

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

ENGENHA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação

Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta
(Organizadores)

ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação



Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Engenharias: pesquisa, desenvolvimento e inovação

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadores: Henrique Ajuz Holzmann
João Dallamuta

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharia: pesquisa, desenvolvimento e inovação /
Organizadores Henrique Ajuz Holzmann, João
Dallamuta. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0481-1
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.811220208>

1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz
(Organizador). II. Dallamuta, João (Organizador). III. Título.
CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente nos mais diversos ramos do conhecimento, é o do saber multidisciplinar, aliando conceitos de diversas áreas. Hoje exige-se que os profissionais saibam transitar entres os conceitos e práticas, tendo um viés humano e técnico.

Neste sentido este livro traz capítulos ligados a teoria e prática em um caráter multidisciplinar, apresentando de maneira clara e lógica conceitos pertinentes aos profissionais das mais diversas áreas do saber.

Apresenta temas relacionados as áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril. Destaca-se ainda a busca da redução de custos, melhoria continua e automação de processos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradeço pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

João Dallamuta

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA, TEMPO DE DISSOLUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DTPA NA DISSOLUÇÃO DE INCRUSTAÇÃO DE SULFATO DE BÁRIO

Geizila Aparecida Pires Abib
Georgiana Feitosa da Cruz
Alexandre Sérvulo Lima Vaz Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202081>

CAPÍTULO 2..... 18

PROCESSAMENTO CERÂMICO DE COMPÓSITOS DE ALUMINA E CA6

Daniele Rodrigues Freitas
José Manuel Rivas Mercury
Antonio Ernandes Macêdo Paiva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202082>

CAPÍTULO 3..... 25

ANÁLISE DE MECANISMOS

Gabrieli Mesquita de Araujo
Hermano Ranieri Quirino Kubaski
Wesley Costa Bueno

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202083>

CAPÍTULO 4..... 39

SELECTIVE DISPERSION OF STYRENE-BUTADIENE CROSS-LINKED WASTE IN THE POLYSTYRENE MATRIX: A TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY (TEM) RESEARCH

Carlos Bruno Barreto Luna
Elieber Barros Bezerra
Divânia Ferreira da Silva
Eduardo da Silva Barbosa Ferreira
Edcleide Maria Araújo
Amanda Dantas de Oliveira
Renate Maria Ramos Wellen

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202084>

CAPÍTULO 5..... 53

ENERGY AND COVID-19 – ANALYSIS OF THE IMPACT ON THE GLOBAL ENERGY MATRIX

Luiz Antonio Ferrari
Leni M. P. R Lima
Elaine A. Rodrigues
Maria Aparecida M. G. Pereira
Jamil M. S. Ayoub
José A. Seneda

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202085>

CAPÍTULO 6..... 67

CERVEJA ESTILO CATHARINA SOUR: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Isabella Tauchert da Luz
Vicente Damo Martins da Silva
Janayne Sander Godoy
Cristiano Reschke Lajús
Gustavo Lopes Colpani
Josiane Maria Muneron de Mello
Francieli Dalcanton

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202086>

CAPÍTULO 7..... 77

AGUAPÉ: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO

Kaio Machado Santos
Pedro Lúcio Bonifacio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202087>

CAPÍTULO 8..... 88

MELHORAMENTO DE RODOVIAS DE TERRA: UM ESTUDO DE CASO

Rafael Pacheco dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202088>

CAPÍTULO 9..... 105

ANÁLISE DE METODOLOGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM APLICADAS NO EGRESSO DA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PARTE 1

Fabiola Silva Bezerra
Wallace Rodolfo Lopes da Silva
Karina Silva Campos
Camila Figueiredo Vasconcelos Vidal

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8112202089>

CAPÍTULO 10..... 117

PLANEJAR PARA OTIMIZAR RECURSOS: APLICANDO A METODOLOGIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM BRINQUEDOS (ABB)

Fabiola Silva Bezerra
Alaine Cardoso Silva
Luciano Guimarães Garcia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020810>

CAPÍTULO 11 126

CLOUD QOX: ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN. APROXIMACIÓN EN EDUCACIÓN

Rosa Mora
Julián Fernández-Navajas
José Ruiz-Mas

Ana Cebollero
Patricia Chueca
Marta Lampaya

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020811>

CAPÍTULO 12..... 145

**UTILIZAÇÃO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE
MODELAGEM APLICADA A CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS**

Rafael Garlet de Oliveira
Thiago Javaroni Prati
Luan Cizeski de Lorenzi
Antonio Ribas Neto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020812>

CAPÍTULO 13..... 156

**OSTEORRADIONECROSE MANDIBULAR APÓS IMRT PARA CÂNCER DE CABEÇA E
PESCOÇO**

Maria Cândida Dourado Pacheco Oliveira
Danilo Viegas da Costa
Caio Fernando Teixeira Portela
Tarcísio Passos Ribeiro Campos
Arno Heeren de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020813>

CAPÍTULO 14..... 168

**ANÁLISE PARA ATENUAÇÃO DE RISCOS DE CHOQUE ELÉTRICO E INCÊNDIOS
EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORADIAS DE BAIXA RENDA EM CIDADE
UNIVERSITÁRIA**

Márcio Mendonça
Marta Rúbia Pereira dos Santos
Fábio Rodrigo Milanez
Wagner Fontes Godoy
Rodrigo Henrique Cunha Palácios
Marco Antônio Ferreira Finocchio
Carlos Alberto Paschoalino
Francisco de Assis Scannavino Junior
Vicente de Lima Gongora
Lucas Botoni de Souza
Michele Eliza Casagrande Rocha
José Augusto Fabri

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020814>

CAPÍTULO 15..... 181

A RESIDÊNCIA EM SOFTWARE NO BRASIL

Alessandro Silveira Duarte
José Augusto Fabri
Alexandre L'Erario

Rodrigo Henrique Cunha Palácios
José Antonio Gonçalves
Marta Rubia Pereira dos Santos
Márcio Mendonça
Michelle Eliza Casagrande Rocha
Emanuel Ignacio Garcia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.81122020815>

SOBRE OS ORGANIZADORES	197
ÍNDICE REMISSIVO	198

CAPÍTULO 1

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA, TEMPO DE DISSOLUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DE DTPA NA DISSOLUÇÃO DE INCRUSTAÇÃO DE SULFATO DE BÁRIO

Data de aceite: 04/07/2022

Geizila Aparecida Pires Abib

Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (LENEP), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Macaé, Rio de Janeiro, Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-5831-9044>

Georgiana Feitosa da Cruz

Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (LENEP), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Macaé, Rio de Janeiro, Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-2116-2837>

Alexandre Sérvulo Lima Vaz Junior

Laboratório de Engenharia e Exploração de Petróleo (LENEP), Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF)
Macaé, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO: Em poços de petróleo *offshore*, é muito comum realizar injeção de água do mar através de poços de injeção para recuperação de hidrocarbonetos. Quando a água do mar, rica em íons sulfato, se mistura com a água de formação, cuja composição pode conter cátions bivalentes, como bário e cálcio, muitas vezes leva à formação de sais de sulfato devido à sua incompatibilidade química. Esses sais podem causar sérios danos em poços de produção. O sulfato de bário (BaSO_4) é a incrustação mais problemática e pode causar muitas complicações. Para resolver este problema, são utilizados ácidos policarboxílicos, como o ácido dietileno

triamina pentaacético. Assim, o foco principal deste trabalho foi desenvolver um procedimento experimental para estudar a dissolução de BaSO_4 . Inicialmente, por meio de testes estáticos para entender a relação entre concentração da solução removedora, temperatura e tempo de dissolução, e depois por meio de testes dinâmicos em reservatórios de arenito. Com base nos resultados obtidos, nos testes estáticos, a melhor condição para a dissolução da barita foi em altas temperaturas (80 °C) e tempo de contato de 48 horas, pois a partir de 50 °C há um aumento na taxa de dissolução, associado a um longo tempo de contato entre a solução removedora e a barita. Nos testes dinâmicos, após a formação de incrustações, a barita pode ser removida, mas a alta concentração de DTPA deve ser evitada.

PALAVRAS-CHAVE: Incrustação mineral, barita, reservatório de petróleo, dano à formação.

EVALUATION OF TEMPERATURE, DISSOLUTION TIME, AND DTPA CONCENTRATION IN THE BARIUM SULFATE SCALE DISSOLUTION

ABSTRACT: In offshore oil wells, it is very common to perform seawater injection through injection wells for hydrocarbon recovery. When seawater, rich in sulfate ions, mixes with formation water, whose composition can contain divalent cations such as barium and calcium, it often leads to sulfate salts formation due to their chemical incompatibility. These salts can cause serious damage in production wells. The barium sulfate (BaSO_4) is the most problematic scale and may cause many complications. To solve this issue, polycarboxylic acids, such as diethylene

triamine pentaacetic acid, are used. Thus, the primary focus of this work was to develop an experimental procedure to study BaSO₄ dissolution. Initially, through static tests to understand the relationship between dissolver concentration, temperature, and dissolution time, and then through dynamic tests in sandstone reservoirs. Based on the results obtained, in the static tests, the best condition for barite to dissolve was at high temperatures (80 °C) and a contact time of 48 hours, since from 50 °C there is an increase in dissolution rate, associated with a long contact time between dissolver and barite. In the dynamic tests, barite could be removed after scale formation, but the high DTPA concentration should be avoided.

KEYWORDS: Mineral scale, barite, oil reservoir, formation damage.

1 | INTRODUÇÃO

Durante a fase de produção de petróleo, a energia primária do reservatório precisa ser complementada, sendo necessário o processo de recuperação secundária. A injeção de água através de poços é a prática mais comum e, em produções *offshore*, geralmente é injetada água do mar (SW), que é rica em íon sulfato (SO₄²⁻). Por outro lado, o reservatório está saturado com água de formação (FW), que contém íons divalentes, como bário (Ba²⁺) e cálcio (Ca²⁺). Portanto, a mistura entre essas águas incompatíveis, dentro dos poros da rocha, pode promover a deposição de incrustações minerais, que consistem em sal com baixa solubilidade em água (Dunn et al. 1999, Shaw et al. 2012, Bin Merdhan e Yassin 2008a).

As deposições por sais insolúveis (*mineral scale*) mais comumente encontradas em ambientes de produção de petróleo são: sulfato de cálcio (CaSO₄), carbonato de cálcio (CaCO₃), sulfato de bário (BaSO₄), sulfato de estrôncio (SrSO₄), carbonato de ferro II (FeCO₃) e hidróxido de ferro II [Fe(OH)₂], sendo que o sulfato de bário (BaSO₄) é o de mais difícil remoção por ser o mais insolúvel em água, com coeficiente de solubilidade de cerca de 2,5 mg/L a 25 °C (Gomes et al., 2002; Kalfayan, 2008).

A formação de sais insolúveis, que se depositam nos poros da rocha e nos equipamentos de produção, pode reduzir ou bloquear a garganta dos poros da rocha e danificar diversos tipos de equipamentos, causando prejuízos financeiros subsequentes. A região próxima aos poços produtores é a mais afetada (Economides e Nolte 2000, Mackay 2003, Mackay et al. 2003, Kalfayan 2008). Assim, quando se descobre o potencial de incrustação do sistema de produção, é necessário utilizar métodos preventivos e/ou corretivos para combater o problema com o intuito de diminuir intervenções no reservatório.

O controle de incrustações por aplicação de inibidores químicos é normalmente utilizado como método preventivo e consiste em injeções de substâncias que são capazes de controlar a formação de incrustações, evitando estágios de formação de cristais, como nucleação, crescimento de cristais e dispersão. A prevenção de incrustação, normalmente, utiliza os tratamentos de compressão em que os inibidores são injetados no poço de produção. No entanto, existem cenários em que a inibição de incrustações por si só não é

suficiente, podendo ocorrer a formação de depósitos de incrustações. Em alguns casos, é necessária uma combinação de métodos preventivos e corretivos. Este último consiste em remover os danos existentes seja por técnicas mecânicas (moagem, jateamento, fratura de incrustações) ou produtos químicos (tratamentos por ácidos inorgânicos ou ácidos policarboxílicos) (Bellarby 2009, Tomson et al. 2003, Reis et al. 2011, Fink 2012).

A incrustação de barita é muito dura e somente ácidos policarboxílicos são capazes de removê-la. O ácido dietileno triamina pentacético (DTPA), que é um forte agente quelante de cátions, é um dos mais utilizados na indústria do petróleo. Este agente quelante é injetado no poço produtor e é capaz de remover o sal formando complexos metálicos. Embora existam vários estudos na literatura e processos de remoção por indústria, estudos de ensaios laboratoriais sobre deposição estática e dinâmica de barita e posterior remoção, ainda são pouco difundidos e complexos (Dunn et al. 1999, Bin Merdhan e Yassin 2008b). Além disso, os fatores químicos que afetam essa reação não são totalmente conhecidos, levando a resultados conflitantes sobre a eficácia do tratamento (Shende A.V., dados não publicados).

Portanto, uma metodologia para estudar a dissolução do sulfato de bário através de teste estático com DTPA e, posteriormente, teste dinâmico com a injeção da solução removedora em um meio poroso que simule uma rocha reservatório, é de considerável importância. Apesar disso, ainda não há trabalhos na literatura que compilem essas metodologias de forma integrada para abordar esse assunto. Assim, este trabalho apresenta uma metodologia abrangente no estudo da incrustação de sulfato de bário, começando com o teste estático e depois com o teste dinâmico.

O conhecimento químico da composição das águas FW e SW e solução DTPA é necessário para este estudo. A cromatografia de íons (CI) tem ampla aplicação analítica e fornece um método alternativo às técnicas clássicas (gravimétricas, volumétricas, por exemplo) para determinar íons com velocidade, eficiência e baixo esforço. Na indústria do petróleo, esta técnica pode determinar a concentração de íons presentes na água incrustante, fornecendo informações sobre o processo de formação de incrustações e sua taxa de tendência e também sobre a eficiência dos inibidores (Atwood e Wallwey 1996, Collins et al. 2006, El-Said et al. 2009) uma vez que a CI permite a determinação de diferentes cátions e ânions, incluindo sódio (Na^+), bário (Ba^{2+}), cloreto (Cl^-) e sulfato (SO_4^{2-}), que estão presentes na água de formação e de injeção, bem como na incrustação mineral. Assim CI foi usado para quantificar os íons presentes nas soluções de ambos os testes.

Neste âmbito, este trabalho estabelece procedimentos experimentais para estudar a dissolução da incrustação de BaSO_4 por um agente quelante. Inicialmente, foram realizados testes de dissolução estática de BaSO_4 variando as condições de temperatura, concentração e tempo de dissolução, que são fatores importantes para a reação química. Com base nos resultados preliminares, foi possível desenvolver um protocolo experimental para ensaios dinâmicos com escoamento monofásico e bifásico, incluindo formação de

danos - precipitação de BaSO_4 no interior dos poros da rocha - e posterior remoção por DTPA.

2 | METODOLOGIA

Este trabalho abrange duas etapas, primeiro, a aplicação de testes estáticos para avaliar os efeitos da dissolução da barita pelo DTPA em testes de bancada, variando sua concentração, temperatura e tempo de reação entre a barita e a solução removedora; e segundo a utilização de ensaios dinâmicos com escoamento monofásico e bifásico, incluindo a formação do dano e posterior remoção. Toda metodologia foi adaptada de Abib et al., (2018).

2.1 Instrumentação

As soluções FW, SW e DTPA foram preparadas usando água ultrapura obtida do sistema de purificação de água Milli-Q Direct-Q 5 MILLIPORE. Os sais incrustantes e as amostras (barita e *plug*) foram pesados na balança analítica Shimadzu modelo AUY 220. O pHmetro de bancada modelo 827 Metrohm foi utilizado para medir pH. A quantificação dos íons foi realizada por cromatografia de íons (CI) contendo amostrador automático e detecção de condutividade, modelo 850 Professional CI, e as colunas cromatográficas empregadas foram Metrosep C2 150/4,0 mm para cátions, e Metrosep A Supp5 150/4,0 mm, para ânions. Para observar os pites na superfície de barita e seções de rocha foram empregadas a microscopia eletrônica de varredura (MEV), utilizando um microscópio TM3000, HITACHI, e espectroscopia de raios-X de energia dispersiva (EDS) EDS SwiftED3000.

Os testes dinâmicos foram realizados utilizando uma célula de confinamento, tipo porta-núcleo, Labconte, uma bomba de fluxo constante, modelo PU-2087 plus-Jasco, e uma bomba hidráulica manual modelo 700HTP1, FLUKE, para injeção de fluido. Os valores de pressão medidos durante esses testes foram coletados por meio de um computador (*software* LabView), juntamente com o transdutor de pressão diferencial modelo EJA 130A/S1, Yokogawa, e manômetro 316 SS, Swagelok. As dimensões do material do núcleo foram medidas com o paquímetro digital, DIGIMESS. A solução de DTPA foi injetada usando o frasco de transferência, Labconte. Outros equipamentos utilizados foram a estufa de secagem e esterilização New Ethics 200/2ND e o sistema de saturação e filtração a vácuo.

2.2 Materiais e reagentes

Reagentes de grau analítico foram usados para preparar todos os eluentes, e as soluções padrão foram fornecidas pela Merck. Os eluentes utilizados para análise por CI foram ácido oxálico dihidratado ($\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – eluente para cátions; carbonato de sódio (NaCO_3) e bicarbonato de sódio (NaHCO_3) – eluentes para ânions; ácido sulfúrico (H_2SO_4) 95-97% – solução regeneradora. As determinações de bário foram calibradas medindo

cinco soluções padrão. Soluções padrão foram preparadas a partir de soluções de BaCl_2 para construir a curva de calibração (correlação de coeficiente, $R = 0,999807$ e desvio padrão, $SD = 1,8\%$). Para a preparação do SW foram utilizados sulfato de sódio (Na_2SO_4) e cloreto de sódio (NaCl), e para o FW foram utilizados cloreto de bário ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) e NaCl . A composição das águas SW e FW é mostrada na Tabela 1.

Íons	FW (mg/L)	SW (mg/L)
Cl^-	51779	21300
Na^+	33500	14490.76
Ba^{2+}	229	-
SO_4^{2-}	-	2834

Tabela 1. Composição das águas FW e SW utilizadas nos testes dinâmicos

As soluções DTPA foram preparadas seguindo os produtos comerciais, Versenex K, Dequest 2066A, Ultranex NP 100 e DTPA. Os componentes da solução de dissolução e suas respectivas funções são mostrados na Tabela 2.

Produtos	Solução A (10% DTPA)			Solução B (15% DTPA)			Solução C (25% DTPA)		
	Vol (mL)	pH	d ^e (g/mL)	Vol (mL)	pH	d (g/mL)	Vol (mL)	pH	d (g/mL)
Versenex K ^a	51	11.01	1.03	76	11.08	1.07	123	11.13	1.12
Dequest 2066A ^b	0.75			0.75			0.75		
Ultranex NP 100 ^c	0.25			0.25			0.25		
Água Ultrapura ^d	SQT ^f			SQT			SQT		

^aDTPA substância ativa/removedora de incrustação; ^bprevenidor de emulsão; ^cagente molhante; ^ddiluyente; ^edensidade; ^fem quantidade suficiente para preparar 250 mL de solução. Água ultrapure foi utilizada para preparar todas as soluções do teste estático, mas nos testes de injeção de fluxo o diluyente utilizado foi solução salina na concentração de 35.000 mg/L.

Tabela 2. Componentes das soluções removedoras utilizadas

As amostras de barita foram obtidas por precipitação deste sal em poços produtores da bacia de Campos, Brasil, durante a etapa de produção. Em condições de superfície,

a barita recebeu tratamentos de limpeza e purificação (incluindo radioatividade livre). As amostras foram gentilmente cedidas pelo CENPES/Petrobras e são apresentadas em formato elipsóide, conforme Figura 1a. O plug (Figura 1b) utilizado nos experimentos em fluxo dinâmico veio da formação Botucatu (arenito Botucatu) no Brasil. A Formação Botucatu compreende rocha argilosa, rocha siltosa e rocha arenosa localizada no nordeste do estado do Paraná e no sudoeste do estado de São Paulo (Montanheiro et al. 2011). O plug representa a rocha reservatório neste experimento, ou seja, o local de depósito da incrustação.

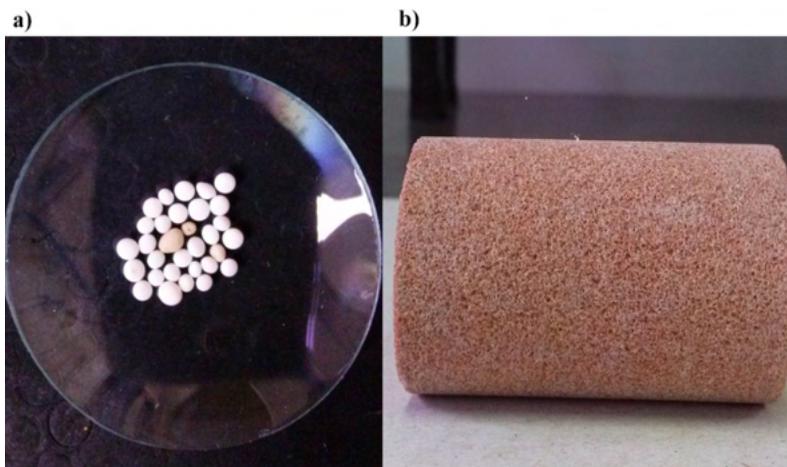


Figura 1. Amostras utilizadas nos testes: (a) amostras de barita (BaSO_4) utilizadas no teste estático; (b) *plug* usado no teste dinâmico (vista lateral).

2.3 Testes estáticos com barita

Os testes de dissolução da barita foram feitos com precipitado em forma esférica (escala real), limpo e livre de radioatividade. As soluções removedoras foram preparadas em três formulações diferentes com 10%, 15% e 25% de DTPA. As informações sobre os materiais base utilizados nesta preparação e suas respectivas funções são apresentadas na Tabela 2. Os testes ocorreram em temperaturas de 23, 50 e 80 °C e períodos de tempo de 12, 24 e 48 horas, e os experimentos foram realizados em níveis de pH de 11-12 onde o DTPA é efetivamente desprotonado (Wang et al., dados não publicados, Putnis et al. 2008).

