o SuperLogo 3.0 foi porque além de trabalhar com a linguagem de programação e pensamento computacional, também podemos construir polígonos.

No primeiro momento, serão realizadas perguntas iniciais (sondagem). O objetivo desse momento é verificar quais são os subsunçores dos alunos. Serão apresentadas as seguintes questões:

1. O que você sabe ou o que já aprendeu de geometria até o momento? Faça uma lista dos conteúdos que você conhece de geometria.
2. Quais são suas expectativas quanto ao desenvolvimento das aulas de geometria usando o Software SuperLogo 3.0?
3. O que você gostaria de aprender usando esse recurso?
4. Você acha que as aulas de matemática serão mais interessantes usando um recurso computacional?
5. Em geometria, usando papel e instrumentos de desenho, quais são suas maiores dificuldades?
6. O que você sabe sobre ângulos?

Na etapa seguinte, segundo momento, o aluno irá conhecer o software SuperLogo 3.0, versão em português, produzida pelo NIED (Núcleo de Informática Educativa à Educação) da Universidade de Campinas, gratuita e disponível para download em: <https://www.nied.unicamp.br/biblioteca/super-logo-30/>. Será explicado que a tartaruga é um cursor gráfico que aparece no centro da tela gráfica. Para fazer desenhos basta movimentá-la na tela de modo que ela deixe rastro pelo seu caminho. Há quatro comandos básicos que movimentam a tartaruga:

Comando	Função
PF	Caminha para frente
PT	Caminha para trás
PD	Gira à direita conforme o ângulo especificado em graus
PE	Gira à esquerda conforme o ângulo especificado em graus

Figura 1 – Principais Comandos do software

Os comandos PF e PT alteram a posição da tartaruga e os comandos PD e PE a sua orientação (ângulo). Assim, ao utilizar esses comandos é necessário especificar o número de passos ou a medida do grau do giro que a tartaruga irá executar. No SuperLogo para cada 1 (um) centímetro, tem-se 50 passos da tartaruga, ou seja, 50 pixels.

A tartaruga é definida por uma posição em relação a um sistema de coordenadas cartesianas (x,y) cujo ponto (0,0) representa o centro da tela gráfica.

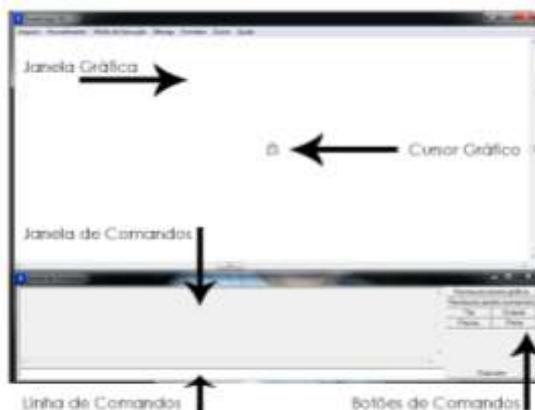


Figura 2 - Interface do SuperLogo 3.0

Há, também, outros comandos utilizados e importantes para o funcionamento do software:

Comando	Função
UN	A tartaruga se movimenta sem deixar rastros.
UB	Apaga o traço na tela feito pela tartaruga.
UL	A tartaruga retorna a movimentar-se desenhando os traços.
DT	A tartaruga fica invisível.
AT	A tartaruga volta a ser visível.
TAT	Limpa a tela, recoloca a tartaruga no centro da tela.

Figura 3 – Outros Comandos do SuperLogo 3.0

Já em um terceiro momento, serão apresentadas as atividades iniciais com o objetivo que o aluno se familiarize com o recurso e entenda como a Tartaruga se orienta e se locomove, tais como:

1. Insira (digite) na Linha de Comandos PF 100 e observe o resultado que a Tartaruga irá realizar. *(Nesse momento, o objetivo com a atividade é que o aluno compreenda que a tartaruga irá caminhar 2 cm, ou seja, ela andar 100 passos para frente a partir do local em que ela esteja posicionada)*



Figura 4 – Resultado gráfico da atividade

2. Agora, dando sequência a atividade anterior, escreva (digite) PT 50 e observe o caminho percorrido pela Tartaruga (TAT). *(Neste caso, é almejado que o aluno entenda e perceba que o cursor, a Tartaruga, irá caminhar 50 passos, ou seja, 1 cm, para trás a partir da posição onde ela se encontra na tela)*
3. Após treinar e compreender os comandos anteriores, digite PD 90 e veja o que a TAT irá realizar após a inserção do comando. *(Nessa atividade, ao inserir o comando PD 90, deseja-se que o aluno perceba que a tartaruga se movimentará, dando um giro de 90° para a direita. É interessante mostrar para o aluno que um referencial bom para o esse entendimento é reparar na posição da “cabeça” da tartaruga e ver para onde ela girou)*



Figura 5 – Resultado gráfico da atividade

Logo após a construção de cada uma das figuras acima, será discutido com os alunos a realização da atividade e solicitada a atividade 2, constituída das questões seguintes:

- Em duplas, caminhe pela sala, formando um triângulo equilátero, conforme orientação do colega. Anote, no papel, essas orientações.
- Escreva um procedimento (algoritmo), no papel, para que uma pessoa ande de um ponto a outro formando um retângulo?
- Agora, dê essa ordem (do exercício acima) para a TAT construir um retângulo usando 300 passos e 150 passos. Escreva no papel.
- Verifique o que você escreveu, exercício anterior, no software SuperLogo, com o objetivo de validar a sua resposta. Caso não dê certo, verifique e tente encontrar onde você errou.
- No SuperLogo, determine uma sequência de comandos e construa um retângulo que tenha 5 cm de base e 3 cm de altura.
- Construa também, no SuperLogo, um quadrado cujo lado mede 8 cm. Após, divida esse quadrado em dois triângulos retângulos.
- Peça para TAT construir um pentadecágono regular.

A próxima atividade, atividade 3, será a construção dos mesmos polígonos da Atividade 1, mas com a utilização de um novo comando, o comando *REPITA*.



Figura 7 – Exemplo do hexágono regular com o comando REPITA

Com o término das atividades anteriores, será oferecido aos alunos a tabela abaixo, atividade 4, onde será solicitado que o aluno a preencha levando em consideração o que desenvolveu até o momento:

Polígono Regular	Número de Lados	Ângulos Externos	Ângulos Internos	Linha de Comando (Syntax)
Triângulo	3	$360^\circ:3=120^\circ$	$180^\circ-120^\circ=60^\circ$	REPITA 3 [PF 100 PD 120]
Quadrilátero				
Pentágono				
Hexágono				
Heptágono				
Octógono				
Enelágono				
Decágono				
Dodecágono				
Icoságono				

Figura 8– Modelo de atividade

Em seguida, após o término e discussão do quadro, Figura 8, serão propostas as seguintes questões com o objetivo de analisar a aprendizagem dos alunos e ver se o que foi proposto até o momento foi acomodado em cada um:

- O que é um polígono regular?
- Observe e analise o número de lados de um polígono e a medida do seu ângulo externo. Qual a conclusão que você tem sobre isso? As grandezas em questão são diretamente ou inversamente proporcionais? Explique.
- Para construir um polígono regular, usando o SuperLogo 3.0, qual ângulo se deve usar para fazer a tartaruga se posicionar: externo ou interno? Por quê?
- Escreva uma fórmula para calcular a medida do ângulo externo de um polígono regular.
- Você sabe como descobrir a medida do ângulo interno de um polígono? Explique.
- Analisando a tabela que você completou na atividade 4, é possível construir um círculo usando o SuperLogo 3.0 e o comando REPITA? Explique? Teste usando o software.

Para a conclusão da proposta didática, será realizado um pós-teste, com o intuito de comparar com as respostas dos alunos obtidas na sondagem (perguntas iniciais), verificando as dificuldades ainda existentes pelos alunos e o que houve de acréscimo em seu aprendizado. As questões abordadas no pré-teste e no pós-teste estão de acordo com a idade, ano dos alunos, conteúdos desenvolvidos e objetivos almejados. Serão aplicadas no pós-teste as seguintes questões:

- O que você sabe de geometria até o momento? Faça uma lista dos conteúdos que você conhece de geometria.
- Suas expectativas iniciais foram atingidas usando o Software SuperLogo 3.0? Justifique sua resposta.
- O que você gostaria de aprender usando esse recurso, foi realizado?
- Você acha que as aulas de matemática se tornam mais interessantes usando um recurso computacional?