Esses testes avaliaram a dissolução de esferas naturais de BaSO_4 através da variação de massa (massa inicial e final de barita); a concentração de Ba^{2+} no sobrenadante foi analisada por cromatografia iônica (IC); pites na superfície da barita foram analisados com microscopia eletrônica de varredura (MEV) a fim de observar o ataque químico da solução removedora. Inicialmente, a barita foi pesada e, em seguida, colocada nos frascos e adicionado 1 mL da solução removedora. Após o tempo de dissolução, uma filtração a

vácuo foi realizada e tanto a barita filtrada quanto a restante foi analisada por CI e MEV, respectivamente.

2.4 Teste dinâmico

Durante a etapa laboratorial desta pesquisa, vários testes foram realizados para encontrar a melhor metodologia e solução para remover a incrustação mineral. Foram realizados 6 testes dinâmicos – 5 testes de vazão monofásica e 1 teste de vazão bifásica – mas apenas um teste de cada foi utilizado para representar a metodologia proposta.

Esses testes foram subdivididos em procedimento A, fluxo monofásico (somente injeção de salmoura), e procedimento B, fluxo bifásico (injeção de salmoura e diesel). As medidas do material do núcleo utilizadas foram de 4,1 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro com porosidade média de 21%. Análise por CI e MEV, combinados com EDS, também foram usados.

2.4.1 Procedimento A – Teste 1

Inicialmente, o *plug* foi saturado com água de formação (FW) sob vácuo e, em seguida, foi montado em uma célula com pressão confinante de 1.500 psi. O núcleo foi fechado e aquecido em um forno a 50 °C por 16 horas, e a permeabilidade original (k_{orig}) foi medida por injeção de FW em quatro taxas de fluxo, 2,0 mL/min, 1,5 mL/min, 1,0 mL/min, e 0,5 mL/min, por meio da Lei de Darcy, por ser a equação mais utilizada para medição de vazão em meio poroso (Rosa et al. 2006). A Lei de Darcy (Equação 1) é:

$$q = \frac{kA\Delta P}{\mu L} \quad (1)$$

Onde: q = vazão (cm^3/s); k = permeabilidade (Darcy ou miliDarcy); A = área da seção transversal (cm^2); ΔP = diferencial de pressão (atm); μ = viscosidade (cP) e L = comprimento (cm).

Em seguida, a salmoura FW e água do mar (SW) foram injetadas através de linhas separadas, simultaneamente, a 0,5 mL/min cada solução, a fim de promover danos à formação dentro dos poros da rocha. Amostras de efluentes foram coletadas ao longo da injeção. Uma permeabilidade danificada (k_{dam}) foi medida com FW, após a injeção simultânea. Em seguida, foi injetado cerca de 100 mL de solução de DTPA 15% a 1,0 mL/min para promover a remoção da incrustação e, após 24 horas (tempo de repouso) foi medida a terceira permeabilidade para avaliar a recuperação da permeabilidade original, e a permeabilidade final (k_{final}). As amostras de efluentes coletadas durante os testes (injeção FW e SW) foram analisadas por CI e as seções do *plug* foram analisadas por MEV. É importante ressaltar que a solução de DTPA utilizada neste procedimento foi preparada com solução salina ao invés de água ultrapura, caso contrário poderia causar migração de finos devido à baixa salinidade e, conseqüentemente, queda de porosidade e permeabilidade.

2.4.2 Procedimento B – Teste 2

As mesmas etapas utilizadas no Procedimento A foram empregadas até a primeira medição de permeabilidade (k_{orig}). Em seguida, foi realizada uma injeção consecutiva de óleo-água-óleo a 1,0 mL/min, a fim de medir a permeabilidade relativa de óleo e água (k_o e k_w), saturação de óleo residual (S_{or}) e saturação de água irreduzível (S_{wi}). A salmoura FW e SW foram injetadas simultaneamente (a 0,5 mL/min cada solução) para induzir danos dentro da rocha. Durante a fase de dano, amostras de efluentes foram coletadas. As segundas injeções de óleo e água foram realizadas com uma vazão de 1,0 mL/min cada, a fim de medir k_o , k_w , S_{or} e S_{wi} após a formação do dano induzido. Em seguida, foi injetado cerca de 100 mL de solução de DTPA 25% a 1,0 mL/min e, após 24 horas (tempo de repouso), uma terceira injeção de água e óleo foi realizada para mensurar novos valores de k_o , k_w , S_{or} e S_{wi} após a aplicação da solução removedora.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Teste estático

Os testes estáticos foram realizados em triplicata para cada condição avaliada envolvendo diferentes temperaturas (23 °C, 50 °C e 80 °C), períodos de tempo (12 h, 24 h e 48 h) e concentrações (10%, 15% e 25%). A massa de barita apresentou diminuição em todos os testes. A porcentagem de massa de barita dissolvida foi obtida por gravimetria ao longo do período de tempo de cada concentração e é mostrada na Figura 2.

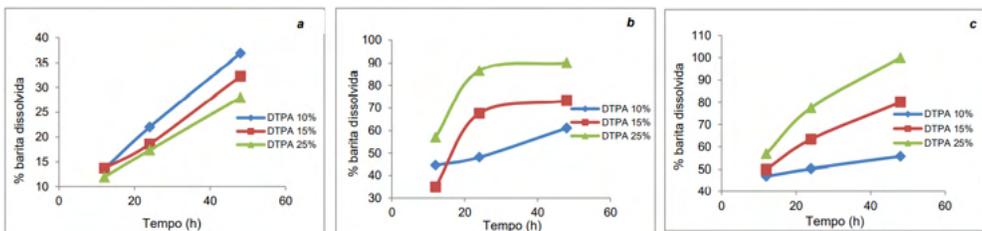


Figura 2. Massa de barita dissolvida (%) versus tempo de residência (h) para teste estático a 23 °C (a), 50 °C (b) e 80 °C (c) para 10%, 15% e 25% de solução de DTPA, respectivamente.

O efeito da temperatura em testes estáticos, sem a presença de água salina, pode mostrar uma relação proporcional entre temperatura e dissolução de $BaSO_4$, pois a solubilidade do sal aumentou com o aumento da temperatura para todas as soluções. Como a energia de ativação está diretamente associada à temperatura, pode-se dizer que a temperatura é o fator de controle das reações que ocorrem na superfície do cristal de barita levando à sua dissolução (Bin Merdhad et al. 2010, Jordan et al. 2000). Então, em altas temperaturas, uma maior massa de barita dissolvida foi obtida. Resultados semelhantes

foram observados com a influência do tempo, uma vez que o maior tempo de contato entre a barita e a solução causou maior solubilidade. Jordan et al. (dados não publicados) relataram que a dissolução do BaSO_4 em temperaturas abaixo de $40\text{ }^\circ\text{C}$ é fraca e que a partir de $50\text{ }^\circ\text{C}$ há uma melhora na taxa de dissolução. Também foi observado neste trabalho, que o maior valor percentual de massa dissolvida foi a partir de $50\text{ }^\circ\text{C}$. Assim, para os testes estáticos realizados neste trabalho, o maior valor de dissolução da barita foi a $80\text{ }^\circ\text{C}$ com um tempo de contato de 48 h em pH alto (11–12), para todas as concentrações de DTPA.

Os resultados referentes ao efeito da concentração de DTPA não mostram proporcionalidade entre a concentração da solução removedora e a dissolução da barita, uma vez que o aumento significativo da massa de barita dissolvida foi observado apenas a partir de $50\text{ }^\circ\text{C}$, para as três concentrações de DTPA. Como as moléculas de DTPA são grandes, uma alta concentração pode causar a formação de uma camada de proteção (aglutinação das moléculas de DTPA) na superfície da barita, interferindo na eficiência de remoção. Esta camada de blindagem pode ser quebrada aumentando a temperatura de dissolução, uma vez que este processo é endotérmico (Wang et al., não publicado, Putnis et al. 2008). Assim, esses resultados sugerem que em baixas temperaturas, na ausência de interferências e sem levar em conta os efeitos da pressão, o excesso de DTPA torna-se prejudicial à dissolução do sal precipitado. Neste caso, o melhor emprego do DTPA poderia ser alcançado se sua solução fosse menos concentrada. No entanto, mais testes ainda são necessários para confirmar esta hipótese.

A Figura 3 mostra a concentração de Ba^{2+} a partir da massa de barita dissolvida, que estava presente no sobrenadante. Em seguida, foram feitas diluições e as soluções resultantes foram analisadas por CI. Esses resultados apresentam os valores do Ba^{2+} em solução na forma livre e Ba^{2+} complexado com DTPA.

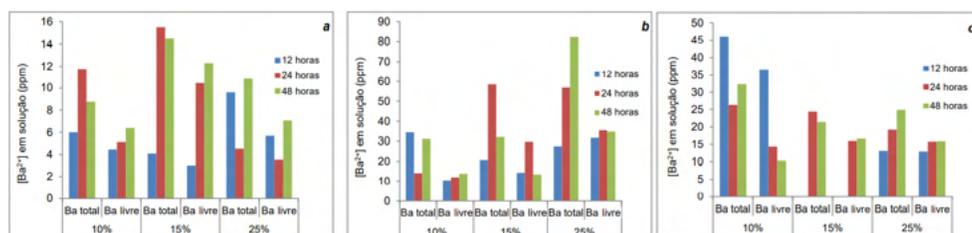
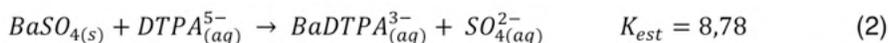


Figura 3. Concentração (mg/L) de Ba^{2+} total e Ba^{2+} livre no sobrenadante a $23\text{ }^\circ\text{C}$ (a), $50\text{ }^\circ\text{C}$ (b) e $80\text{ }^\circ\text{C}$ (c), analisados por cromatografia de troca iônica (CI).

Embora a estequiometria da reação não seja completamente conhecida, a literatura apresenta a razão equimolar entre DTPA e Ba^{2+} como 1:1, conforme a Equação 2. Esta equação química mostra a reação de dissolução e a constante de estabilidade (K_{est}) do

quelato formado entre o íon bário e DTPA (Ba-DTPA³⁻) (Wang et al. 1999, Wang et al. dados não publicados, Putnis et al. 2008).



Assim, a diferença entre os íons Ba²⁺ totais e Ba²⁺ livres corresponde aos íons Ba²⁺ complexados, uma vez que as soluções removedoras tinham quantidades adequadas de moléculas de DTPA para reagir. Portanto, observou-se que a concentração total de Ba²⁺ foi maior que a de Ba²⁺ livre em todos os testes, indicando que a maior quantidade de íons Ba²⁺ foi complexada com DTPA.

Após o contato entre o DTPA e o cristal de barita, este se desgastou na área superficial e gerou pontos de corrosão devido ao desprendimento do íon Ba²⁺ da molécula de BaSO₄. Assim, o complexo íon-removedor formado é responsável pela ruptura das ligações que mantêm o núcleo incrustante intacto e, assim, com a presença da solução removedora da incrustação, o depósito é gradualmente removido, e assim uma porção do Ba²⁺ é complexada e outra fica livre.

A dissolução da barita também pode ser observada em imagens de MEV, que mostram os pites na superfície da barita e comprovam o ataque químico causado pelo DTPA. Esses pites tornaram-se mais profundos à medida que as condições de dissolução eram mais severas (maior tempo de contato, maiores temperaturas e maiores concentrações de removedor). A Figura 4a mostra uma imagem de barita antes do teste (sem solução removedora) com resolução de 40x. É possível observar que a forma da barita é relativamente regular, lisa e homogênea.

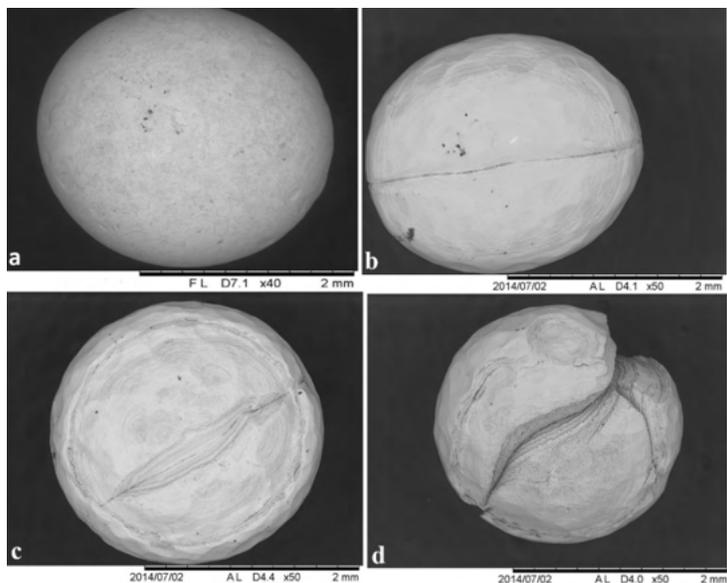


Figura 4. MEV da barita antes do teste de dissolução, com resolução de 40x (a); MEV de baritas após testes de dissolução a 80 °C e 12h: em solução de DTPA 10% , com resolução de 50x (b); em solução de DTPA 15%, com 50x (c); em solução de DTPA 25%, com resolução de 60x (d).

A Figura 4b, c e d também indicam pontos de corrosão e sulcos na superfície da barita, que se tornaram mais profundos em condições mais severas. As imagens obtidas com MEV foram importantes para observar e verificar a ação das soluções removedoras na dissolução do $BaSO_4$, e pode-se observar que a solução de DTPA 25% a 80 °C e tempo de dissolução de 48 h foi a condição mais eficiente, conforme observado em a avaliação da porcentagem de massa dissolvida.

3.2 Teste dinâmico

3.2.1 Teste de fluxo monofásico

Os resultados do ensaio de fluxo monofásico mostraram a variação da permeabilidade absoluta. A Figura 5, através da aplicação da Lei de Darcy, mostra a redução do k_{orig} (~119 md) após o dano para k_{dam} (~68 md), e o k_{final} (~118 md) após a remoção do dano. Os cálculos aplicaram o valor corrigido de viscosidade igual a $0,6 \times 10^{-3}$ Pa s a 50 °C. Esses três valores de permeabilidade, representados pelas curvas, mostraram que foi possível reduzir o valor de permeabilidade original devido à mistura das águas FW e SW e a conseqüente precipitação de $BaSO_4$ nos poros da rocha, obstruindo o escoamento, e reduzindo consideravelmente a permeabilidade original da rocha. No entanto, após o tratamento do *plug* com a solução removedora à base de DTPA, a permeabilidade aumentou (valor de permeabilidade final) porque o $BaSO_4$ foi dissolvido e houve uma recuperação da permeabilidade original. No

entanto, o alto valor de recuperação da permeabilidade (quase 100%) pode vir de algum estímulo da rocha, causado por uma reação química entre a solução removedora e os minerais da rocha, contribuindo assim para um aumento considerável na permeabilidade original da rocha, o que também foi observado em alguns trabalhos na literatura (Todd e Yuan 1992, Ali et al. 2008).

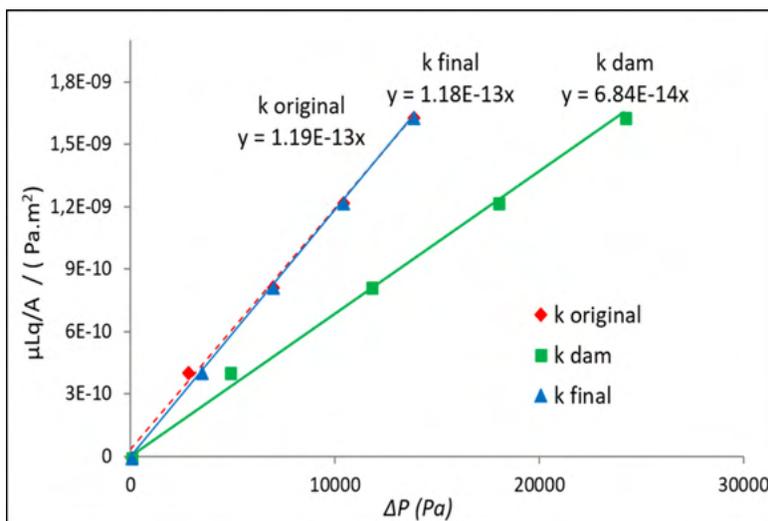


Figura 5. Permeabilidades original (k_{orig}), danificada (k_{dam}) e final (k_{final}) utilizando Lei de Darcy para o teste de fluxo monofásico (DTPA 15% por 24h).

Além dos valores de permeabilidade obtidos pela Lei de Darcy, as amostras de efluentes do teste de fluxo monofásico foram analisadas por CI e a Tabela 3 apresenta as concentrações de Ba^{2+} e SO_4^{2-} nos efluentes durante a fase de dano e remoção.

Água incrustante/efluentes	Concentração (mg/L)	
	Ba^{2+}	SO_4^{2-}
SW ^a	-	2836.25
FW ^b	226.12	-
ED ^c 1	9.42	1182.25
ED2	12.70	1243.50
ED3	11.15	1308.25
ED4	9.40	1367.50
ER ^d 1	203.27	281.50
ER2	110.95	149.25

ER3	79.17	110.25
ER4	63.90	138.00

^aágua do mar; ^bágua de formação; ^cED1 a ED4 = amostras de efluentes coletadas durante estágio de dano à formação; ^dER1 a ER4 = amostras de efluentes coletadas durante estágio de remoção do dano à formação.

Tabela 3. Concentração (mg/L) de Ba²⁺ e SO₄²⁻ obtidas por CI a partir do teste de fluxo monofásico

Durante a fase de dano (injeção simultânea de águas FW e SW) houve redução significativa na concentração de Ba²⁺ no efluente devido à reação química entre este íon e SO₄²⁻, levando à formação de incrustações de BaSO₄ no poro da rocha, o que causou uma perda significativa da permeabilidade (redução de 42% da permeabilidade original). Por outro lado, houve um aumento na concentração de Ba²⁺ no efluente de remoção devido ao processo de dissolução que quebra a estrutura da incrustação. O CI foi capaz de detectar o íon Ba²⁺, mesmo em amostras com altas concentrações de outros íons típicos em água salgada, como sódio (Na⁺) e potássio (K⁺), como também relatado na literatura (Atwood e Wallwey 1996).

Com o intuito de confirmar a metodologia apresentada e ilustrar a precipitação de BaSO₄ como resultado da mistura entre as águas FW e SW, a Figura 6a mostra o espectro EDS e a imagem 6b imagem obtidas por MEV. A Figura 6b mostra a imagem do MEV de uma amostra de rocha com BaSO₄, obtida a partir de testes extras realizados usando apenas injeção de água de incrustação e sem a etapa de remoção. A identificação e quantificação dos elementos químicos com EDS foi feita para a seção demarcada. Esta área foi escolhida após escanear todas as rochas superficiais e somente neste momento identificar a presença de bário, sulfato e oxigênio. Outros materiais cristalinos foram encontrados, mas continham sódio e cloreto. Nesta seção, foi feito o espectro de energia de raios X dispersivos para quantificação de elementos químicos, conforme mostrado na Figura 6a. Foi possível observar, além dos elementos comuns em rochas areníticas, a presença dos elementos enxofre (S) e bário (Ba), juntamente com o elemento oxigênio (O), que fazem parte da composição química da referida incrustação mineral.

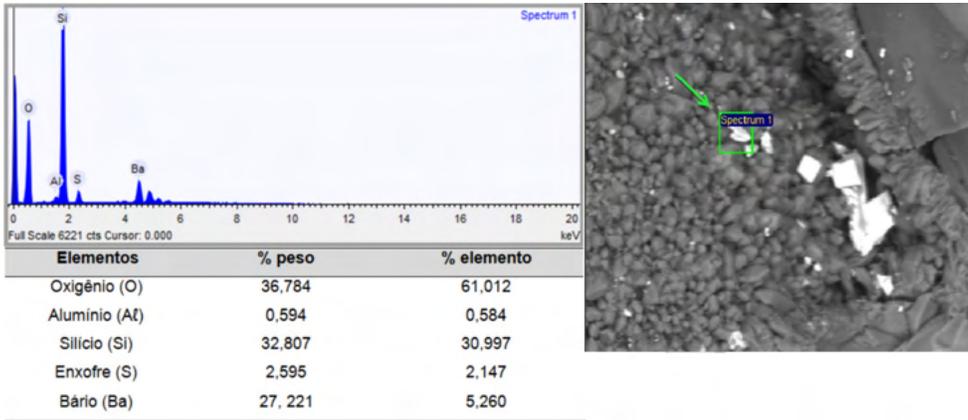


Figura 6. (a) Espectro de raios X e composição química da região marcada; (b) MEV da rocha, em detalhe pode-se observar cristais de BaSO₄ precipitados (resolução de 1200x).

Portanto, a Figura 6 mostrou que a metodologia pode representar os danos reais causados pela injeção de águas incrustadas.

3.2.2 Teste de fluxo bifásico

Testes de fluxo bifásico também foram realizados para exemplificar a metodologia proposta. Foi possível observar variações relativas de permeabilidade e saturação ao longo do experimento, durante o estágio 1 (antes do dano de formação), estágio 2 (após o dano de formação) e estágio 3 (remoção do dano) conforme Figura 7.

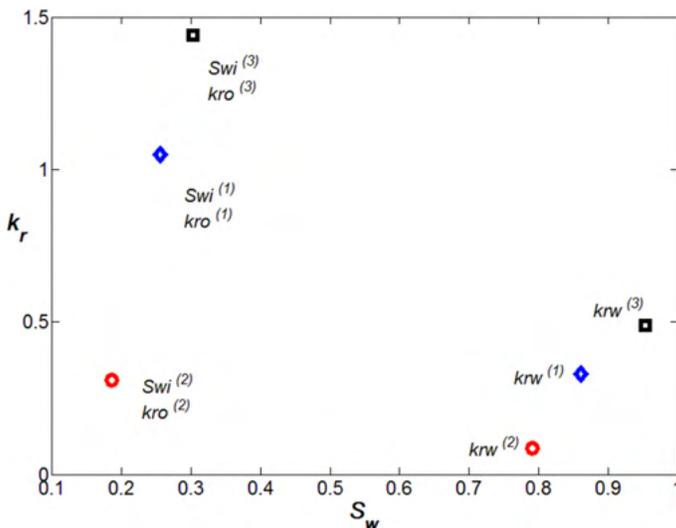


Figura 7. Variação da permeabilidade relativa (k_r) versus saturação de água (S_w) para os três momentos do teste de escoamento bifásico: estágio 1 - antes da formação do dano (azul), estágio 2 - após a formação do dano (vermelho) e estágio 3 - após a remoção do dano (preto).

O k_o , k_w e S_{wi} (estágio 1) diminuiu após a formação do dano, enquanto o S_{or} aumentou (estágio 2). Após a remoção do dano, k_o , k_w e S_{wi} aumentaram e o S_{or} diminuiu (estágio 3). Esses valores finais são aceitáveis porque um S_{wi} mais alto significa que a rocha é mais molhável à água e, portanto, um volume de água menor tende a ser produzido. Por outro lado, um valor baixo de S_{or} significa que a rocha é menos molhável ao óleo e, assim, o fluido tem baixa aderência na parede da rocha e pode ser facilmente produzido. Devido aos altos valores encontrados na etapa 3, levantou-se a hipótese de que o DTPA pode ter melhorado a permeabilidade original por ter reagido com a incrustação e também pode ter reagido com a rocha, uma vez que foi utilizada uma alta concentração deste produto. No entanto, é necessário repetir este teste para confirmar esta hipótese. Na literatura, alguns estudos foram realizados em que soluções removedoras à base de DTPA e EDTA dissolveram arenitos (Todd e Yuan 1992, Ali et al. 2008).

4 | CONCLUSÕES

Em geral, através dos procedimentos experimentais propostos, foi possível estudar a dissolução do $BaSO_4$ e os parâmetros envolvidos (temperatura, tempo de dissolução e concentração de DTPA). Testes estáticos permitiram o conhecimento prévio do estudo de dissolução do $BaSO_4$ e mostraram que o aumento da temperatura e o tempo de dissolução foram fatores positivos para alcançar a desintegração e aumentar a dissolução da incrustação. Além disso, este estudo mostrou que uma alta concentração de DTPA em baixas temperaturas, abaixo de 40 °C, não é eficiente para a dissolução de $BaSO_4$. Assim, soluções de DTPA com altas concentrações devem ser utilizadas em temperaturas mais altas e maior tempo de dissolução, a fim de evitar o efeito de blindagem. Com os ensaios dinâmicos (monofásico e bifásico) foi possível simular a formação de danos (incrustação por $BaSO_4$) em poros da rocha por injeção de águas incompatíveis, monitorando o aumento de pressão, com diminuição da permeabilidade. Além disso, no teste bifásico foi possível observar a alteração da saturação da água e do óleo, bem como a alteração da permeabilidade relativa para esses fluidos, que são as medidas mais importantes para a indústria do petróleo. Além disso, este teste representa que o caso está mais próximo de uma situação real. Para ambos os testes, foi possível remover a incrustação com grande eficiência.

Portanto, os resultados obtidos nos ensaios estáticos foram importantes para entender a influência dos fatores (tempo de repouso, temperatura e concentração) no processo de dissolução e contribuíram para os ensaios dinâmicos. Assim, a metodologia proposta representa um amplo estudo sobre a dissolução do $BaSO_4$ por soluções removedoras à base de DTPA.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CENPES/Petrobras pelo fornecimento da barita e demais componentes para elaboração das soluções de DTPA. A Dr^a. Francisca F. do Rosário por disponibilizar o MEV e a Raquel M. Fedrizzi pela preparação das imagens do MEV/EDS. Os autores agradecem, ainda, à CAPES e ao PRH-ANP pelo apoio financeiro e à FAPERJ pelos auxílios concedidos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Reservatório e de Exploração (PPGERE) (Processos N^o E-26/210.760/2019 e E-26/210.163/2021).

REFERÊNCIAS

ABIB GAP, CRUZ GF, VAZ Jr ASL. 2018. Study of barium sulfate dissolution by scale dissolver based on solutions of DTPA. *Anais da ABC* 90(3): 3185-3196.

ALI SA, ERMEL E, CLARKE J, FULLER MJ, XIAO Z AND MALONE B. 2008. Stimulation of High-Temperature Sandstone Formations from West Africa with Chelating Agent-Based Fluids. *SPE Prod Oper* 23: 32-38.

ATWOOD SE AND WALLWEY DD. 1996. Ion chromatographic cation analysis of effluent waters from scale dissolver treatments. *J Chromatogr A* 739: 265-271.

BELLARBY J. 2009. *Well Completion Design*, 1st ed., Oxford: Elsevier, 726p.

BIN MERDHAH AB AND YASSIN AM. 2008(a). Formation damage due to scale formation in porous media resulting water injection. *Emirates Journal for Engineering Research* 13: 69-79.

BIN MERDHAH AB AND YASSIN AAM. 2008(b). Low-sulfate seawater injection into oil reservoir to avoid scaling problem. *J Applied Sci* 8: 1169-1178.

BIN MERDHAH AB, YASSIN AAM AND MUHEREI MA. 2010. Laboratory and prediction of barium sulfate scaling at high-barium formation water. *J Pet Sci Eng* 70: 79-88.

COLLINS CH, BRAGA GL AND BONATO S. 2006. *Fundamentos de Cromatografia*, Campinas: UNICAMP, 453 p.

DUNN K, DANIEL E, SHULER PJ, CHEN HJ, TANG Y AND YEN TF. 1999. Mechanisms of surface precipitation and dissolution of barite: a morphology approach. *J Colloid Interface Sci*, 214: 427-437.

ECONOMIDES MJ AND NOLTE KG. 2000. *Reservoir Stimulation*, 3th ed.; New York: John Wiley & Sons, 856 p.

EL-SAID M, RAMZI M AND ABDEL-MOGHNY T. 2009. Analysis of oilfield waters by ion chromatography to determine the composition of scale deposition. *Desalination* 249: 748-756.

FINK JK. 2012. *Petroleum Engineer's Guide to Oil Field Chemicals and Fluids*, 1st ed., Oxford: Elsevier, 808 p.

HARRIS DC. 2001. *Exploring Chemical Analysis*, 1st ed., New York: W.H. Freeman and Company, 608 p.

JORDAN MM, GRAHAM GM, SORBIE KS, MATHARU A, TOMLINS R AND BUNNEY J. 2000. Scale dissolver application: production enhancement and formation-damage potential. SPE Prod Facil, 15: 288-295.

KALFAYAN L. 2008. Production enhancement with acid stimulation, 2nd ed., Tulsa: Penn Well Books, 252 p.

MACKAY E. 2003. Predicting in situ sulfate scale deposition and the impact on produced ion concentrations. Trans IChemE 81: 326-332.

MACKAY EJ, JORDAN MM AND TORABI F. 2003. Predicting brine mixing deep within the reservoir and its impact on scale control in marginal and deepwater developments. SPE Prod Facil 18: 210-220.

MONTANHEIRO TJ, ARTUR AC, MONTANHEIRO F, NEGRI FA, GESICKI AL AND BOGGIANI PC. 2011. Investigação tecnológica de arenitos silicificados da Formação Botucatu (NE do Paraná) para uso como rocha de revestimento. Geociências 30: 237-251.

PUTNIS CV, KOWACZ M AND PUTNIS A. 2008. The mechanism and kinetics of DTPA-promoted dissolution of barite. Appl Geochem 23: 2778-2788.

REIS MIP, DA SILVA FC, ROMEIRO GA, ROCHA AA AND FERREIRA VF. 2011. Deposição Mineral em Superfícies: Problemas e Oportunidades na Indústria do Petróleo. Rev Virtual Quim 3: 2-13.

ROSA AJ, CARVALHO RS AND XAVIER JAD. 2006. Engenharia de Reservatórios de Petróleo, Rio de Janeiro: Interciência, 808 p.

SHAW SS, SORBIE K AND BOAK LS. 2012. The effects of barium sulfate saturations ratio, calcium, and magnesium on the inhibition efficiency – Part I: phosphonate scale inhibitors. SPE Prod Oper 27: 306-317.

TODD AC AND YUAN MD. 1992. Barium and strontium sulfate solid-solution scale formation at elevated temperatures. SPE Prod Eng 7: 85-92.

TOMSON MB, FU G, WATSON MA AND KAN AT. 2003. Mechanisms of mineral scale inhibition. SPE Prod Facil 18: 192-199.

WANG KS, RESCH R, DUNN K, SHULER P, TANG Y, KOEL BE AND YEN TF. 1999. Dissolution of the barite (001) surface by the chelating agent DTPA as studied with non-contact atomic force microscopy. Colloids Surf., A 160: 217-227.

PROCESSAMENTO CERÂMICO DE COMPÓSITOS DE ALUMINA E CA6

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 09/05/2022

Daniele Rodrigues Freitas

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia do Maranhão
São Luís - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/2180222489375120>

José Manuel Rivas Mercury

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia do Maranhão
São Luís - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/1310638204767002>

Antonio Ernandes Macêdo Paiva

Instituto Federal de Educação Ciência e
Tecnologia do Maranhão
São Luís - Maranhão
<http://lattes.cnpq.br/7791391599480330>

RESUMO: Diante da potencialidade da Alumina e do CA6 e da propriedades destes materiais, estudou-se as propriedades de um compósito com 10% e 20% de CA6 em matriz de Alumina, em relação ao material cerâmico de Alumina sem adição. Através dos ensaios de resistência a flexão em três pontos, absorção de água, porosidade, granulometria e difração de raios-X foram analisadas as propriedades deste compósito. Os resultados indicaram que a formulação de 10% apresentou um aumento significativo de 46% na resistência à flexão com resultado de 418 MPa, em relação ao material sem adição, evidenciando que a sinterização

promoveu uma boa densificação dos corpos cerâmicos, resultando em uma absorção de água baixa. A partir dos resultados evidenciados conclui-se que o CA6 contribui para melhoria na resistência à flexão do compósito Alumina-CA6, desta forma este material pode ser utilizado em diversas aplicações.

PALAVRAS-CHAVE: Compósito, alumina, CA6.

CERAMIC PROCESSING OF ALUMINA AND CA6 COMPOSITES

ABSTRACT: Given the potential of alumina and CA6 and properties of these materials, we studied the properties of a composite with 10% and 20% CA6 alumina matrix with respect to the ceramic material of alumina with no addition and through the resistance assays three point bending, water absorption, porosity, particle size and X-ray diffraction were analyzed properties of the composite. The results indicated that the formulation of 10% showed a significant 50% increase in bending strength with the results of 272.6 MPa compared to no added material, showing that a good sintering promoted densification of ceramic bodies, resulting in a low water absorption. From the results it is concluded evident that the CA6 contributes to improvement in the flexural strength of the composite alumina-CA6 thus this material can be used in various applications.

KEYWORDS: Composite, alumina, CA6.

1 | INTRODUÇÃO

“O óxido de alumínio é um composto químico de alumínio e oxigênio, cuja fórmula molecular é Al_2O_3 , sendo conhecido por alumina. A forma cristalina mais comum da alumina ($\alpha-Al_2O_3$) é conhecida como corundum”. (MEHTA e MONTEIRO, 2008)

Weiguo et al., (2015) relata:

A alumina vem sendo utilizado pela humanidade desde muito tempo, ganhando destaque durante a segunda guerra mundial, atualmente a alumina é empregada em aplicações farmacêuticas, odontológicas, refratárias, siderúrgicas entre outras, isto devido suas propriedades, que estão relacionado à suas diferentes fases cristalinas. O Hexaluminato de Cálcio conhecido como CA6 é uma fase formada em temperaturas superiores à aproximadamente $1400^\circ C$, pela reação entre o CaO e a Al_2O_3 presentes na matriz, agregando excelentes benefícios termomecânicos ao concreto, decorrentes da morfologia alongada e da alta refratariedade apresentada por esta fase. O formato acicular favorece o ancoramento, melhorando o desempenho das propriedades a quente, como a resistência mecânica e a fluência.

Segundo Siti e Haslenda (2015) “ As agulhas também tenacificam o material, por meio da deflexão de trincas e pelo mecanismo conhecido como “crack bridging””.

Nestes mecanismos, a energia de propagação da trinca é consumida, diminuindo o caminho percorrido pela mesma, e conseqüentemente, o dano por choque térmico. Outro benefício associado ao CA6 é o microtrincamento decorrente da expansão volumétrica apresentada por esta fase durante a sua reação de formação, gerando tensões na estrutura do concreto que podem originar trincas e aumentar a porosidade. Estudos da literatura indicam que microtrincas podem ser benéficas, uma vez que aumentam a energia de fratura dos materiais dificultando a propagação de trincas e reduzindo o dano sofrido por choque térmico. (SALES, 2014)

Roz-Ud-Din e Parviz (2011) afirmam:

Além de influenciar no microtrincamento e na quantidade de CA6, o teor de cimento pode afetar a quantidade de fase líquida formada pela reação do CaO com a alumina e com a microssilica. Em altas temperaturas, fases com baixa viscosidade aumentam a resistência à propagação de trincas, uma vez que reduzem a tensão termomecânica gerada, por meio do aumento do raio de curvatura da ponta da trinca e melhor acomodação das tensões, diminuindo assim a energia elástica armazenada. Além disso, podem dificultar a propagação de trincas por meio de “crack bridging”. Porém, em temperaturas abaixo às de transição vítrea, estas fases podem ter efeito contrário, mentando a fragilidade do material, e reduzindo os efeitos dos mecanismos de tenacificação.

Diante da vasta aplicação da Alumina, de suas excelentes propriedades e das propriedades do CA6, além da compatibilidade térmica e química destes dois materiais, este trabalho buscou, a partir das técnicas de processamento cerâmico fabricar um compósito com os dois materiais citados, a fim de obter um produto refratário com

propriedades melhoradas, devido a morfologia do CA6 e as excelentes propriedades dos dois constituintes.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O Fluxograma a seguir ilustra a metodologia utilizada no trabalho:

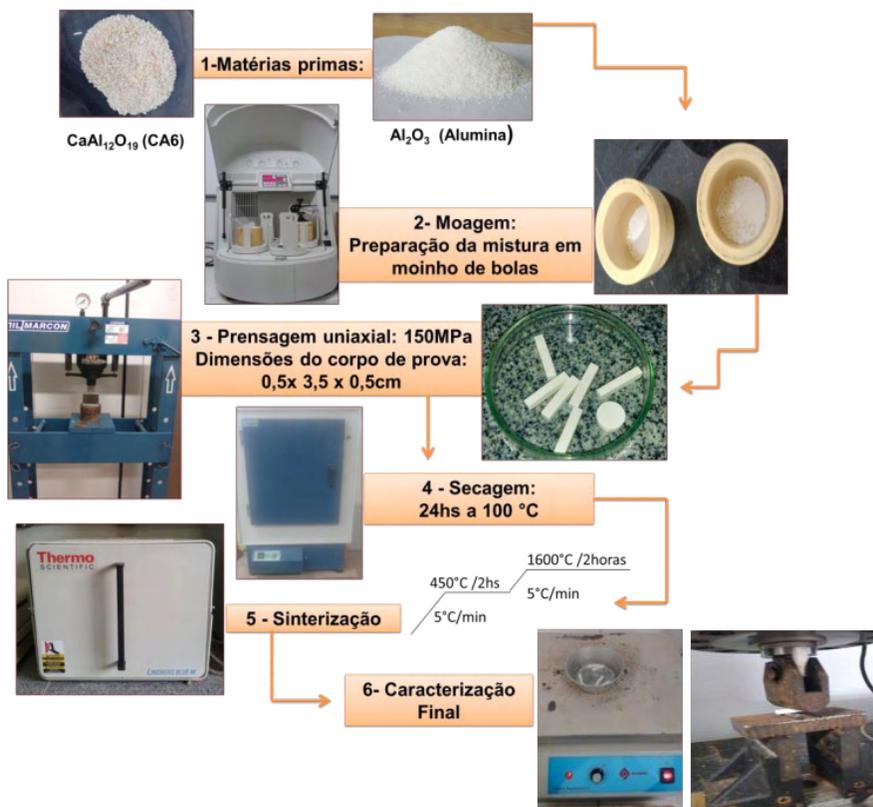


Figura 1 – Fluxograma Experimental do Trabalho

A fim de estudar o efeito da incorporação de CA6 em uma matriz de alumina sobre as propriedades mecânicas de um material compósito refratário, foram preparados corpos de prova com 100% Alumina, com 10% e 20% de CA6 em matriz de Alumina. O material foi homogeneizado em moinho de bolas a uma rotação de 400rpm por uma hora, após esse procedimento o material foi colocado na estufa para secar por 24 h na temperatura de 60°C, pois a remoção do ligante precisa ocorrer antes da densificação do material.

A próxima etapa consistiu na prensagem dos corpos do prova, a conformação do pó cerâmico foi realizada em uma matriz rígida através da aplicação de pressão, pelo método

de prensagem uniaxial, atribuindo à forma final a peça, nesta etapa é necessário garantir que o pó seja distribuído por igual e minimizar o atrito parede molde, para esta finalidade foi utilizado um lubrificante, esta etapa foi realizada em uma prensa hidráulica Servitech.

Foram produzidos 6 corpos de provas retangulares e uma partilha para cada composição, com as seguintes dimensões:

- Dimensão do corpo de prova 0,5x 3,5cm x 0,5cm.
- Dimensão da Pastilha $\varnothing=2$ cm h=0,5cm.

A sinterização foi realizada no forno Thermo Scientific LINDBERG, as amostras foram sinterizadas a 450°C por 2 horas com taxa de aquecimento de 5 °C/min e a 1600°C por 2 horas com taxa de aquecimento de 5 °C/min. Esta programação foi escolhida de acordo com dados da literatura a respeito deste tipo de material.

O Ensaio de Absorção de Água e Porosidade atendeu a norma ASTM C373 Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products. Neste procedimento os corpos de prova foram fervidos durante 5h à temperatura aproximada de 150°C, posteriormente imersos em água por 24 h e então medida sua massa imersa em água e massa úmida, a fim de calcular-se absorção e porosidade.

As amostras foram caracterizadas por difração de raios-X utilizando Difrátômetro X'Pert PRO (MPD PW 3040/60) da PANalytical. O Ensaio de flexão em três pontos foi realizado utilizando a máquina universal de ensaios EMIC DL 10000, com capacidade máxima de 300kN. Os dados foram obtidos a partir de uma distância entre apoios de 15,65 mm e a velocidade da carga aplicada corresponde a 0,8mm/m. Os registros dos dados foram obtidos no programa Tesc versão 3.5.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As matérias primas tiveram suas propriedades físicas- químicas analisadas.

A distribuição granulométrica do com 20%-p CA6 em matriz de Alumina está representada na figura 2.

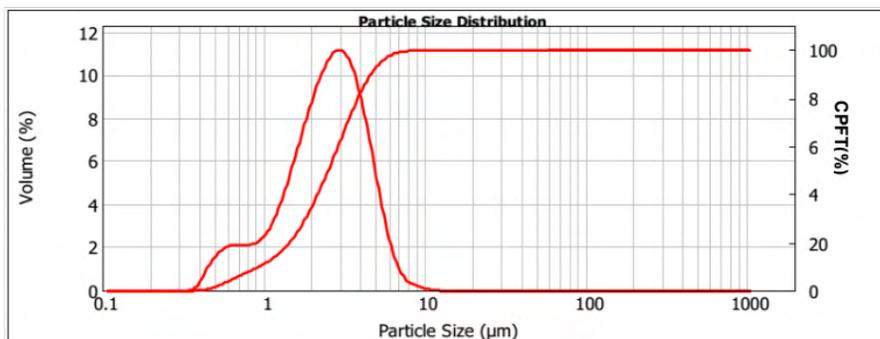


Figura 2 – Distribuição Granulométrica – 20%-p CA6

A partir dos dados da distribuição granulométrica do material com 20%-p CA6, foram obtidos os valores de 10% - $d(0.1)$, 50% - $d(0.5)$ e 90% - $d(0.9)$ das partículas que apresentam diâmetros menores que $0,930 \mu\text{m}$, $2,525 \mu\text{m}$ e $4,655 \mu\text{m}$ respectivamente. A área superficial do material com 10%-p CA6 é de $3,22 \text{ m}^2/\text{g}$, conforme mostrado na tabela a seguir:

Área da superfície específica	$d(0.1)$	$d(0.5)$	$d(0.9)$
$3,22 \text{ m}^2/\text{g}$	$0,930 \mu\text{m}$	$2,525 \mu\text{m}$	$4,655 \mu\text{m}$

Tabela 1. Propriedades Físicas obtidas da distribuição granulométrica de 20%-p CA6

A partir do difratograma de raios X de 20%-p CA6 ilustrado na figura 3 verificou-se a presença dos principais grupos minerais encontrados nesse material.

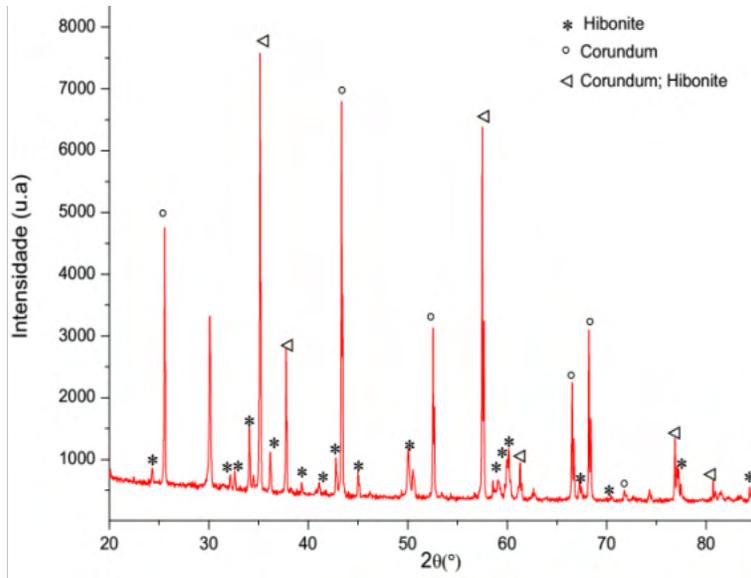


Figura 3 - Difratoograma obtida de peça com 20% de CA6 e 80% de Al₂O₃ sinterizada a 1600°C.