- O que você sabe sobre ângulos agora, após o uso do SuperLogo?
- Quais foram suas maiores dificuldades ao utilizar o software?
- Você achou válida a realização dessas atividades?
- Analisando tudo o que foi desenvolvido durante as aulas, você considera mais interessante e fácil realizar as construções geométricas no papel ou utilizando um recurso computacional?

A tartaruga é um animal cibernético controlado pelo computador. Ela existe dentro das miniculturas cognitivas do “ambiente LOGO”, sendo LOGO a linguagem computacional que usamos para nos comunicar com a Tartaruga. Essa Tartaruga serve ao único propósito de ser fácil de programar e boa para se pensar. Algumas Tartarugas são objetos abstratos que vivem nas telas dos computadores. Outras, como as Tartarugas que andam no chão são objetos físicos e podem ser manuseadas como qualquer outro brinquedo mecânico. Um primeiro encontro quase sempre começa mostrando-se à criança como a Tartaruga pode ser compelida a se movimentar através da digitação de comandos num teclado. (Papert, 1980, 26 - 27)

3 CONCLUSÃO

O presente trabalho não foi apresentado aos educandos, estando prevista a aplicação nas duas primeiras semanas, do mês de novembro, do corrente ano. Mas a conclusão da pesquisa feita sobre o software, possibilitou uma reflexão a respeito da função do professor. Sendo de extrema importância no desempenho da aprendizagem do aluno. É válido salientar a importância de um bom planejamento de atividades e questionamentos sobre o desenvolvimento das aulas, sempre proporcionando aos alunos autonomia, no qual o próprio educando decide a melhor estratégia, sem se prender em respostas prontas apresentadas em livros ou pelo professor.

REFERÊNCIAS

ANDREATTA, L. C.; RAMOS, F.S. **O estudo de estruturas hiperestáticas à luz da teoria da Aprendizagem Significativa**. Revista Liberato, Novo Hamburgo, v.18, n.29, p.01-132, jan/jun. 2017.

BORBA, M.C.; SCUCUGLIA, R. R. S.; GADANIS, G. **Fases das Tecnologias Digitais em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2017.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs)**. Matemática. Ensino Fundamental. Brasília: MEC/SEF, 1997.

GOODYEAR, P. **LOGO: Introdução ao poder do ensino através da programação**. Rio de Janeiro: Campus LTDA, 1986.

PAPERT, S. **LOGO: Computadores e Educação**. São Paulo: Brasiliense s.a., 1980.

PIAJET, J. **O Nascimento da Inteligência na Criança**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

TAROUCO, L. M. R. **Objetos de Aprendizagem: teoria e prática**. Porto Alegre: CINTED/UFRGS, 2014.

RESSIGNIFICAÇÃO DOS CONCEITOS DE QUÍMICA NO ENSINO MÉDIO, ATRAVÉS DO ASSUNTO ELETRONEGATIVIDADE

de Oliveira, M. A. M.¹
Migliorini, M. V.²

¹ Mestrando, Prof. Espec. em Educação em Química, **Marco Antônio Moreira de Oliveira**, UERGS, marco-oliveira01@uergs.edu.br.

² Doutor em Química, Prof. Adj. Ciências Químicas, **Marcelo Vieira Migliorini**, UERGS, marcelo-migliorini@uergs.edu.br.