Foi observado que a composição apresentou fases cristalinas de Hibonita, Corundum e Corundum; Hibonita, devido à matéria prima de origem, Alumina (Al₂O₃) e Hexaluminato de Cálcio (CaAl₁₂O₁₉). A partir da figura 4 pode-se observar a tendência das médias da resistência a flexão em três pontos em função do teor de CA6.

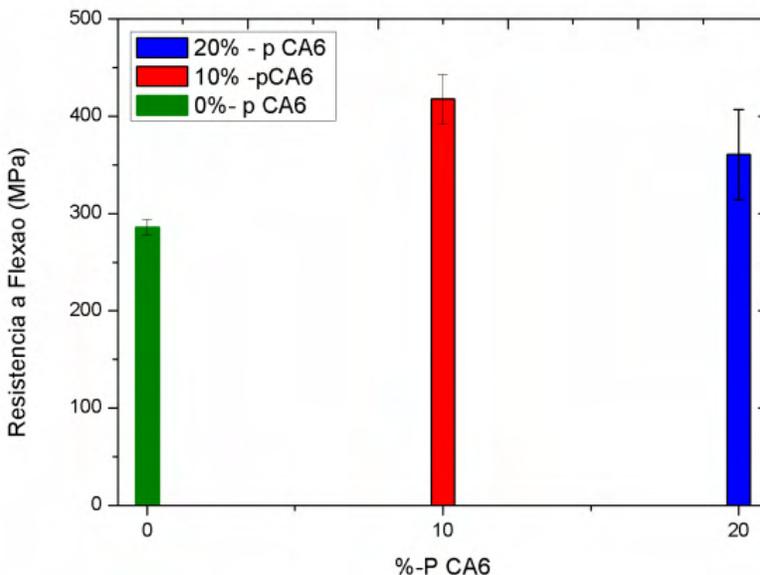


Figura 4 – Resistência a Flexão em três pontos

O compósito cerâmico com 10% e 20% de CA6 e 80% de Alumina, afeta a resistência à flexão do material, ao compara-lo com o material com 100% de Alumina. A partir dos dados da resistência a flexão em três pontos observa-se que o compósito com 10%-p de CA6 apresentou resistência à flexão muito superior a Alumina pura. A sinterização do material proposto a 1600°C promoveu uma boa densificação dos corpos cerâmicos estudados, resultando em uma absorção de água baixíssima, aproximadamente nula.

4 | CONCLUSÕES

Os dados obtidos sugerem que um compósito com Alumina e CA6 pode alterar a resistência mecânica a flexão, quando comparado com material sem adição de CA6. Pode-se observar que a tensão média de ruptura das amostras com 10%-p CA6 e com 20%-p CA6 sinterizadas a 1600°C foram respectivamente de 418 MPa e 360 MPa, em relação à Alumina pura que foi de 286 MPa. Estes valores obtidos no trabalho mostram que o material obtido teve uma boa densificação a temperatura de 1600°C. Pode-se concluir que a adição de 10% e 20% de CA6 na matriz de Alumina é benéfica, pois proporciona boa densificação, com absorção de água praticamente nula e aumenta a resistência mecânica a flexão do material. Devido aos resultados obtidos é notável que o material proposto seja um refratário promissor com boas propriedades mecânicas de resistência a flexão.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal do Maranhão, ao programa de pós-graduação em materiais, ao departamento de mecânica e materiais do IFMA e a Universidade Estadual do Maranhão.

REFERÊNCIAS

Roz-Ud-Din, N. ; Parviz, S. **Strength and durability of recycled aggregate concrete containing milled glass as partial replacement for cement.** Construction and Building Materials, United States, 29 nov. 2011. p. 368–377.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: microestrutura, propriedades e materiais.** 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

SALES, F. A. **Estudo da atividade pozolânica de micropartículas de vidro soda-cal, incolor e âmbar, e sua influência no desempenho de compostos de cimento Portland.** 2014. 161f. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SITI, A. I.; HASLEND, H. **Low carbon measures for cement plant review.** Journal of Cleaner Production, v.103, p. 260-274, 2015.

WEIGUO, S. et al. **Quantifying CO2 emissions from China's cement industry.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 50, p. 1004-1012, 2015.

CAPÍTULO 3

ANÁLISE DE MECANISMOS

Data de aceite: 04/07/2022

Gabrieli Mesquita de Araujo
Engenharia Mecânica - FATEB

Hermano Ranieri Quirino Kubaski
Engenharia Mecânica - FATEB

Wesley Costa Bueno
Engenharia Mecânica - FATEB

RESUMO: O presente artigo é uma revisão bibliográfica dos principais mecanismos planos. Mecanismo é um conjunto de elementos rígidos móveis; uns relativamente a outros, unidos entre si mediante diferentes tipos de junções cujo propósito é a transmissão ou transformação de movimentos e forças. O artigo aqui apresentado traz informações técnicas sobre mecanismos, e tem como objetivo principal estudar as suas possíveis aplicações industriais.

ABSTRACT: This article is a bibliographic review of the main flat mechanisms. Mechanism is a set of rigid elements, movable relative to each other, joined together by different types of joints whose purpose is the transmission or transformation of movements and forces. The article presented here provides technical information on mechanisms, and its main objective is to study their possible industrial applications.

1 | INTRODUÇÃO

Mecanismos são elementos constituídos por Elos em uma cadeia cinemática. Ele é composto por elos, tais componentes são corpos rígidos compostos por nós, onde ocorre a conexão entre eles. Os elos também podem ser classificados através da quantidade de nós que o compõem, sendo os principais tipos: os Elos Binários, compostos por dois pontos de conexão, Elos Ternários, compostos por três nós e Elos Quaternários, compostos por quatro pontos de união.

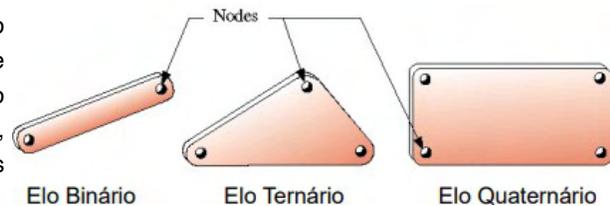
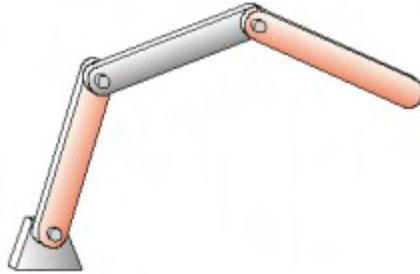


Figura 1: Classificação dos Elos de acordo com a quantidade de Nós

Fonte: Jorge Luiz Erthal

A partir da forma em que os Elos estão dispostos, podemos classificar um mecanismo e esta classificação conhecemos como quanto ao fechamento da cadeia cinemática, podendo ser aberta ou fechada. No caso das cadeias abertas, apenas um nó de um elo estará fixo, conforme mostrado na figura abaixo:



**mecanismo de
cadeia cinemática aberta**

Figura 2: Cadeia cinemática Aberta

Fonte: Jorge Luiz Erthal

Já no caso das cadeias Cinemáticas Fechadas, dois ou mais nós estão fixos.



**mecanismo de
cadeia cinemática fechada**

Figura 2: Cadeia cinemática Fechada

Fonte: Jorge Luiz Erthal

Outra forma de classificação que podemos encontrar é levando em conta o tipo de transformação de movimento que esse mecanismo realiza. De acordo com o tipo do mecanismo, ele pode transformar um movimento de rotação em translação, transmitir um movimento de rotação ou um movimento de translação para um movimento de translação, conforme demonstrado na figura abaixo:

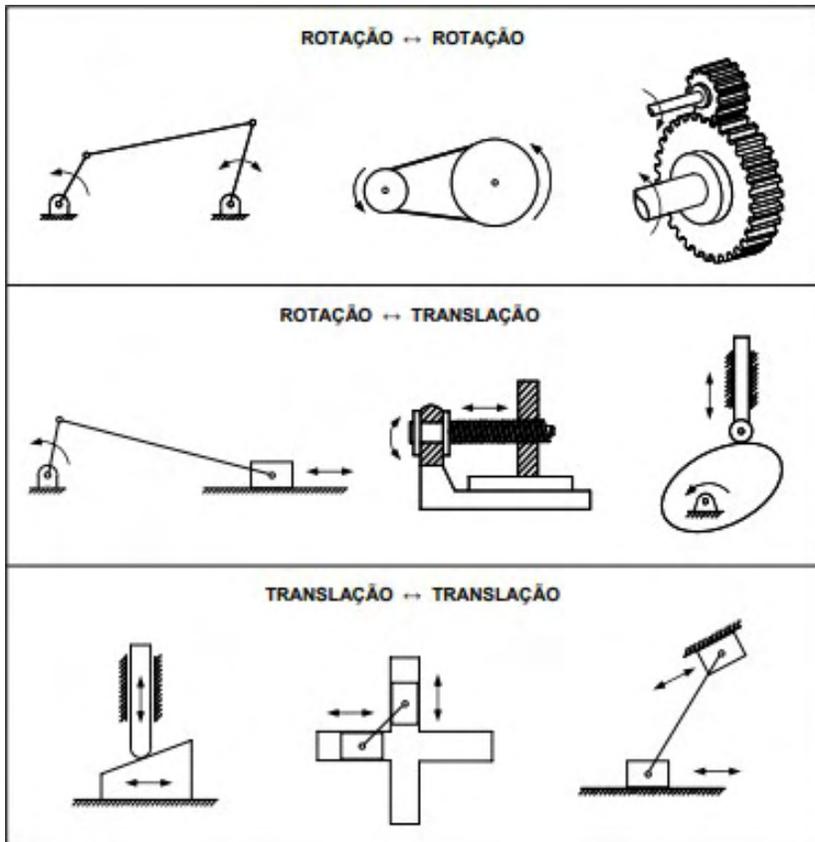


Figura 4: Classificação de mecanismos a partir do tipo de transformação de movimentos

Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

2 | DESENVOLVIMENTO

2.1 Mecanismo de Quatro Barras

O Mecanismo de Quatro Barras, também conhecido como Quadrilátero Articulado, podendo também ser classificado como o mecanismo mais simples, servindo como base para a obtenção dos demais tipos de Mecanismos. Ele é constituído por quatro Elos, sendo um deles fixo, um motor, um intermediário e um movido. Levando isso em conta, os Elos motor e movido denominam-se barras oscilantes, ou manivelas, devido seu movimento de rotação contínuo.

Podemos encontrar este tipo de mecanismo em inúmeras aplicações no dia a dia, como por exemplo em mecanismos de acionamento de prensas, mecanismos de acionamento de sistemas de projecção de filme, mecanismos de retorno rápido, entre outros. A figura abaixo traz um exemplo de sua utilização em um alicata de Pressão:

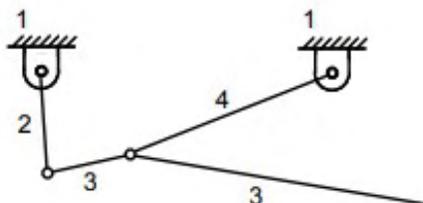
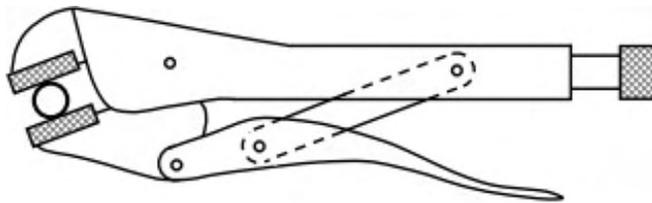


Figura 5: Alicates de pressão

Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

2.1.1 Regra de Grashof

“Para mecanismos de quatro barras que descrevem movimento plano, se a soma dos comprimentos das barras mais curta e mais comprida for inferior ou igual à soma dos comprimentos das duas barras restantes, então a barra mais curta pode rodar continuamente em relação às outras barras”.

Esta regra deve estar sempre presente ao acionamento de um mecanismo, pois isso requer um conhecimento da forma que deverá ser utilizada para mover tal mecanismo.

Abaixo vemos a representação dos mecanismos denominados Grashofianos. Quando o Elo motor pode ter rotação de 360°, e não-Grashofianos, quando o grau de rotação é limitado.

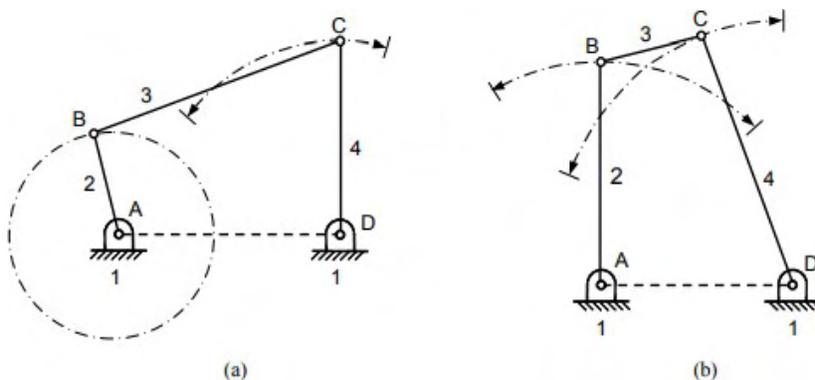


Figura 6: (a) Mecanismo Grashofiano e (b) Mecanismo não-Grashofiano

Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

2.2 Mecanismo Biela-Manivela com Corrediça

Atualmente, este tipo de mecanismo tem sido amplamente utilizado em diversos setores da mecânica devido sua simplicidade e versatilidade. Ele pode ser considerado um caso particular encontrado no mecanismo de quatro barras no qual o Elo movido se iguala a uma corrediça, movendo-se em linha reta ao mesmo tempo que o segundo Elo, que exerce movimento de rotação, é denominado de manivela, exercendo um movimento de transição retilíneo, e o terceiro Elo de biela que exerce um movimento misto, conforme demonstrado na imagem abaixo:

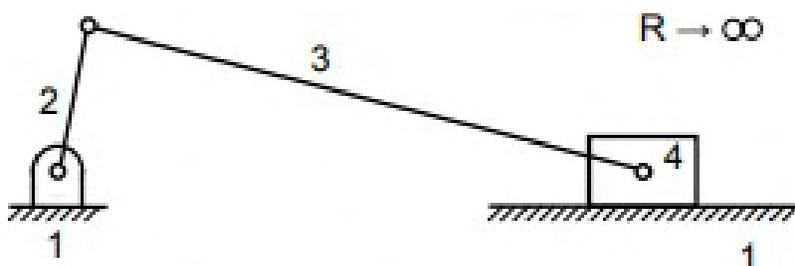


Figura 7: Mecanismo Biela-Manivela

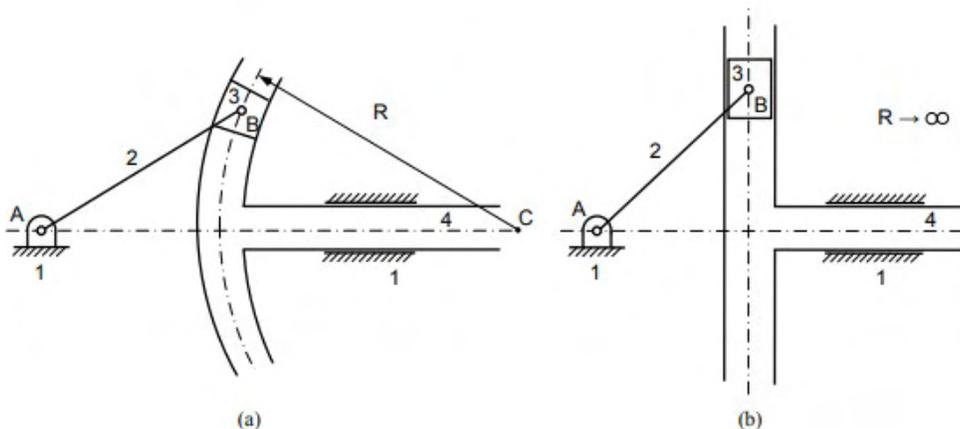
Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

Esse sistema busca transformar o movimento de rotação em movimento retilíneo, por esse motivo é largamente utilizado em sistemas mecânicos; como exemplo pode-se citar os motores de combustão interna, no conjunto formado pelo pistão, manivela e biela, que transforma a energia gerada pela combustão no interior do cilindro em energia mecânica, que será transmitida pelo virabrequim até o volante do motor, acoplado à caixa de transmissão.

Podemos encontrar também no interior de compressores de ar, onde um motor elétrico gera o movimento rotativo que é convertido através de um sistema Biela-Manivela a um movimento retilíneo que aciona um sistema pneumático para comprimir o ar.

2.3 Mecanismo de Scotch Yoke

O mecanismo de scotch yoke tem a aplicação principal em motores de bombas, devido ao seu tamanho compacto que é um factor importante. Apesar de sua potência ser transmitida por escorregamento, entre corrediças que de algum modo limita a sua aplicação a pequenos equipamentos, e em equipamentos que demandem cargas relativamente baixas. Também sendo utilizado em sistemas vibratórios, em máquinas laboratoriais. O mecanismo de scotch yoke, é um caso único do segmento, em que a biela tem comprimento infinito transformando-se numa corrediça. O mecanismo de scotch yoke é constituído por quatro barras, o fixe 1, a manivela 2 e as corrediças, 3 e 4.



Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

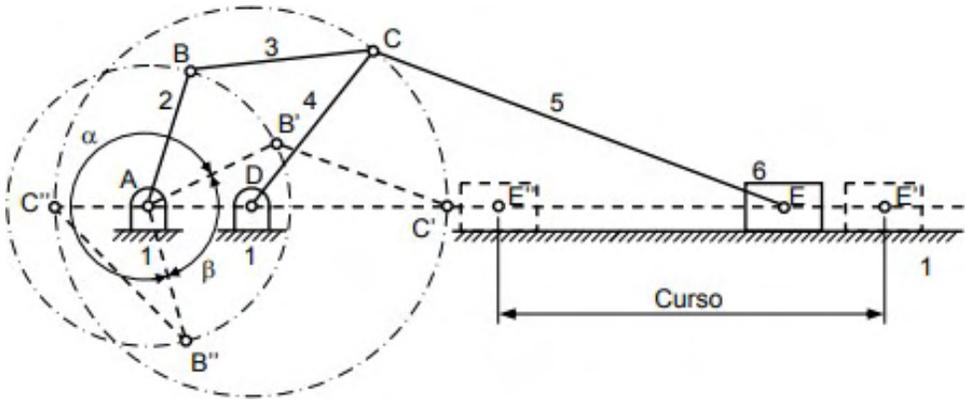
Em relação ao mecanismo de quatro barras, quando a manivela roda em torno de A, a corredeja 3 desliza dentro da guia, corpo 4, de modo que o ponto B descreve uma trajetória circular e mantém constante a distância ao ponto C que define o centro da curvatura da guia. Deste modo resulta que a segmento de recta BC equivale a uma biela com o mesmo comprimento, e que a corredeja 4 descreve exactamente o mesmo movimento caso fosse uma corredeja do mecanismo biela-manivela equivalente. No mecanismo de scotch yoke da figura 2.23b, a corredeja 3 tem comprimento infinito, sendo a guia perpendicular ao movimento efectuado pela corredeja 4.

2.4 Mecanismo de Retorno Rápido

Os mecanismos de retorno rápido são normalmente utilizados em máquinas, ferramentas e em dispositivos que se necessita a realização de movimentos de trabalho ou avanço mais lento num sentido, ou de um movimento de retorno ao ponto de partida mais rápido, que utiliza de motores rotativos de velocidade angular constante. Os mecanismos de retorno rápido são compostos por combinações de mecanismos elementares como o quadrilátero articulado e o mecanismo biela-manivela com corredeja.

2.4.1 Mecanismo de avanço

Podemos considerar o mecanismo de avanço como uma derivação do mecanismo de quatro barras de dupla manivela em que a barra 2 é órgão motor que roda com velocidade angular constante. Qual entre todos mecanismos de retorno rápido, é o único em que não existem juntas cinemáticas de translação ou deslizantes entre as barras que constituem o mecanismo base.



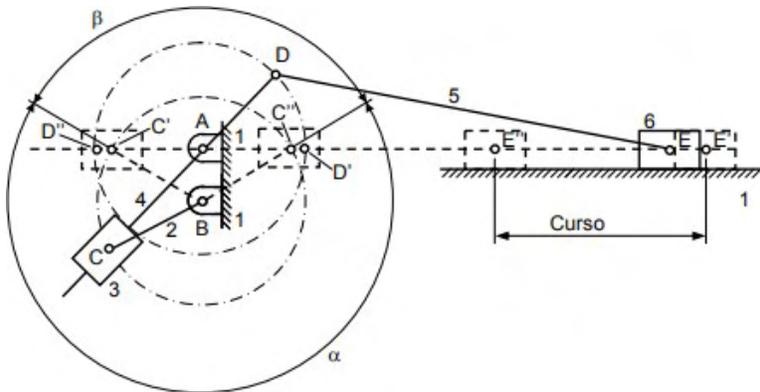
Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

No mecanismo de avanço a velocidade de translação da corredeira 6 é aproximadamente constante na maior parte da extensão do percurso de avanço, daí a designação de mecanismo de avanço.

Mecanismo de retorno rápido só é considerado se a razão de tempo for maior que 2. Nos mecanismos de retorno rápido, o sentido de rotação do órgão motor não é arbitrário. E quando um mecanismo de retorno rápido tem o seu sentido de rotação de motor invertida, a razão de tempo torna-se menor que a unidade, deixando de ser de retorno rápido.

2.5 Mecanismo de Whitworth

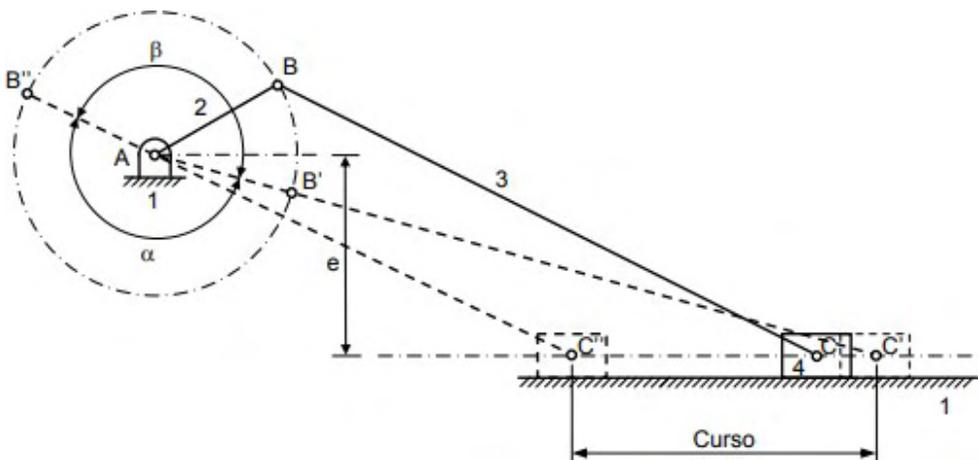
Este mecanismo tem princípios que derivam da inversão do mecanismo de biela-manivela que se considera fixa a manivela. Neste mecanismo, tanto a barra 2, como a barra 4 descrevem movimento de rotação contínua (manivela). O movimento da corredeira 3 é condicionado pelo movimento giratório da manivela 4, motivo qual faz o mecanismo de Whitworth ser conhecido como mecanismo de corredeira giratória. Normalmente o encontramos em ferramentas, e em máquinas da indústria têxtil.



Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

2.6 Mecanismo de Manivela Deslocada

É baseado no mecanismo biela-manivela, no qual a configuração do sistema se dá por deslocação do eixo da manivela para fora da linha de deslizamento. Com este mecanismo pode-se baixar razões de tempo. Sendo um mecanismo simples e com o atravancamento reduzido.

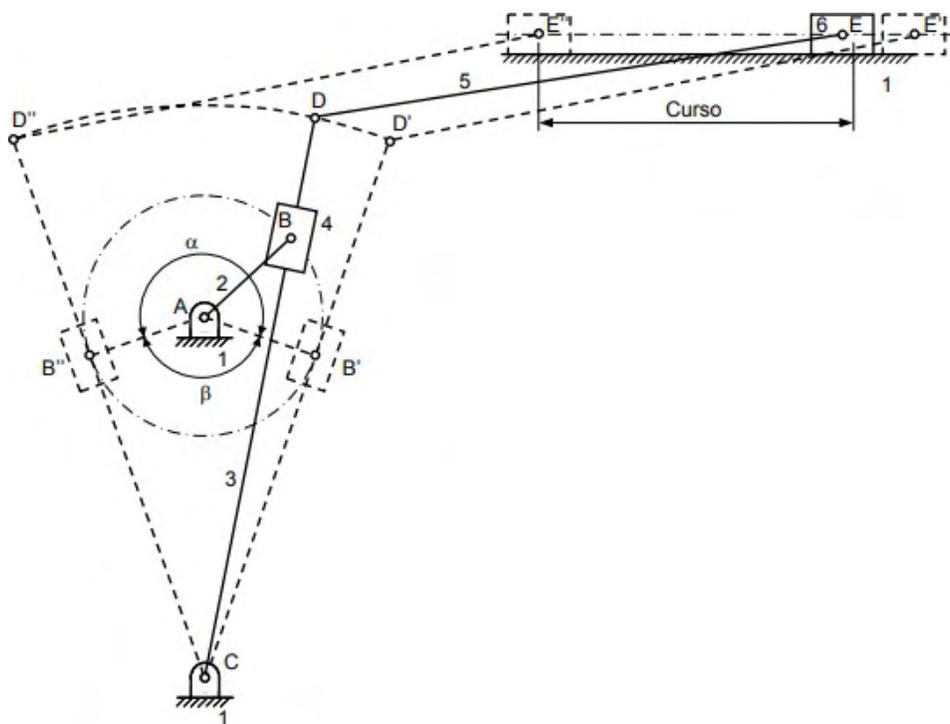


Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

2.7 Mecanismo do Limador

é uma variante do mecanismo de Whitworth, no qual o movimento de rotação da manivela 2 é convertido em translação rectilínea na corredeira 6. O mecanismo do limador tem movimento de retorno rápido a partir de quando o pino B da manivela 3 se movimenta ao longo do arco α durante o curso de avanço, ao passo que durante ou retorno, o pino

descreve um arco menor, β .



Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

2.8 Mecanismos geradores de trajetórias retilíneas

2.8.1 Mecanismo de Watt

James Watt é um escocês que foi responsável pela criação do mecanismo de Watt ou máquina a vapor. James adicionou um condensador de vapor e utilizou mecanismos para manter os cilindros fechados, sendo assim, evitaria a entrada de ar e consequentemente aumentar o rendimento em 75% da máquina newcomen.

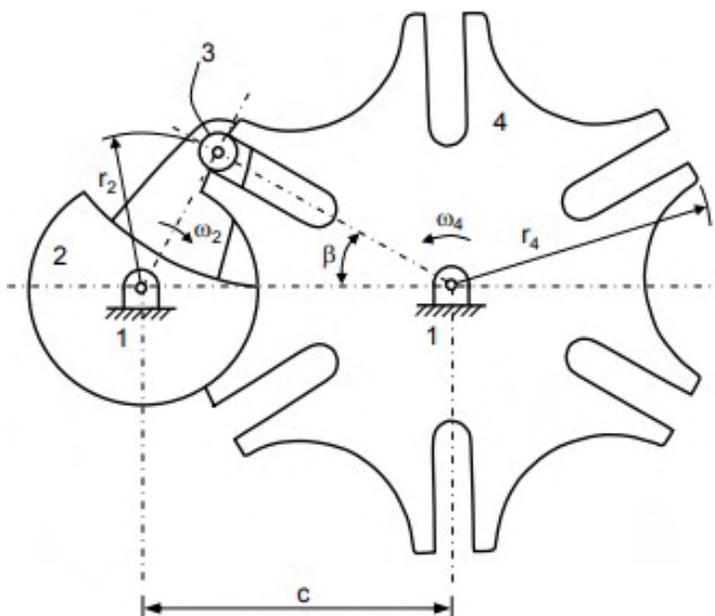
“Em princípio Watt tentou utilizar materiais com alto calor específico, ou seja, aqueles em que a temperatura aumenta muito pouco quando se cede a eles uma certa quantidade de calor. Chegou a experimentar um cilindro de madeira, mas esta, apesar de resolver os problemas associados à absorção de calor, possuía baixa resistência mecânica e rachava após algum tempo de uso” (RANDOW. pg, 40).

2.9 Mecanismos de movimento intermitente

Os mecanismos de movimento intermitente são todos que resultam um movimento unidirecional e alternado com o tempo ao órgão movido, com o resultado de um movimento contínuo de rotação do órgão motor. Um movimento intermitente é descrito por uma sequência de períodos de avanço e de repouso ou estacionamento do órgão movido. Nos mecanismos de movimento intermitente o órgão movido desloca-se sempre no mesmo sentido. Estes mecanismos de movimento intermitente são de importância fundamental na mecânica quando queremos converter um movimento contínuo, num movimento intermitente. São tipicamente mecanismos de comando de operação e de alimentação em máquinas, e na relojoaria, entre outros.

2.9.1 Mecanismo de Genebra ou Cruz de Malta

É o mais usado dos mecanismos de movimento intermitente. Este modelo assemelha-se a um sistema do tipo came-seguidor, em que o movimento contínuo de rotação da manivela gera um movimento intermitente da roda, podendo ser usado em sistemas de baixa e alta velocidade.



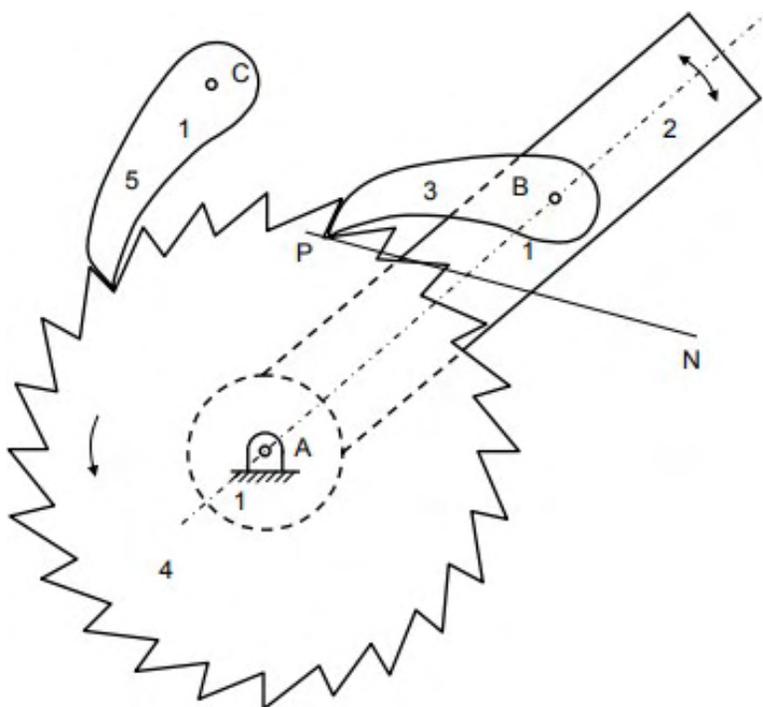
Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

Este modelo de mecanismo foi muito utilizado em relógios para evitar o excesso de carga na corda. hoje normalmente é usado em sistemas mecânicos automáticos, como os mecanismos de projecção que possibilitam o movimento intermitente ao avanço das

películas dos filmes.

2.9.2 Mecanismo de Catraca ou Trinquete

Este modelo é o único que possibilita que o órgão movido se movimente num sentido e bloqueie no outro.

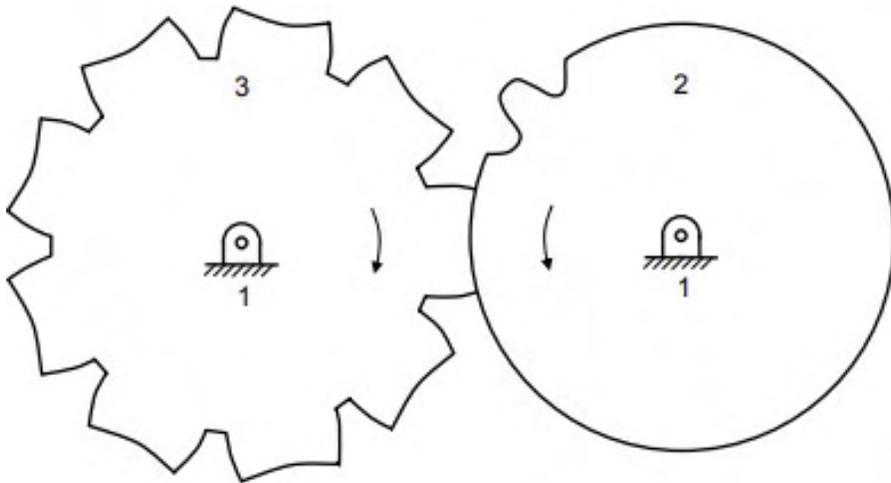


Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

Este mecanismo tem a aplicação normalmente em sistemas de corda de relógios, em freios manuais, em dispositivos mecânicos de contagem, entre outros.

2.9.3 Mecanismo de Engrenamento Intermitente

É constituído por duas rodas dentadas, que se acoplam e transmitem o movimento através da rotação contínua da roda motora. Este tipo de mecanismo é utilizado em situações nas quais as cargas envolvidas são baixas ou moderadas. Como as que ocorrem em dispositivos mecânicos de contagem, alimentadores mecânicos, entre outras aplicações.

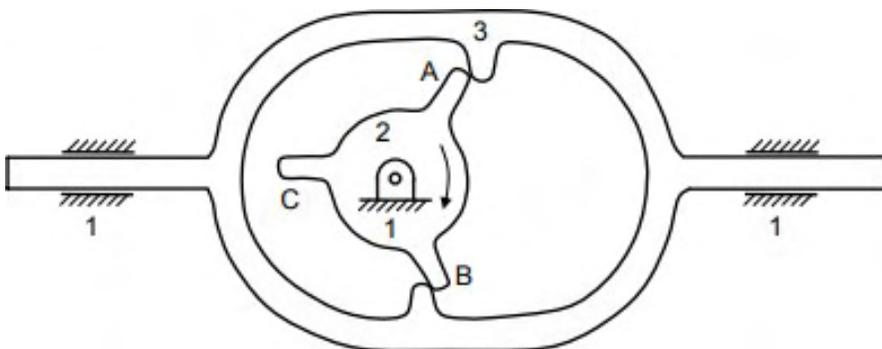


Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

Os dentes das rodas podem ter formatos que proporcionam diferentes relações entre os movimentos de entrada e de saída. Assim, por exemplo, a roda motora pode ter um ou mais dentes e os períodos estacionários da roda movida podem ser uniformes ou variar consideravelmente.

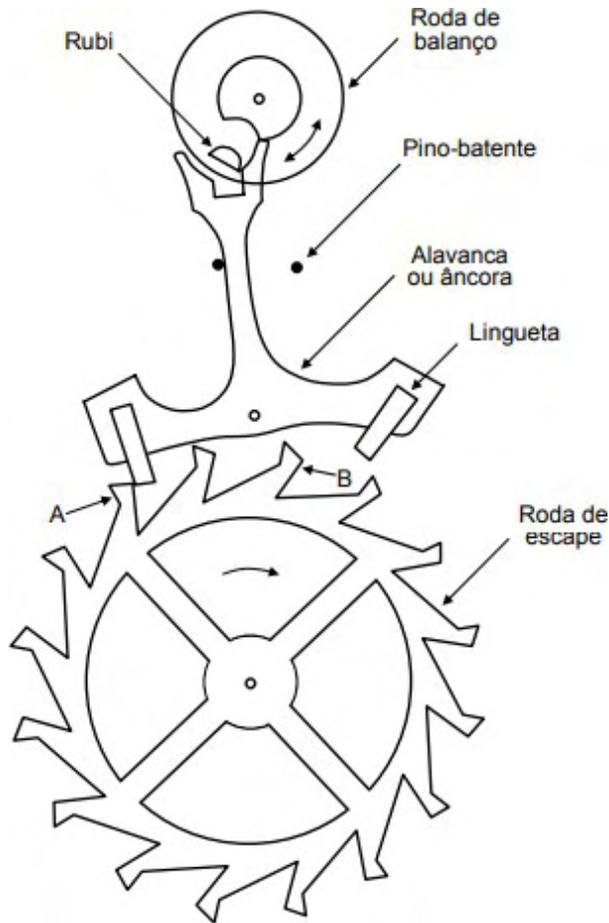
2.9.4 Mecanismo de Escape

Pode-se considerar todo mecanismo de escape todo sistema em que uma roda move barras distintas, em que unidas a uma armação tenha-se um movimento alternativo de rotação ou de translação.



Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

Sendo este um dos mais simples mecanismos de escape. A roda motora 2 é dotada de três dentes e a armação 3, que tem duas linguetas, desliza sobre uma guia linear de translação.



Fonte: Paulo Flores et.al J.C Pimenta Claro

Um outro mecanismo de escape é a roda de balanço. A roda de balanço é ligada a um pêndulo de período fixo. Que normalmente é denominado cabelo nos sistemas mecânicos de menor dimensão. A roda de escape é normalmente movida por uma mola de torção e possui um movimento intermitente comandado pela alavanca. A cada oscilação completa da roda de balanço, a âncora libera o avanço de um dente da roda de escape. Simultaneamente, o movimento da roda de escape promove o retorno da âncora à sua posição anterior em loop, transmitindo energia à roda de balanço para iniciar um novos ciclos.

3 | CONCLUSÃO

Neste trabalho abordamos as informações técnicas sobre mecanismos, e como objetivo principal estudar as suas possíveis aplicações industriais. Em virtude dos fatos mencionados neste artigo, uma pesquisa realizada sobre mecanismos descobrimos as já

existentes aplicações e novas possíveis formas de aplicações nas indústrias. Visto que não tínhamos o conhecimento da já ampla aplicação e diferentes características dos tipos de mecanismos.

Todos os objetivos foram concretizados pelos integrantes, qual teve grande importância e ampliou a nossa compreensão a respeito do tema abordado no artigo. Este estudo foi uma importante ferramenta para adquirir conhecimento e criar novas ideias futuros a respeito do objeto de pesquisa, que se trata de uma tema pouco usual no desenvolvimento de pesquisa científicas atualmente.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste artigo contou com a ajuda de diversas pessoas, dentre as quais agradeço:

Agradecemos, primeiramente, a Deus pela oportunidade de concluirmos este artigo.

Agradecemos ao professor Kevin do curso de engenharia mecânica que através do seu conhecimento nos orientou com seu conhecimento para que pudéssemos estar finalizando esta pesquisa.

A todos que participaram com as pesquisas e colaboraram para a conclusão do artigo.

REFERÊNCIAS

FLORES, Paulo *et al.* Cinemática de Mecanismos. **Análise Descritiva de Mecanismo**, Guimarães, p. 1-42, 4 out. 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/hp/Downloads/Capitulo02.pdf>. Acesso em: 5 out. 2020.

RANDOW, Nilton, V. Da Revolução à Concretização. Disponível em: http://www1.pucminas.br/imagedb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI201310081_30053.pdf. Acesso em: 5 out. 2020.

SELECTIVE DISPERSION OF STYRENE-BUTADIENE CROSS-LINKED WASTE IN THE POLYSTYRENE MATRIX: A TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY (TEM) RESEARCH

Data de aceite: 04/07/2022

Carlos Bruno Barreto Luna

Universidade Federal de Campina Grande,
Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais
Campina Grande, Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/3715843582747323>

Eliieber Barros Bezerra

Universidade Federal da Paraíba,
Departamento de Engenharia de Materiais
João Pessoa, Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/0159186307815402>

Divânia Ferreira da Silva

Universidade Federal de Campina Grande,
Unidade Acadêmica de Engenharia de
Materiais
Campina Grande, Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/2701031112448578>

Eduardo da Silva Barbosa Ferreira

Universidade Federal de Campina Grande,
Unidade Acadêmica de Engenharia de
Materiais
Campina Grande, Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/6980905769610776>

Edcleide Maria Araújo

Universidade Federal de Campina Grande,
Departamento de Engenharia de Materiais
<http://lattes.cnpq.br/1097999681102529>

Amanda Dantas de Oliveira

Universidade Federal de Pelotas, Programa de
Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de
Materiais
Pelotas, Rio Grande do Sul
<http://lattes.cnpq.br/0010723066123700>

Renate Maria Ramos Wellen

Universidade Federal da Paraíba,
Departamento de Engenharia de Materiais
João Pessoa, Paraíba
<http://lattes.cnpq.br/5406259642631461>

ABSTRACT: The aim of this study was to observe the morphological development in polystyrene (PS) non-reactive blends with a recycled styrene-butadiene compound (SBRr), using the styrene-butadiene-styrene (SBS) copolymer as a compatibilizing agent. The effect of different mixing sequences in the preparation of PS/SBRr/SBS (47.5/47.5/5 wt %) blends on the morphology were investigated. The blends were prepared in a co-rotating twin-screw extruder and molded via injection. The samples analyzed were taken from the Izod impact test specimens, subsequently prepared using cryo-ultramicrotomy, and observed through transmission electron microscopy (TEM). The blend prepared by the simultaneous mixing of all components in a single extrusion has a morphology with elongated particles. When the PS and SBRr were pre-mixed in the first extrusion before incorporating SBS in the second extrusion, the morphology exhibited a co-continuity tendency in the SBRr phase. On the other hand, when the PS premix is performed together with the SBS initially in the first extrusion prior to the incorporation of the SBRr into the second extrusion, the morphology is apparently more stable, with smaller particles, which are better distributed in the PS matrix. Therefore, the results show that, depending on the processing route, the morphology changes significantly.

KEYWORDS: Polymer blends. Mixing sequence. Morphology. TEM.

DISPERSÃO SELETIVA DE RESÍDUOS RETICULADOS DE ESTIRENO-BUTADIENO NA MATRIZ DE POLIESTIRENO: UMA INVESTIGAÇÃO POR MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE TRANSMISSÃO (MET)

RESUMO: O objetivo deste estudo foi observar o desenvolvimento morfológico em blendas não reativas de poliestireno (PS) com um composto de estireno-butadieno reciclado (SBRr), utilizando o copolímero de estireno-butadieno-estireno (SBS) como agente compatibilizante. O efeito de diferentes sequências de mistura na preparação das blendas PS/SBRr/SBS (47,5/47,5/5% em peso) sobre a morfologia foi investigado. As blendas foram preparadas em uma extrusora de dupla rosca co-rotacional e moldadas por injeção. As amostras analisadas foram retiradas das amostras do teste de impacto Izod e, preparadas posteriormente, por crio-ultramicrotomia e observadas por microscopia eletrônica de transmissão (MET). A blenda preparada pela mistura simultânea de todos os componentes, em uma única extrusão, possui uma morfologia com partículas alongadas. Quando o PS e o SBRr foram pré-misturados na primeira extrusão, antes de incorporar o SBS na segunda extrusão, a morfologia exibiu uma tendência de cocontinuidade da fase SBRr. Por outro lado, quando a pré-mistura do PS é realizada em conjunto com o SBS inicialmente na primeira extrusão, antes da incorporação do SBRr na segunda extrusão, a morfologia é aparentemente mais estável, com partículas menores e melhor distribuídas na matriz PS. Portanto, os resultados mostram que, dependendo da rota de processamento, a morfologia muda significativamente.