RESUMO

Esta pesquisa tem como objetivo ressignificar os conceitos de Química, que possam ser melhor atendidos, no que tange a um entendimento robusto e significativo, a partir do assunto de eletronegatividade, e que podem ser expandidos para outros níveis de abstração do conhecimento pelo aluno. Através de uma releitura conceitual, poderemos possibilitar que os alunos interajam diretamente com uma situação prática em sala de aula, construindo o conhecimento teórico através desta ressignificação, de forma a sistematizar determinados saberes, estimulando, conforme Vygotsky, a construção dos significados através da experiência proposta (meio). Buscamos que com esta ressignificação, seja possível construir junto com os educandos, um alinhamento químico conceitual, um melhor entendimento e maior poder de absorção dos conhecimentos pelos alunos. Além de ressignificar, agregar valor aos conceitos ensinados, criando modelos de explicação, mais alinhados e direcionados, conforme preveem as legislações educacionais brasileiras, sem destoar do preconizado. Pretende-se demonstrar a interação conceitual, desta ressignificação, abrangendo a sistemática de relação conceitual entre os programas do ensino de química, no nível médio. Finalizando então, com a criação de uma ressignificação qualitativa e quantitativa de forma didática, que envolve: a Química, por trás dos seus conceitos e, por fim, a Epistemologia, pelo processo construtivo conceitual, pelo viés do caráter filosófico ao ideológico.

Palavras-chaves: *Ligação química, Estabilidade, Conceitos Ressignificados, Aplicação prática.*

RESIGNIFICATION OF CHEMICAL CONCEPTS IN HIGHER EDUCATION THROUGH ELECTRONEGATIVITY

ABSTRACT

This research aims to redefine the concepts of Chemistry, which can be better met, regarding a robust and meaningful understanding, from the subject of electronegativity, and which can be expanded to other levels of abstraction of knowledge by the student. Through a conceptual rereading, we can enable students to interact directly with a practical situation in the classroom, building theoretical knowledge through this resignification, in order to systematize certain knowledge, stimulating, according to Vygotsky, the construction of meanings through the proposed experience. (middle). We seek that with this resignification, it will be possible to build together with the students, a conceptual chemical alignment, a better understanding and greater absorption of knowledge by students. In addition to reframing, adding value to the concepts taught, creating models of explanation, more aligned and targeted, as provided for in Brazilian educational laws, without departing from the recommended. It is intended to demonstrate the conceptual interaction of this resignification, encompassing the systematic of conceptual relationship between chemistry teaching programs at the secondary level. Finally, with the creation of a qualitative and quantitative resignification in a didactic way, which involves: Chemistry, behind its concepts and, finally, Epistemology, by the conceptual constructive process, by the bias of the philosophical to the ideological character.

Keywords: Chemical Bonding, Stability, Reframed Concepts, Practical Application.

1) INTRODUÇÃO

O aprendizado das disciplinas científicas, forma nos mais diferenciados sistemas de construção de conhecimento pelos alunos de ensino no nível médio, a relação dos aprendizados correlacionados. São eles: os sociais, do senso comum, do cotidiano e científicos. (LOPES, 1999) Reconhecer o quanto é importante ensinar de forma

correta, de forma lúdica e prática, não quer dizer que sejam os conceitos da Química, apresentados da mesma forma, como são apresentados hoje, sem uma devida ressignificação conceitual mais abrangente, levando como referência, a base da eletronegatividade. Tanto os professores e alunos, como os autores de livros/materiais didáticos devem utilizar o poder do saber, para melhor correlacionar e aproximar aos alunos, de uma coerência conceitual prática e objetiva, onde estes, possam construir de forma inteligente e direta, o saber da nova ressignificação.(BIZZO, 1998)

A questão de transpor didaticamente ou recontextualizar e dentro da proposta, ressignificar conceitualmente, promove uma diferenciação nos diferentes saberes, como transformar o objeto de ressignificação em objeto de ensino. Cabe ressaltar, que o viés científico é diferente da construção do conhecimento escolar. O primeiro, vem pela premissa, de ser a base que formatará o conhecimento escolar, com base na ressignificação.

Não há o que se negar, nessas informações que vêm dos livros de referência didática aos alunos do ensino de nível médio, pois sendo estes, uma reprodução tal e qual do que se digna os parâmetros curriculares nacionais, a correlação/ressignificação conceitual do ensino da Química, a partir do conceito de Eletronegatividade, passa a ser uma realidade viável de construção conceitual consistente e ampla.(DOMINGUINI, 2008)

O conceito de eletronegatividade foi introduzido por J. J. Berzelius, em 1811, que o definiu como sendo a capacidade que um átomo tem de atrair para si os elétrons. Linus Pauling aprofundou os estudos de Berzelius e, em 1931, propôs a primeira escala de eletronegatividade. A partir daí, propõe-se que a ressignificação venha ao encontro de uma melhor relação conceitual.