PALAVRAS-CHAVE: Blendas poliméricas. Sequência de Mistura. Morfologia. MET.

1 | INTRODUÇÃO

Polystyrene (PS) is one of the most used thermoplastics in the polymer industry worldwide, as it is easily synthesized, processed, and recycled (Calleja et al., 2004; Luna et al., 2015; Yousif and Haddad, 2013). PS at room temperature is a glassy and amorphous homopolymer, presenting limitations in ductility and possessing a low impact strength, due mainly to its high glass transition temperature (T_g) in the range of 90–100°C (Grassi et al., 2001). Therefore, for certain applications, polystyrene (PS) needs to be toughened (Wang et al., 2019; Kasavan et al., 2018).

Toughness is one of the most important parameters that determines if a given polymer can be used in several applications (Coutinho et al., 2007). In the polymer literature (Zhu et al., 2012; Cai et al., 2013), toughening is associated with an increase in the impact strength of fragile polymers, such as polystyrene (PS). The main technique used by the polymer industry has been the development of polymer blends, wherein a fragile matrix is reinforced with dispersed rubber particles (Fang et al., 2004; Libio et al., 2012). Thus, some recent work has reported on the development of polystyrene blends with rubber (Zhou et al., 2015; Hassan et al., 2019). In particular, the toughening of polystyrene with recycled rubber has been investigated, aiming to reduce the environmental impact (Rosas and Juan,

2013; Veilleux and Rodrigues, 2016; Luna et al., 2018). These works have emphasized the mechanical, thermal, and morphological properties observed via scanning electron microscopy (SEM). However, studies on the morphological evolution of polystyrene blends with recycled rubber while modifying the mixing sequences in a twin-screw extruder are not in evidence. Hence, this study is doubly convenient, as it affects the properties of interest directly and fills a gap in the literature.

The processing of a polymer blend is an extremely important step, since the conditions strongly influence the morphology of the material and, consequently, its mechanical properties (Cao et al., 2019; Torrecillas et al., 2018; Thomann et al., 2009). There are several studies in the literature (Gao et al., 2006; Rovere et al., 2008; Zhang et al., 2013) that have investigated the morphology of high-impact polystyrene (HIPS) developed in a reactor with butadiene rubber via transmission electron microscopy (TEM). However, investigations on toughened polystyrene with recycled rubber via TEM are practically nonexistent.

Therefore, the present research aims to investigate the use of TEM to analyze the evolution of the morphology of polystyrene mixtures with a recycled rubber compound using styrene-butadiene-styrene (SBS) as a compatibilizing agent. It will show that the mixing sequences used affect the morphology significantly.

2 | BIBLIOGRAPHIC REVIEW

In recent decades, technological advances, despite having increased countless benefits, have contributed negatively to a significant increase in the volume of urban and industrial solid waste generated, which often have an inadequate or unacceptable final destination from an economic point of view and environmental (Lima et al., 2015; Merrington, 2017; Santos et al., 2015). In this context, one of the industrial waste most aggressive to the environment is vulcanized rubber.

The reuse of post-consumer rubber waste represents a major challenge, especially in the tire and footwear industries, since the vast majority are vulcanized. One of the major obstacles in the recycling of vulcanized rubbers lies in the fact that these materials have cross-links in their structure, preventing their fusion and reprocessing (Garcia et al., 2015).

Sousa et al. (2015) reported in their studies that the vulcanized rubber waste does not decompose easily due to its reticulated structure, the presence of stabilizers and other additives, and the time required for it to degrade naturally is undetermined. Vulcanized rubbers cannot be reprocessed as thermoplastic materials as they are infusible and insoluble in organic solvents due to the presence of the three-dimensional chemical network. Currently, the recycling of vulcanized rubbers is even more difficult due to the addition of new components in the mixture and additives in order to increase their performance and useful life, in addition to the fact that the actual formulation is unknown because it is confidential.

The reuse of rubber can be a difficult process, however, it is currently being made

possible in mixtures with thermoplastics. In this case, the rubber residues are dispersed in the thermoplastic matrix during processing, acting as elastomeric fillers (Mangaraj, 2005).

Zhang et al. (2013) developed polystyrene blends with rubber residues from the tire industry (PS/WRP), using polystyrene grafted with styrene-butadiene (PS-g-SBR) as a compatibilizer. The results showed that the PS/WRP blend in the proportion 80/20% (by mass) showed high impact resistance, and this was higher when the compatibilizer SBR-g-PS was added. However, the same blend reduced the properties to high levels of the compatibilizer SBR-g-PS. Differential exploratory calorimetry (DSC) analysis indicated that, compared to the PS/WRP blend, the PS glass transition temperature (T_g) in the ternary mixture PS/WRP/SBR-g-PS was shifted to more low temperatures. The images obtained by scanning electron microscopy (SEM) indicated a better interfacial adhesion for mixtures compatible with PS-g-SBR.

Silva et al. (2014) studied the mechanical properties of polystyrene (PS) blends with rubber residue from the shoe industry (SBRr), using two different types of polystyrene, as well as a styrene-butadiene-styrene (SBS) compatibilizing agent. The results showed that the tensile strength tended to decrease and the impact resistance increased, as the rubber residue content increased in the blends. The incorporation of 47.5% SBRr with 5% SBS in the PS/SBRr/SBS blend increased the impact resistance by 250%, compared to pure PS. However, it was observed that for all ternary blends a reduction in tensile properties, in comparison to PS. In general, the results showed that the mechanical properties were better for PS with higher viscosity, indicating a greater interaction with the rubber residue and, consequently, favoring a better toughening of this polymer.

Luna et al. (2020) investigated the influence of 5; 7.5 and 10% of the styrene-butadiene-styrene (SBS) compatibilizer, in the properties of polystyrene (PS) blends with a recycled styrene-butadiene rubber compound (SBRr), obtained in the shoe industry. For comparative effect, high impact commercial polystyrene (HIPS) was used. It was observed that the viscosity of the blends was higher than the HIPS. The blends made compatible with 5 and 7.5% were at the same level of resistance to the impact of HIPS, while the 10% had a gain of 80.5%, compared to HIPS. The flexural properties, Shore hardness, thermal deflection temperature (HDT) and Vicat softening temperature were close to HIPS, which was attributed to the presence of inorganic loads, minimizing losses of these properties. By atomic force (AFM) the presence of two distinct phases was observed, while the morphology obtained by SEM was typical of immiscible blends.

The reuse of rubber waste is important, as it can add value to a material that would be discarded. At the same time, it contributes to the development of materials with good properties, thereby generating a sustainable cycle. However, although there are studies on the proposed theme, there are still few investigations on the effect of the processing route on morphology.

3 | MATERIALS AND METHODS

3.1 Materials

The blends were prepared from PS crystal, commercialized with the code 158K Q611®, and melt flow index (MFI) = 4.5 g/10 min (190°C/ 5kg), supplied as pellets and manufactured by Unigel S.A. (Brazil). A recycled compound of vulcanized styrene–butadiene rubber (SBRr) in the form of white powder from the shoe industry of São Paulo Alpargatas S.A., was used as the filler or dispersed phase. The compatibilizing agent used was the SBS linear triblock copolymer in the form of pellets, commercialized with the code D1101B®, containing 31% styrene and melt flow index less than 1 g/10 min (200°C/5 kg), supplied by Activas S.A. (Brazil).

3.2 Preparation of the Blends

Prior to the preparation of the blends, the industry-recycled rubber compound was sieved in an 18-mesh sieve (1000 µm), and the sieved powder was used. In order to study the effect of the SBS copolymer on the PS/SBRr blend morphology and the dispersion of the SBRr particles in the compatibilized blends, three different mixing sequence were used to prepare ternary blends, according to the following procedure:

- PS/SBRr/SBS: PS, SBRr, and SBS were blended simultaneously in a single extrusion step.
- (PS/SBRr) + SBS: PS and SBRr were preblended in the first extrusion step. Subsequently, the product obtained was blended with SBS in a second extrusion step.
- (PS/SBS) + SBRr: PS and SBS were preblended in the first extrusion step. Subsequently, the product obtained was blended with SBRr in a second extrusion step.

For all mixing sequences, the amounts of PS, SBRr, and SBS were fixed at 47.5, 47.5, and 5.0 wt%, respectively. Additionally, for reference, a PS/SBRr (50/50 wt %) binary blend was also prepared in a single extrusion step. The descriptions of the three mixing sequences are shown in Figure 1.

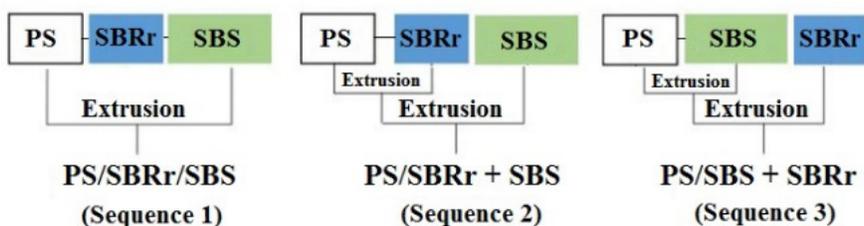


Figure 1 - Flow chart for preparing PS/SBRr blends with 5 wt % SBS via different mixing sequences.

The binary and ternary blends were dry-mixed and subsequently processed in a modular, co-rotating twin-screw extruder, model ZSK (D = 18 mm and L/D = 40) from Coperion Werner & Pfleiderer, at a temperature of 190°C in zones 1 and 2 and 200°C in the other zones, a screw rotation speed of 250 rpm, and a controlled feed rate of 4 kg/h, with the screw profile configured with distributive and dispersive mix elements.

The material was granulated and dried in a vacuum oven at 60°C for 24 hours. The dried extruded granules were molded by injection into the form of Izod impact strength specimens (ASTM D256). The injection molding was done with an injection pressure of 900 bar in a Fluidmec injector (Model H3040) at temperatures of 180°C in zone 1 and 190°C in zone 2. The mold temperature was 20°C and 25s of injection time.

3.3 Transmission Electron Microscopy (TEM)

The samples analyzed by TEM were taken from the Izod impact test specimens and observed in the direction perpendicular to the injection flow. The specimens were trimmed to a trapezoid form and then cut into thin sections of about 40 nm in thickness using a diamond knife and a Riechert-Jung Ultracut E type microtome at around -60°C. Copper grids were used to collect the sliced specimens. A two-step selective staining technique was used to generate the phase contrast. The staining of the polybutadiene (PB) phase of the SBRr phase was completed in two stages. The sliced samples were immersed in a solution of DMSO: water (proportion - 3:2). After drying, the samples were stained with osmium tetroxide solution (OsO_4) vapor for 15 hours. After staining, the grids with the coated samples were viewed in a Philips transmission electron microscope, model CM120, at an acceleration voltage of 120 kV.

4 | RESULTS AND DISCUSSION

TEM has been used widely as a way to relate morphology to the properties of materials which are determinants in technological applications that require good performance (Dagli et al., 1995).

Figure 2 (a-d) shows the micrographies obtained by TEM of the binary PS/SBRr blends and ternary blends with 5% SBS. For a better visualization of the present phases, the polybutadiene (PB) phase was dyeing with osmium tetroxide (OsO_4). Through this selective staining technique, it is possible to observe the polybutadiene domains (dark particles) in the polystyrene matrix (PS). In addition, gray image processing (left-hand picture) was performed and transformed into a binary digital image (right- hand picture) in order that the clear (polystyrene) and dark (polybutadiene) regions can show clearly the dispersion of the elastomeric phase (PB). ImageJ software used to convert the images obtained by TEM to binary images.

The morphologies of all blends, Figure 2 (a-d), show typical immiscible blends

presenting phase separations of PS and SBRr. For the PS/SBRr blend, Figure 2 (a and a1) shows a heterogeneous morphology that presents SBRr elongated domains which are wide and have agglomerated and poorly dispersed particles along the matrix. The final morphology of an immiscible polymer blend is the result of the balance between the rupture and agglomerate formation of the particles dispersed during the process (Bassani et al., 2005). Apparently, the SBRr particles tend to predominantly form agglomerate domains in the PS/SBRr blends, and most likely the formation of agglomerates overlaps the particle disruption process, as the SBRr is shown to be roughly dispersed in the PS matrix, directly affecting mechanical properties. The presence of agglomerates reduces the ability of the matrix to withstand mechanical stresses, since they tend to have a lower surface area and, consequently, distribute stress less (Rabello, 2000).

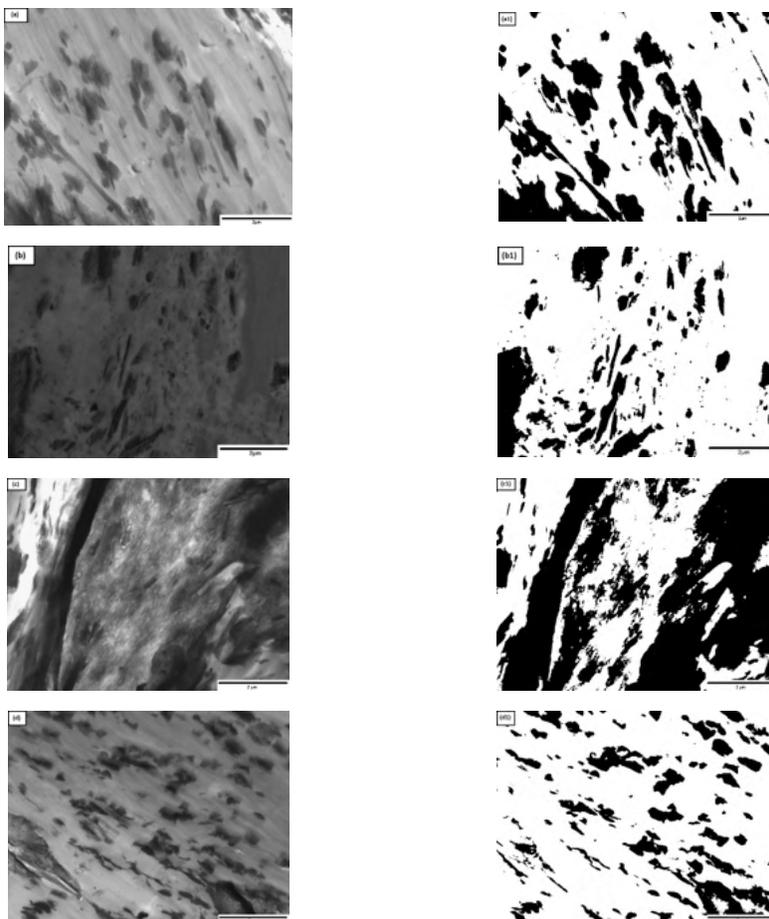


Figure 2 - Photomicrographs obtained by MET of the mixtures: a) PS/SBRr; b) PS/SBRr/SBS; c) (PS/SBRr) + SBS; and d) (PS/SBS) + SBRr. Increase of 11.500x.

In Figure 2 (b-d), it is possible to see that the morphologies presented by the ternary blends prepared with different mixing sequences are quite different. These differences indicate that the mixing sequences of the components affect the blend morphology. In addition, the compatibilizer acts on the blend interface, reducing the domain size and improving the distribution of the dispersed phase in the matrix, as well as increasing the adhesion between the phases (Graziano et al., 2018).

When the SBS copolymer is introduced into the blends PS/SBRr/SBS and (PS/SBS) + SBRr, Figure 2 (b, d) shows a decrease in the size of the SBRr domains in relation to the PS/SBRr blends, although some relatively elongated SBRr domains and agglomerates are still present. The blend prepared via the sequence (PS/SBS) + SBRr shows a better dispersion of the SBRr domains when compared to the simultaneous mixing of all PS/SBRr/SBS components. It is speculated that the formation of a more stable morphology for the blend (PS/SBS) + SBRr during the first processing of the PS with SBS possibly favors a better interaction with the SBRr during the second processing, thereby promoting a better dispersion of the rubber's particles. It is also possible to visualize that the sequence (PS/SBS) + SBRr shows a greater tendency towards bimodal particles in the range of 2 to 5 μm , thus favoring better toughening (Hobbs, 1986). The only change and inversion in morphological behavior occurred in the mixing sequence (PS/SBRr) + SBS, where there was a co-continuity tendency in the SBRr phase. It is possible to observe that, in this mixture, i.e., (PS/SBRr) + SBS, certain regions of the polystyrene matrix were surrounded by the rubber, possibly because the PS/SBRr system underwent two processing cycles, i.e., a more intense blending.

Figure 3 shows the micrographies obtained by TEM of the PS/SBRr binary blends and the ternary blends with 5% SBS at an increase of 66.000x. The mechanical behavior of rubber toughened polymers is related directly to their morphology, average particle size, and elastomer content (Costa et al., 2012). Therefore, it is interesting to analyze the morphology at higher magnifications.

The non-compatibilized blend (PS/SBRr) in Figure 3(a) shows a morphology with a tendency towards forming relatively large particles which are agglomerated and poorly distributed in the PS matrix as well as a short interparticle distance. On the other hand, the blend prepared using the sequence (PS/SBS) + SBRr resulted in a more marked decrease in the size of the dispersed SBRr domains. Apparently, it is also possible to verify the phenomenon of fine-scale cavitation (black arrow), in which case there is a generation of voids inside the rubber particle (Dompas and Groeninckx, 1994).

Figure 3(b) shows the micrograph of the PS/SBRr/SBS blend, where the SBRr domains are larger and more elongated than they are in the (PS/SBS) + SBRr blend. In addition, the PS/SBRr/SBS sequence shows few particles per area, indicating poor dispersion of the particles in the PS matrix. Again, the mixture (PS/SBRr) + SBS, shown in Figure 3(c), exhibits a morphology with a co-continuity tendency, with SBRr particles

having an interconnected structure. This type of co-continuous morphology is not made in a single volumetric fraction but rather in a composition range. The range of co-continuity depends on the interfacial tension, presence of crosslinks, and processing conditions (Boer et al., 1998; Willemse et al., 1998; Veenstra et al., 2000). In the (PS/SBRr) + SBS mixing sequence, it is reasonable to suggest that the preponderant effect in terms of changing the morphology is the PS and SBRr phase feed conditions during the extrusion process, since the morphology differed significantly from the (PS/SBS) + SBRr sequence when feeding PS and SBS initially.

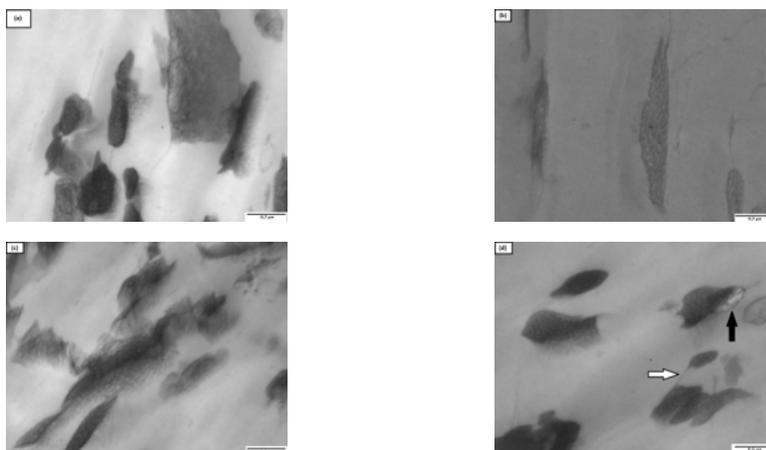


Figure 3 - Photomicrographs obtained by TEM of the mixtures: a) PS/SBRr; b) PS/SBRr/SBS; c) (PS/SBRr) + SBS; and d) (PS/SBS) + SBRr. Increase of 66.000x.

The impact strength results of PS/SBRr blends; PS/SBRr/SBS; (PS/SBRr) + SBS and (PS/SBS) + SBRr can be found in the literature (Luna et al., 2015b). The PS/SBRr blend was found to have the lowest impact strength, due to the morphology with coarse and poorly dispersed particles. However, by adding the compatibilizer a higher performance in impact strength was obtained, suggesting a greater stability in morphology. As a consequence, significant increases in impact strength were verified. When PS and SBS were mixed together in a first extrusion step, before incorporation of SBRr in a second extrusion step, impact resistance was optimized with a 302% increase over the polystyrene matrix. On the other hand, when performing simultaneous PS/SBRr/SBS mixing, impact strength was reduced compared to the sequence (PS/SBS) + SBRr, indicating that the generated morphology reduced the ability of SBRr particles to dissipate energy. Good impact strength was verified for the sequence (PS/SBRr) + SBS, including a performance comparable to the sequence (PS/SBS) + SBRr, considering the experimental error. This indicates that a co-continuous morphology favored good energy dissipation when subjected to the impact strength test.

Rabello (2000) reports that a decrease in the size of the rubber particles results in a better distribution of stresses and, consequently, an increase in the surface area of fissures, representing a positive aspect in terms of toughening. Therefore, by changing the mixing sequences, the morphology can be modified to include a greater degree of refinement in the rubber particles, which affects the mechanical properties. A number of investigations have been carried out to monitor the modification of phase morphology during extrusion with the aim of improving properties (Castro et al., 201; Oliveira et al., 2011). Apparently, the modification of the mixing sequence in blends has a major influence on impact strength. However, no significant influence on the results of tensile properties is observed. Castro et al. (2016) showed that the modification of the mixing sequence affects the morphology of PA6/ABS blends compatibilized with MMA-MA. When PA6 is mixed with the premixed (ABS/MMA-MA) system, the compatibilizer migrates preferentially to the ABS phase, forming a co-continuous structure, which favors increased toughness. On the other hand, when the ABS is mixed with the premixed (PA6/MMA-MA) system, the compatibilizer is preferably located in the PA6 phase, inducing a morphology of encapsulated particles.

5 | CONCLUSION

In this study, the morphology of PS/SBRr blends compatibilized with the SBS copolymer was analyzed using three mixing sequences prepared in a co-rotating twin-screw extruder. The study of the morphological behavior of the blends showed that they are immiscible and dependent on the feeding conditions during the extrusion process. The evolution of the morphology when changing the mixing sequence during the extrusion process is quite different for the compatibilized systems, indicating that it probably impacts directly on the mechanical properties. Apparently, the sequence (PS/SBS) + SBRr forms a more stable morphology, with smaller particles and better dispersion along the PS matrix. The study of the modification's effect on the mixing sequences is relevant since by modifying the feed sequence in the blend (PS/SBS) + SBRr to (PS/SBRr) + SBS, there was a change in morphology, with dispersed particles of SBRr exhibiting a co-continuity tendency.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank to UFCG, CNPq, MCTI/CNPq, PNPd/CAPES for the financial support and to São Paulo Alpargatas/PB for the SBRr by supplying the recycled compound.

REFERENCES

BASSANI, A.; JÚNIOR, E. H.; PESSAN, L. A. Evolução da morfologia de fases de blendas PA6/AES em extrusora de dupla rosca e moldagem por injeção. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v.15, n. 3, p.176-185, 2005.

BOER, A. P.; BOER, A. P. W.; DAM, J. V.; GOTSIS, A. D. Co-continuous morphologies in polymer blends: a new model. **Polymer**, v. 39, n.24, p. 5879-5887, 1998.

CAI, G. D.; YANG, H. Y.; ZHU, L. D.; LIU, H.; WU, G. F.; ZHANG, M. Y.; ZHOU, C.; GAO, G. H.; ZHANG, H. X. Toughening polystyrene by core-shell grafting copolymer polybutadiene-graft-polystyrene with potassium persulfate as initiator. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 19, n. 3, p. 823-828, 2013.

CALLEJA, F. J. B.; CAGIAO, M. E.; ADHIKARI, R.; MICHLER, G. H. Relating microhardness to morphology in styrene/butadiene block copolymer/polystyrene blends. **Polymer**, v.45, n.1, p. 247-254, 2004.

CAO, X.; DONG, W.; HE, M.; ZHANG, J.; REN, F.; LI, Y. Effects of blending sequences and molecular structures of the compatibilizers on the morphology and properties of PLLA/ABS blends. **RSC Advances**, v. 9, n. 1, p. 2189-2198, 2019.

CASTRO, L. D. C.; OLIVEIRA, A. D.; KERSCH, M.; ALTSTADT, V.; PESSAN, L. A. Effects of mixing protocol on morphology and properties of PA6/ABS blends compatibilized with MMA-MA. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 133, n. 27, p. 1-8, 2016.

COSTA, H. M.; RAMOS, V. D.; SILVA, W. S.; SIRQUEIRA, A. S. Otimização de propriedades mecânicas de misturas ternárias de polipropileno (PP)/borracha de etileno-propileno-dieno (EPDM)/pó de pneus (SRT) sob tração e impacto usando a metodologia da superfície de resposta (MSR). **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v. 22, n. 1, p. 27-33, 2012.

COUTINHO, F. M. B.; COSTA, M. P. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; SOARES, B. G. Estudo comparativo de diferentes tipos de polibutadieno na tenacificação de poliestireno. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v. 17, n. 4, p. 318-324, 2007.

DAGLI, G.; ARGON, A. S.; COHEN, R. E. Particle-size effect in craze plasticity of high-impact polystyrene. **Polymer**, v. 36, n. 11, p. 2173-2180, 1995.

DOMPAS, D.; GROENINCKY, G. Toughening behaviour of rubber-modified thermoplastic polymers involving very small rubber particles: 1. A criterion for internal rubber cavitation. **Polymer**, v. 35, n. 22, p. 4743-4749, 1994.

FANG, Z.; GUO, Z.; ZHA, L. Toughening of polystyrene with ethylene-propylene-diene terpolymer (EPDM) compatibilized by styrene-butadiene-styrene block copolymer (SBS). **Macromolecular Materials and Engineering**, v. 289, n. 8, p. 743-748, 2004.

GRASSI, V. G.; FORTE, M. M. C.; PIZZOL, M. F. D. Aspectos morfológicos e relação estrutura-propriedades de poliestireno de alto Impacto. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v.11, n. 3, p.158-168, 2001.

GARCIA, P. S.; SOUSA, F. D. B.; LIMA, J. A.; CRUZ, S. A.; SCURACCHIO, C. H. Devulcanization of ground tire rubber: Physical and chemical changes after different microwave exposure times. **Express Polymer Letters**, v. 9, n. 11, p. 1015-1026, 2015b.

GAO, G.; ZHANG, J.; YANG, H.; ZHOU, C.; ZHANG, H. Deformation mechanism of polystyrene toughened with sub-micrometer monodisperse rubber particles. **Polymer International**, v. 55, n. 11, p. 1215-1221, 2006.

- GRAZIANO, A.; JAFFER, S.; SAIN, M. Review on modification strategies of polyethylene/polypropylene immiscible thermoplastic polymer blends for enhancing their mechanical behavior. **Journal of Elastomers & Plastics**, v. 51, n. 4, p. 291-336, 2018.
- HASSAN, MM.; TAKAHASHI, T.; KOYAMA, K. Thermal stability, mechanical properties, impact strength, and uniaxial extensional rheology of reactive blends of PS and SBS polymers. **Polymer Bulletin**, v. 1, n. 1, p. 1-21, 2019.
- KASAVAN, B. J.; BAGLAY, R. R.; ROTH, C. B. Local glass transition temperature $T_g(z)$ profile in polystyrene next to polybutadiene with and without plasticization effects. **Macromolecular Chemistry and Physics**, v. 219, n. 3, p. 1-7, 2018.
- HOBBS, S. Y. The effect of rubber particle size on the impact properties of high impact polystyrene (HIPS) blends. **Polymer Engineering and Science**, v. 26, n. 1, p. 74-81, 1986.
- LIBIO, I. L.; GRASSI, V. G.; PIZZOL, M. F. D.; NACHTIGALL, S. M. B. Toughened polystyrene with improved photoresistance: effects of the compatibilizers. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 126, n. 1, p. 179-185, 2012.
- LIMA, P.; SILVA, S. P. M.; OLIVEIRA, J.; COSTA, V. Rheological properties of ground tyre rubber based thermoplastic elastomeric blends. **Polymer Testing**, v. 45, n. 5, p. 58-67, 2015.
- LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A.; OLIVEIRA, A. D. Estudo do comportamento mecânico, termomecânico e morfológico de misturas de poliestireno/composto de borracha reciclada (SBR). **Matéria (Rio J.)**, v.20, n.2, p. 322-334, 2015.
- LUNA, C. B. B.; SILVA, D. F.; BASÍLIO, S. K. T.; ARAÚJO, E. M. Influência da sequência de mistura nas propriedades de blendas PS/SBRr compatibilizadas com SBS. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, v. 12, n. 1, p.3-11, 2015b.
- LUNA, C. B. B.; SIQUEIRA, D. D.; ARAÚJO, E. M.; MORAIS, D. D. S.; BEZERRA, E. B. Toughening of polystyrene using styrene-butadiene rubber (SBRr) waste from the shoe industry. **Rem: Int. Eng. J.**, v. 71, n. 2, p. 253-260, 2018.
- LUNA, C. B. B.; ARAÚJO, E. M.; SIQUEIRA, D. D.; MORAIS, D. D. S.; FILHO, E. A. S.; FOOK, M. V. L. Incorporation of a recycled rubber compound from the shoe industry in polystyrene: Effect of SBS compatibilizer content. **Journal of Elastomers & Plastics**, v. 52, n. 1, p. 3-28, 2020.
- MANGARAJ, D. Role of compatibilization in recycling rubber waste by blending with plastics. **Rubber Chemistry and Technology**, v. 78, n. 3, p. 536-547, 2005.
- MERRINGTON, A. Recycling of plastics. In: KUTZ, M. (2^o Ed.). Applied plastics engineering handbook. Índia: Woodhead Publishing, 2017. p.167-189.
- OLIVEIRA, A. D.; LAROCCA, N. M.; PESSAN, L. A. Efeito da sequência de mistura nas propriedades de blendas PA6/ABS compatibilizadas com o copolímero SMA. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 1, p. 27-33, 2011.
- RABELLO, M. S. **Aditivação de polímeros**. São Paulo: Artliber Editora, 2000. 242p.

ROSAS, R. M.; JUAN, X. R. Electrical application of polystyrene (PS) reinforced with old tire rubber (GTR): dielectric, thermal, and mechanical properties. **Science and Engineering of Composite Materials**, v. 20, n. 3, p. 1-12, 2013.

ROVERE, J.; CORREA, C. A.; GRASSI, V. G.; PIZZOL, M. F. D. Caracterização Morfológica do Poliestireno de Alto Impacto (HIPS). **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v. 18, n. 1, p. 12-19, 2008.

SANTOS, R. C., ARAÚJO, M. N., VISCONTE, L. L. Y., PACHECO, E. B. A. Aproveitamento do resíduo proveniente do processamento de sandálias no desenvolvimento de compostos à base de SBR. In: **13º Congresso Brasileiro de Polímeros**. 13º CBPol (Brasil), 2015.

SILVA, D. F.; ARAÚJO, E. M.; MÉLO, T. J. A. Desenvolvimento de blendas de poliamida 6/composto de borracha reciclada (SBR-R). **REMAP**, v. 7, n. 1, p. 104-110, 2012.

SOUSA, F. D. B.; GOUVEIA, J. R.; CAMARGO FILHO, P. M. F.; VIDOTTI, S. E.; SCURACCHIO, C. H.; AMURIN, L. G.; VALERA, T. S. Blends of ground tire rubber devulcanized by microwaves/HDPE - Part A: influence of devulcanization process. **Polímeros. Ciência e Tecnologia**, v. 25, n. 3, p. 256-264, 2015.

TORRECILLAS, H. V.; COSTA, L. C.; SOUZA, A. M. C. Influence of mixing protocol on the morphology and mechanical properties of PP/SEBS/MMT and PP/SEBS/PPgMA/MMT blends. **Polymer Testing**, v. 27, n. 12, p. 322-329, 2018.

THOMANN, Y.; THOMANN, R.; HASENHINDL, A.; MULHAUPT, R. Gradient interfaces in SBS and SBS/PS blends and their influence on morphology development and material properties. **Macromolecules**, v. 42, n. 15, p. 5684-5699, 2009.

VEILLEUX, J.; RODRIGUES, D. Properties of recycled PS/SBR blends: effect of SBR pretreatment. **Progress in Rubber, Plastics and Recycling Technology**, v. 32, n. 3, p. 111-128, 2016.

VEENSTRA, H.; DAM, J. V.; BOER, A. P. On the coarsening of co-continuous morphologies in polymer blends: effect of interfacial tension, viscosity and physical cross-links. **Polymer**, v. 41, n. 8, p. 3037-3045, 2000.

WANG, F.; CHANG, L.; HU, Y.; WU, G.; LIU, H. Synthesis and properties of in-situ bulk high impact polystyrene toughened by high cis-1,4 polybutadiene. **Polymers**, v. 11, n. 5, p. 791-800, 2019.

WILLENSE, R. C.; BOER, A. P.; GOTSIS, J. V. D. Co-continuous morphology in polymer blends: A new model. **Polymer**, v. 39, n. 2, p. 5879-5887, 1998.

YOUSIF, E.; HADDAD, R. Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene: review. **Springer Plus**, v. 2, n. 1, p. 1-32, 2013.

ZHANG, J.; CHEN, H.; ZHOU, Y.; KE, C.; LU, H. Compatibility of waste rubber powder/polystyrene blends by the addition of styrene grafted styrene butadiene rubber copolymer: effect on morphology and properties. **Polymer Bulletin**, v. 70, n. 10, p. 2829-2841, 2013.

ZHOU, C.; WU, S.; YANG, B.; ZHANG, H. Toughening polystyrene by core-shell rubber particles: analysis of the internal structure and properties. **Polymers & Polymer Composites**, v. 23, n. 5, p. 317-324, 2015.

ZHU, L. D.; YANG, H. Y.; CAI, G. D.; ZHOU, C.; WU, G. F.; ZHANG, M. Y.; GAO, G. H.; ZHANG, H. X. Submicrometer-sized rubber particles as - craze-bridge for toughening polystyrene/high-impact polystyrene. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 129, n. 1, p. 224-229, 2012.

ENERGY AND COVID-19 – ANALYSIS OF THE IMPACT ON THE GLOBAL ENERGY MATRIX

Data de aceite: 04/07/2022

Luiz Antonio Ferrari

Nuclear and Energy Research Institute – IPEN/
CNEN
São Paulo-São Paulo

Leni M. P. R Lima

Nuclear and Energy Research Institute – IPEN/
CNEN
São Paulo-São Paulo

Elaine A. Rodrigues

Instituto de Pesquisas Ambientais - IPA
São Paulo – São Paulo

Maria Aparecida M. G. Pereira

Nuclear and Energy Research Institute – IPEN/
CNEN
São Paulo-São Paulo

Jamil M. S. Ayoub

Nuclear and Energy Research Institute – IPEN/
CNEN
São Paulo-São Paulo

José A. Seneda

Nuclear and Energy Research Institute – IPEN/
CNEN
São Paulo-São Paulo

ABSTRACT: Ancient pandemics reverberated through their times, changing social and economic contexts, prompting and redirecting changes in social ties, business, and education, and restructuring the world that generated them. In this context, this study aims to assess the

impact of the COVID-19 pandemic on the global energy matrix from January 2019 to June 2021. The energy balance showed variations in this period, with the incremental use of wind, solar and nuclear energies, which is positive for the environment. The participation of different sources in the final energy mix changed during the pandemic period evaluated, although these changes appear to not be lasting.

KEYWORDS: COVID-19, global energy matrix, nuclear energy.

1 | INTRODUCTION

The great pandemics that devastated humanity allowed the analysis of their historical impacts in the human, social, and economic fields. But one aspect, the impact on the area of consumption and generation of energy, was not specifically explained, which in a way it is understandable because, until the 18th century, thermal energy consumption was mainly coal – mineral and natural, and wood to firewood, another source was negligible. Between the 19th century and the middle of the 20th century, even though humanity used energy, its complexity and impact on human life was low, especially compared to what is seen from the second half of the 20th century until today.

This paper aims to answer the following question of whether the health and sanitation crisis affect or alter the use, demand, and consumption of present and/or future energy, and how so. To carry out a correlation, it is

important to define the scope of the areas of analysis and the time of their application.

2 | METHODS

For the paper, there was a search for systematic literature review, bibliographic and documental survey [1,2]. The following electronic databases were selected as a source of scientific data: Web of Science, INIS, Google Scholar and databases from IEA, IFM and others. The query strategy consisted in the use of search tools for keywords related to the topic, with the main descriptors «pandemics and society», «Covid-19», «energy consumption and economy», «energy matrix» and «electricity », as well as others to expand the themes. Other materials from different sources also served as support, such as the content expressed in books, interviews with scientists, and reports.

The research was carried out from December 2019 to July 2021, from the content analysis, and information in the bibliographic references. When the references presented the same objective approach of this study, they were systematized and correlated to obtain data about change in the world energy matrix.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

Diseases, or rather the germs that cause them, are not prejudiced of any kind; they are indifferent to people and their well-being, and thus should be respected as skilful opponents and of great strength and resilience. They have been present in the world for a long time, before humanity even existed.

3.1 Pandemic

The germs cause individual diseases that afflict us, and in certain situations, those diseases are classified in regards to their proliferation [3,4]: a) endemic - an outbreak of disease that is consistently present but limited to a particular region; b) epidemic - an unexpected increase in the number of disease cases in a specific geographic area; and c) pandemic - when the growth of the disease is exponential; this means that the growth rate of cases soars and that a virus covers a wide area, affecting many countries and populations;

The difference between an epidemic and a pandemic is not the severity of the disease but the degree to which it has spread. A pandemic crosses international borders, as opposed to regional epidemics. The three biggest pandemics that ravaged the world, classified by their estimated mortality, are presented in Table 1.

Classification	Disease	Date	Deaths Global(1)	Affected Regions	Notes
1 st	Justinian Plague	541 - 549	15 – 100	Europe and Asia	(c), (d)
2 nd	Black Death	1346 – 1353	75 – 200	Europe, Asia, and North Africa	(a), (b), (c)
3 rd	Spanish Flu	1918-1920	17 - 100	All World	(c), (e)

(1) Millions of individuals.

(a) Damen, 10; (b) Santamaria, 08. (c) Carpenter, 09. (d) Atkinsons, 02. (e) CDC, 19

Table 1: Biggest pandemics in the modern world.

The studies carried out on the effects of the mentioned pandemics on society highlight their negative effects at the time of their occurrence, foreseen for this type of event.

The Justinian's Plague contributed to the political and economic weakening of the Byzantine Empire by decimating its population, likely causing labor shortages and increasing the price of labor. Trade was disrupted, the agricultural sector was devastated, prices soared, and tax revenues fell, which contributed to reducing the ability to resist enemy invasions. Barbarian hordes invaded and divided northern Italy, and North Africa and the Near East were invaded by Arabs [5].

The Black Fever shook 14th-century European society, and caused the cessation of wars and a sudden drop in trade. There was a drastic reduction in the amount of cultivated land, due to the death of so many workers. The shortage of labor forced the aristocracy to replace labor services with wages or cash rents, helping to eradicate serfdom and the development of a new economic system. New social systems developed, as well as modern economic, religious, and scientific ideas [6,7]. On the other hand, outbreaks of violence occurred in communities, mainly aimed at some groups accused of being responsible for the spread of the disease [8].

The Spanish Flu pandemic took place during World War I and authorities discouraged social interaction, which fuelled rumors of enemies spreading the virus and created a climate of suspicion and mistrust that characterized the period and much later. Researchers estimate that, in a typical country, the pandemic reduced real GDP per capita by 6% and private consumption by 8%. The flu was particularly deadly for young adults without pre-existing conditions, which increased its economic and social impacts. The inefficiency of governments in managing the crisis provoked a wave of workers' strikes and anti-imperialism, a reaction to growing inequality, noting that in 1917 the Russian revolution had taken place [9,10].

COVID-19 is the disease of the Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). The COVID-19 is the pandemic of the 21st century. It was first identified in Wuhan, Hubei province in December 2019, China. The main hypothesis of its transmission is regarded to the live animal market, where there is an interaction between humans, pigs,

birds, and other animals, which favored the spread of this virus between species. It produced variables for which man has no immunity, and is transmissible in the incubation period, before the onset of symptoms, which is a critical condition. It started in December 2019 with atypical cases of pneumonia and quickly spread. The WHO identified the 2019 coronavirus on February 11, 2020, and declared the outbreak as a global pandemic on March 11 [11,12].

In just over a year and a half since the declaration of the COVID-19 pandemic, the disease, its consequences and sequelae remain mainly out of control, even with the beginning of vaccination. Its rapid evolution and expansion have drastically altered people's lives, with direct and severe impacts on the global and local economy, in the public and private sectors. Massive blockages, economic recession, tourism stoppage, reduced agricultural production, decline in the financial sector, intense reductions in the supply and demand aspects of the economy at the international level[11,13], significant expansion of home office activities, high demand for medical, hospital and funeral services, expansion of social inequality and poverty to extreme levels in a short period, are all aspects of the pandemic that have come to dominate the daily scene in global level.

After 14 months of the WHO declaration, the world accumulated 164 million cases, with 3.40 million lives lost to COVID-19, affecting 191 countries [14,15].

3.2 World Energy Demand and the Energy Matrix

Energy comes from a set of sources, and the combination of all these sources is the energy matrix. It represents the set of sources available in a country, state, or in the world, to supply the demand of energy. The energy matrix represents the set of energy sources available to move vehicles, planes and ships, to cook food, and generate electricity. The electrical matrix is formed by the set of sources available only for the generation of electrical energy, being a part of the energy matrix [16].

The composition of the energy matrix varies greatly from one country or region to another, and can change significantly depending on the period. Variables include the availability of usable resources in the domestic market or the possibility of importing them; the range and type of energy that needs to be met; and policy choices determined by historical, economic, social, demographic, environmental and geopolitical factors [17].

Energy is fundamental for human development, and its availability determines access to health, food, education, safety, and the well-being of the population [17]. This relation became evident after the British Industrial Revolution in 1760. It sourced energy from coal, which became an important production factor [18]. Figure 1 shows the inflection of the World Gross Domestic Product (GDP) curve, starting mid-18th century.

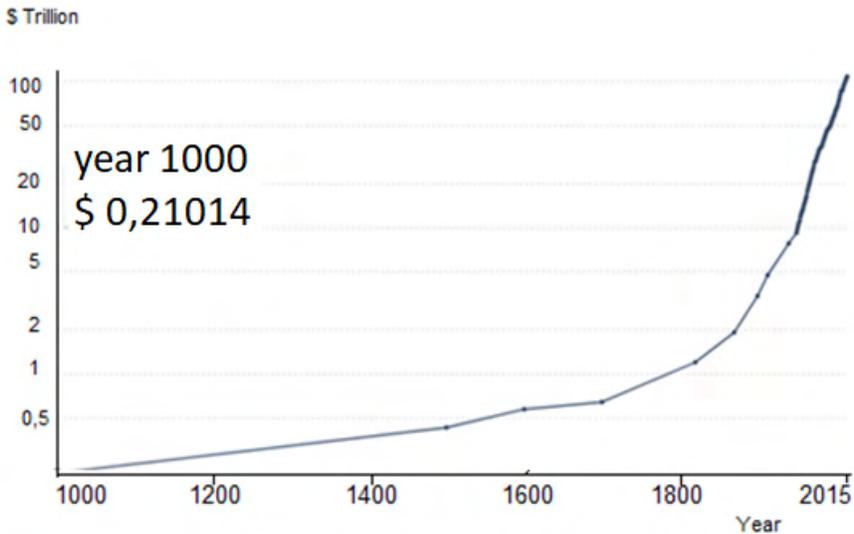


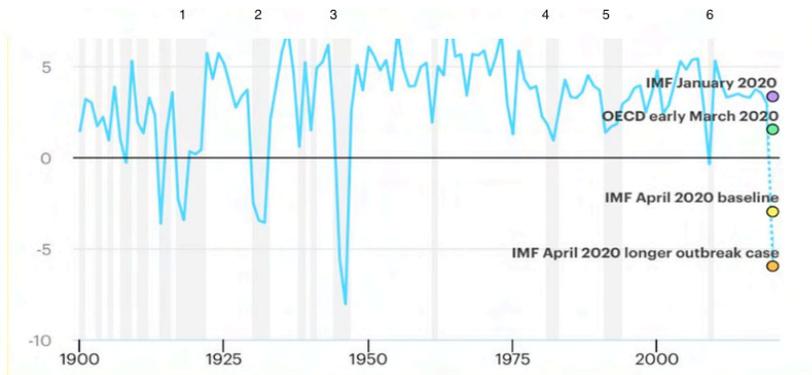
Figure 1: World GDP in the last millennium – (ROSER, 2013)

Sources: World GDP - Our world in data based on World Bank and MADDISON (2017); OurWorldInData.org/economic-growth.