2) RESULTADOS E DISCUSSÕES

A avaliação inicial com base na Ressignificação conceitual dos ensinamentos de Química no ensino do nível médio, deverá varrer toda a base conceitual, unificando

uma relação mais direta, com base na Eletronegatividade, que venha a mostrar todas as interações desta referência, como pode, de forma simplificada o mapa conceitual abaixo, demonstrando, de forma resumida, como será desenvolvida a ressignificação, com base em demais conceitos de referência que embasam a eletronegatividade.

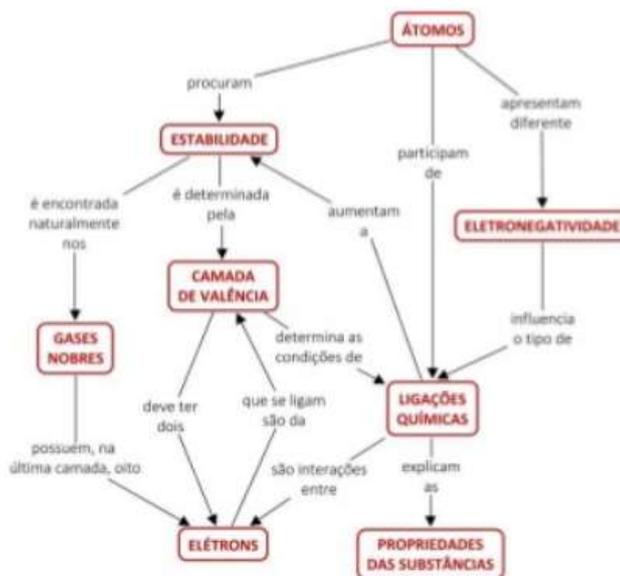


Figura 1 – Mapa conceitual simplificado, da base de ressignificação conceitual com base na eletronegatividade.

3 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo da construção histórica do conceito de eletronegatividade foi possível perceber que eletronegatividade é uma propriedade relativa e que só faz sentido falar nela quando átomos de elementos químicos diferentes formam uma ligação e, que eletronegatividade se refere a um átomo numa molécula. Espera-se que com esta ressignificação, com base no conceito de eletronegatividade, mesmo que de forma simples, é possível demonstrar que funciona o embasamento, e que possa vir a direcionar a tendência do entendimento na relação do ensino e aprendizagem, proporcionando uma relação conceitual, mais direcionada à prática do ensino da Química, privilegiando aos alunos do ensino do nível médio, uma melhor performance na aplicação e no desenvolvimento conceitual, na sua construção do conhecimento.

REFERÊNCIAS

1. Lopes, A. R. C.; **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**, EdUFRJ: Rio de Janeiro, 1999.
2. Bizzo, N.; **Ciência fácil ou difícil?** Ed. Ática: São Paulo, 1998.
3. Domingui, L. A.; **Revista Eletrônica de Ciências da Educação**, 2008, 7, 1.
4. Pauling, L.; **The nature of the Chemical Bond**, 3rd ed., Cornell University Press: Ithaca, 1960.
5. Mülliken, R. S. J.; **J. Chem. Phys.** 1934, 782.
6. Allred, A. L.; Rochow, E. G.; **J. Inorg. Nucl. Chem.** 1958, 5, 264.
7. Sanderson, R. T. A.; **Science** 1951, 114, 670.
8. Pearson, R. G.; **Acc. Chem. Res.** 1990, 23, 1.
9. Keyan, L; Dongfeng, X.; **Chinese Science Bulletin** 2009, 54, 328.
10. Sanderson, R. T.; **J. Chem. Educ.** 1988, 65, 112.
11. Franzolin, F.; **Dissertação de Mestrado**, Universidade de São Paulo, Brasil, 2007.
12. Lopes, A. R. C.; **Quim. Nova** 1992, 15, 254.
13. Lopes, A. R. C.; **Química Nova na Escola** 1996, nº 4, 22.
14. Balbino, K. C. M.; **VII Encontro de Iniciação Científica da FAMINAS**, Muriaé, Brasil, 2004.
15. Niaz, M.; **Int. J. Sci. Educ.** 2001, 23, 623.