Energy is identified as an economic commodity, and because it is poorly distributed, it is expensive and subject to price fluctuations that are often unpredictable. It is also an indicator of inequalities between countries, when analyzed by their relation with the Gross Domestic Product (GDP) of their economies, or by the per capita energy consumption of their inhabitants [19].

Energy drives economic productivity and industrial growth and is fundamental to the functioning of any economy [20]. Ensuring universal access to electricity, especially for billions of people in developing countries, who do not have access to services or whose consumption levels are far below industrialized countries, is a crucial goal that can spur growth and transformation in the world (UNDP, 2000).

Barney and Franzi argue that energy is responsible for at least half of the industrial growth in a modern economy, while representing less than a tenth of the cost of production [21]. To show the relation between the world economy and energy, Figure 2 shows the variation in the World GDP over the 20th and 21st century, and Figure 3 shows the variation in energy demand (global consumption) during the same period, where it is verified that positive or negative variations in GDP correspond to variations in the same module of demand.



1 – Spanish Flu, 2 – 29' Crash, 3 – II War, 4 – 1° Oil Chock, 5 – 2° Oil Chock, 6 – Financial Crises.
2020 values are predictions.

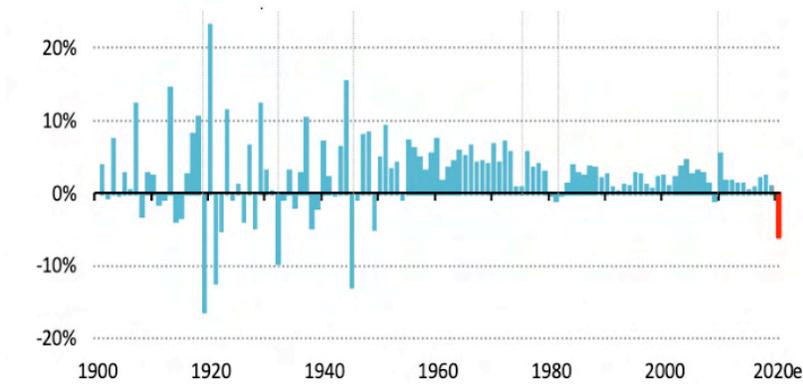
Sources: IEA based on IMF World Economic Outlook (January and April 2020), OECD Interim Economic Outlook Forecasts (March 2020) and MADDISON Project Database (2018).

Figure 2: Global annual change in real GDP - 1900-2020 – IEA Sustainable Recovery (2020)

Currently, as shown in Figure 4, fossil fuels dominate the energy matrix at a global level, accounting for more than 80% of the total needs. The total energy production (2018) was 583.9 EJ or 1621.9 x 103 TWh, and in the generation of electric energy, it accounts for the consumption of fossil sources in about 64% of the total needs. It is necessary to note that the format of the matrix shown is not static; it will necessarily undergo changes, seeking to meet extremely important priorities.

Most governments, faced with the pandemic, declared a national emergency and introduced in their countries measures of generalized physical distancing for the population, including confinement, with strong restrictions on transport systems and logistical services globally, and the mandatory use of masks, implementing efforts to flatten the curve of COVID-19 cases.

The effects of the new coronavirus pandemic go beyond health, economic, political, and environmental areas. Specifically, the energy, electrical and thermal supply sector, both for transport and production, or for services and related and for social use, suffered notable impacts [21].



1 – Spanish Flu, 2 – 29' Crash, 3 – II War, 4 – 1º Oil Chock, 5 – 2º Oil Chock, 6 – Financial Crises.

Notes: 2020e predicted fall due COVID-19

Figure 3: World Energy Demand – Base IEA Sustainable Recovery (2020)

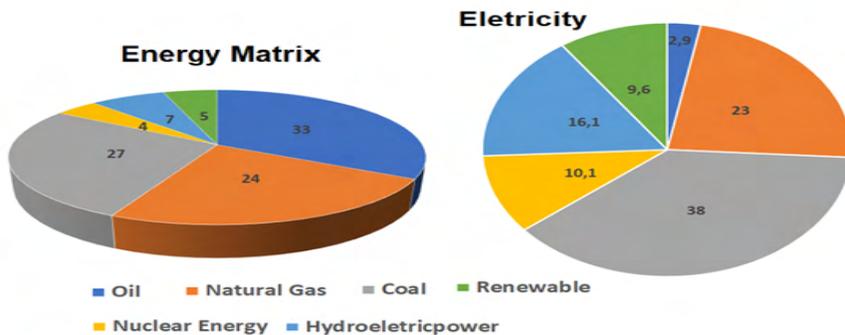


Figure 4: Global Energy Matrix (bp, 2020)

Source: bp. Plc – Statistical Review of World Energy 2020 | 69th edition

The measures of physically distancing the population and interrupting trade and travel can't stop the pandemic, only mitigate the mortality rates. It's important to note that several countries have passed or are going through the second and third waves of contamination. The solution, which was developed by science in historical time, is focused on the vaccine. Its offer is, however, currently limited to a few countries, although the World Health Organization expects that by the second half of 2022 the whole world will have access to vaccines [12].

3.3 Post-pandemic Energy Matrix

The economic crisis caused by COVID-19, mainly due to the quarantine applied by several countries, is comparable to that generated by World War II [22]. Due to its magnitude, it generated impacts on the daily lives of people all over the planet, which resulted, based on the analysis of the studies presented, in a significant reduction in the generation of

greenhouse gasses, especially CO₂ (Figure 5).

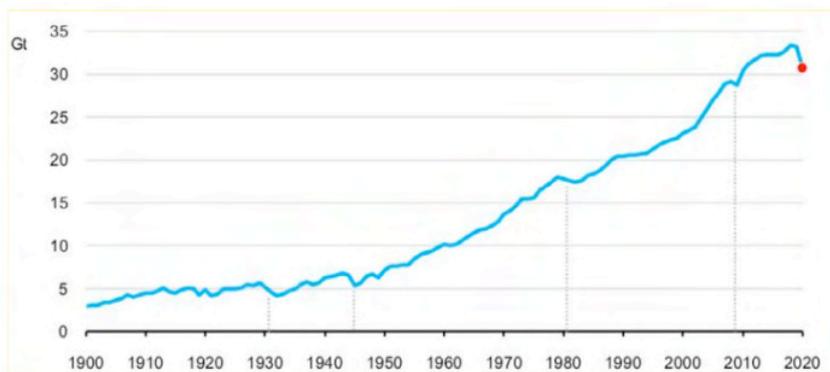


Figure 5: Global Energy-Related CO₂ Emissions 1900 to 2020 (Gigatons CO₂)

Source: International Energy Agency (2020). Global Energy Review 2020.

To alleviate the socio-economic implications generated by the pandemic, the world's largest economies are taking unprecedented fiscal and monetary actions. According to the International Monetary Fund's analysis in 2021, the global economy is ready to start the most robust post-recession recovery in 80 years [23]. Governments hope that economically aggressive actions will result in rapid recovery for their countries, even though COVID-19 will cause permanent or at least long-term economic damage to poor or emerging countries [23,24].

The World Bank predicts that the global economy should recover by 5.6% in 2021, while 2020 brought a reduction of 3.5%. The recovery will occur mainly in a few important economies. The global GDP will grow by more than 2% from 2019 levels [25], and this will increase global energy demand by around 4.6% in 2021, offsetting the 2020 contraction and surpassing 2019 demand by 0.5% [26].

Even with the main environmental indicators worldwide showing that human activities must reduce the consumption of energy from fossil fuels [26], demand for all fossil fuels is expected to grow significantly in 2021, and the greatest increase in demand will occur in emerging markets and developing economies. The predictions for more advanced economies is a small reduction in demand due to policies of increasing energy efficiency and reducing emissions [27].

With the increased consumption of fossil fuels, there will be a reversal in the CO₂ emissions drop that occurred in 2020 (which amounts to 20% less), with emissions in 2021 reaching values slightly below or at the same levels of emissions from 2019 [26]. Figure 6 shows the variation in CO₂ emissions generated by the major financial crises that occurred in recent decades. The data indicates that during the crisis there is a reduction in CO₂

emissions, but that just after the emissions curve returns to its growth trend [28].

The pandemic impacted the energy supply, something that extended the time for the return to regular conditions in the society, and generated an increase in inequality in the world. The pandemic has not been stopped, although most developed countries have been able to reduce its impact and return to almost normal living conditions. An energy crisis, however, has now set in and is also spreading across the world.

This spread is biasedly only correlated with the pandemic. Analyzing some of the causes, there is a confluence of several factors, whether related to the pandemic or the climate crisis [29-31]. Winter in much of the northern hemisphere, especially in Asia, was exceptionally cold in early 2021, followed by a cold spring in Europe, which increased demand for heating and impacted both the demand and supply for gas. The intense cold in Texas also hampered US gas production, resulting in lower US liquefied natural gas (LNG) exports to Asia and elsewhere during the beginning of the year.

Unusually severe summer heatwaves and droughts in China, Europe, and the United States, as well as in some other parts of the world have increased gas demand to produce electricity for cooling. Potential sources of electricity generation were harmed. Wind generation (Europe and China) has been far below averaged this year due to long periods with below-average wind speeds.

Demand for gas and coal increased to offset the reduction in renewable energy production, pushing up prices [32]. Drought conditions in China and South America have reduced hydropower production, attracting globally traded gas supplies to these markets.

The producers of gas, oil, and coal, in response to the record drop in prices and consumption at the height of the pandemic, have not increased, or are having trouble increasing, their production in the face of the growing demand.

The “green inflation” is due to governments restrictions on traditional energy sources to encourage renewable energy to meet global emissions targets [32]. China has promised an aggressive 65% reduction in its emissions by 2030 and cut coal mining sharply. The UK already relies on wind power to supply a quarter of its electricity needs, and Germany has pulled another three nuclear reactors off the grid this year. The push towards the adoption of renewable energy has led investors to divest into traditional energy sources. The amount of divestment from 2014 to 2021 reached US\$14.5 trillion [33-35].

The situation demonstrated is not something foreign to the energy market; supply or demand crises are relatively frequent. Governments should avoid that in the future, as people have a perception that reaching the targets for emission of greenhouse gasses has a high economic cost. Renewable energy sources such as wind and solar can be unreliable, especially during winters, and countries are forced to depend on traditional fossil fuels. Hence the need for governments to rethink their energy policy.

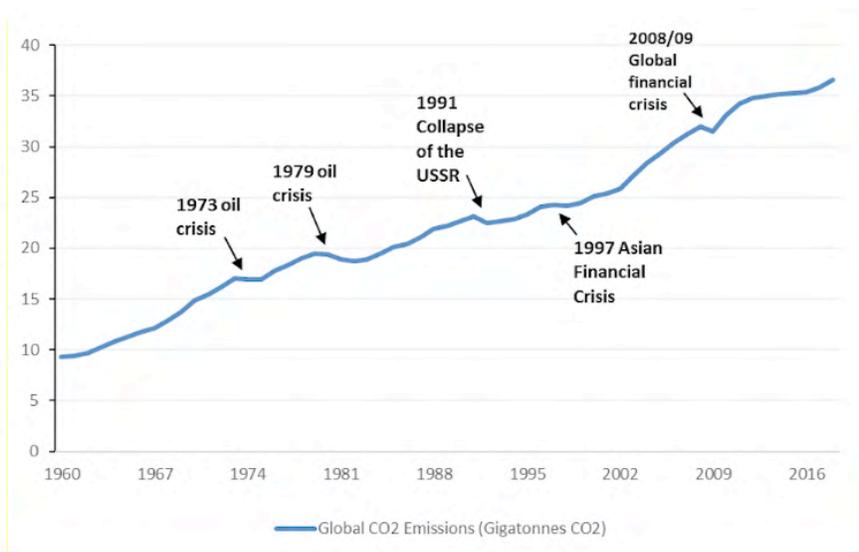
There is no dispute, however, that climate change generated by greenhouse gasses is the reason for more extreme temperatures: hotter summers and polar cold waves. Climate

change aggravates droughts and reduces hydroelectric energy, which is now prevalent in the generation of clean electricity.

Confusing or uncorrelated actions can lead to price volatility of carbon-based fuels, which, in turn, feeds energy price volatility, creating a feedback loop instead of pushing alternatives that can reduce the gap between energy generated by non-renewable and renewable sources.

The current situation and future prospects (see Figures 2, 3, and 6), whether originated from pandemics or social or political processes, highlights the urge to accelerate the pace of transition to clean energy. The transition process will demand unpredictable adjustments in the economy, society and policies, but also in individual decisions about what kind of car to buy, electricity to generate, housing to build, or production industry.

To supplement and maintain the reliability of a clean energy system, the maintenance, and even implementation of energy production from nuclear plants that guarantee against climate change and are not a source of CO₂ emission, is essential.



(1) – 1st Oil Crisis; (2) – 2nd Oil Crisis; (3) – Collapse of the Soviet Union; (4) – Financial Crisis in Asia; (5) - Global Financial Crisis

Figure 6: CO₂ Emissions and Previous Economic Crises (OECD, 2020)

Source: Adapted from The Economist (2020), based on CO₂ emissions data from the Global Carbon Project. CO₂ emissions from the use of coal, oil, and gas (combustion and industrial processes).

Nuclear plants are compatible with the need for energy sources which are not based on fossil fuels. This reaffirms the importance of nuclear energy production, which has already been presented and defended in numerous studies, regarding its efficiency. It is enough to analyze that in the USA, more electricity is produced with zero carbon via nuclear

power plants than with wind turbines and photovoltaic panels combined [36-42].

4 | CONCLUSION

The verification of the permanent growth of CO₂ emissions, even after economic crises, confirms that the energy matrix will not present a permanent shift due to the COVID-19 pandemic. The changes lasted only during the economic slowdown brought by the acute phase of the pandemic, and were not a structural change in how the world fuels its cars or produces the electricity it consumes.

The current IPCC indicators demonstrate that consumption of energy based on fossil fuel will have to decrease and that this depends on a policy that develops new technologies and takes advantage of existing ones to bring the changes needed. Humanity must show efficiency mitigating impacts of the energy transition. Thus, nuclear energy has an important position in the portfolio of energy generation sources for the future of the world.

REFERENCES

- [1] FIOCRUZ, 2020. Online Course in Scientific Research Methodology. Fiocruz Virtual Campus Classroom Platform (in Portuguese). Available in: <https://cursos.campusvirtual.fiocruz.br/>. Accessed: May 2020.
- [2] SEVERINO, A.J. Methodology of scientific work (in Portuguese). 24th ed. rev. and wide São Paulo: Cortez, 2018. 320 p.
- [3] CDC – Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Lesson 1: Introduction to Epidemiology. (May 2012) <https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/lesson1/section11.html>
- [4] WHO – World Health Organization. Bulletin of the World Health Organization: The elusive definition of pandemic influenza. (2011). <https://www.who.int/bulletin/volumes/89/7/11-086173.pdf>
- [5] HORGAN, John. Justinian's Plague (541-542 CE). World History Encyclopaedia. World History Encyclopaedia, Dec 2014. https://www.worldhistory.org/article/782/justinians-plague-541-542-ce/#citation_info
- [6] FRANKE, C. The Black Death, an Unforeseen Exchange: Europe's Encounter with Pandemic Sparked an Age of Exploration. (Jun, 2016). National History Day. https://www.nhd.org/sites/default/files/Franke_Senior_Paper.pdf
- [7] BROWN UNIVERSITY. Decameron Web. Social and Economic Effects of the Plague. (March, 2010). Italian Studies Department's Virtual Humanities Lab at Brown University. https://www.brown.edu/Departments/Italian_Studies/dweb/plague/effects/social.php
- [8] WINKLER, A. The Medieval Holocaust: The Approach of the Plague and the Destruction of Jews in Germany, 1348-1349. (2005) Brigham Young University. Faculty Publications. 1816. <https://scholarsarchive.byu.edu/facpub/1816>

- [9] BARRO, R. J., URSÚA, J. F., WENG, J. The coronavirus and the great influenza pandemic: Lessons from the “spanish flu” for the coronavirus’s potential effects on mortality and economic activity. 2020 - National Bureau of Economic Research (nber.org.) https://www.nber.org/system/files/working_papers/w26866/w26866.pdf
- [10] RILEY, R. A Review of the Impacts of the 1918 Spanish Flu Pandemic. (Jun, 2020) City Region Economic and Development Institute. University of Birmingham. <https://blog.bham.ac.uk/cityredi/a-review-of-the-impacts-of-the-1918-spanish-flu-pandemic/>
- [11] ANAND, K.B., et al. Review Article. SARS-CoV-2: Camazotz’s Curse. (Coronaviruses: origin and evolution). Medical Journal Armed Forces India. (April 2020). DOI:10.1016/j.mjafi.2020.04.008
- [12] WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO-convened global study of origins of SARS-CoV-2: China Part. (March 2021). <https://www.who.int/publications/i/item/who-convened-global-study-of-origins-of-sars-cov-2-china-part> .
- [13] CHANG, D-S. and WU, W-D. Impact of the COVID-19 Pandemic on the Tourism Industry: Applying TRIZ and DEMATEL to Construct a Decision-Making Model. Sustainability 2021, 13, 7610. <https://doi.org/10.3390/su13147610>
- [14] WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard. (updated daily). <https://covid19.who.int/>
- [15] JOHNS HOPKINS UNIVERSITY. COVID-19 Data Repository by the Center for Systems Science and Engineering (CSSE) at Johns Hopkins University. <https://github.com/CSSEGISandData/COVID-19>
- [16] EPE – Empresa de Pesquisa Energética – ABCDEnergia – <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>, Acesso em 2020.
- [17] LA FONDATION d’entreprise TOTAL. Planète Énergies - WHAT IS THE ENERGY MIX?. last update jul. 2020. <https://www.planete-energies.com/en/medias/close/what-energy-mix>. Access 2021
- [18] STEVENS, P. A brief history of the role of energy in the global economy. The last 25 years. (2017). UNU-WIDER United Nations University World Institute for Development Economics. <https://www.wider.unu.edu/publication/brief-history-role-energy-global-economy>.Access2020
- [19] PARAVANTIS, J. et all. A Geopolitical Review of Definitions, Dimensions and Indicators of Energy Security. Conference: 2018 - 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA). DOI:10.1109/IISA.2018.8633676
- [20] ASGHAR, Z. Energy–GDP relationship: a causal analysis for the five countries of South Asia. Applied Econometrics and International Development Vol. 8-1 (2008). <https://www.usc.gal/economet/reviews/aeid8114.pdf>
- [21] BARNEY .F, FRANZI .P The future of energy From Future Dilemmas: Options to 2050 for Australia’s population, technology, resources, and environment. CSIRO Sustainable Ecosystems.pp157 – 189, (2002). <https://publications.csiro.au/rpr/pub?list=BRO&pid=procite:b2d81791-52f0-4f60-9f33-5fe09454b63c>
- [22] NICOLA, M. et al. The socio-economic implications of the coronavirus pandemic (COVID-19): A review. International Journal of Surgery Volume 78, June 2020, Pages 185-193. <https://doi.org/10.1016/j.ijso.2020.04.018>

- [23] IMF – International Monetary Fund. World Economic Outlook Reports (April, 2021). <https://www.elibrary.imf.org/view/books/081/29821-9781513575025-en/29821-9781513575025-en-book.xml?code=imf.org>
- [24] CFR – Council on Foreign Relations. Coronavirus: How Are Countries Responding to the Economic Crisis? (2020) <https://www.cfr.org/background/coronavirus-how-are-countries-responding-economic-crisis>
- [25] WBG (1) - World Bank Group – IBRA – IDA. The Global Economy: on Track for Strong but Uneven Growth as COVID-19 Still Weighs (JUNE, 2021). <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2021/06/08/the-global-economy-on-track-for-strong-but-uneven-growth-as-covid-19-still-weighs>
- [26] IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf
- [27] IEA - International Energy Agency. Global Energy Review 2020. Global energy and CO2 emissions in 2020. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/global-energy-and-co2-emissions-in-2020>
- [28] OECD – Organization for Economic Co-operation and Development. COVID-19 and the low-carbon transition: Impacts and possible policy responses. <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/covid-19-and-the-low-carbon-transition-impacts-and-possible-policy-responses-749738fc/>
- [29] BORDOFF, J. Why This Energy Crisis Is Different. Center on Global Energy Policy at Columbia University SIPA. <https://foreignpolicy.com/2021/09/24/energy-crisis-europe-gas-coal-renewable-prices-climate/>
- [30] FLEMING, S, Lessons for the energy transition from the 2021 energy crisis. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2021/10/energy-transition-risks-crisis/>
- [31] Blackmon, D. Winter Is Coming: Can Energy Catastrophe Be Averted? 2021 Forbes Media. <https://www.forbes.com/sites/davidblackmon/2021/10/03/winter-is-coming-can-energy-catastrophe-be-averted/?sh=4521904536bd>
- [32] Prashanth P. J. Explained | How bad is the world's energy crisis? The Hindu, OCTOBER 05, 2021. <https://www.thehindu.com/business/expained-how-bad-is-the-worlds-energy-crisis/article36834452.ece>
- [33] NAUMAN, B. Sharp rise in number of investors dumping fossil fuel stocks. Financial Times. <https://www.ft.com/content/4dec2ce0-d0fc-11e9-99a4-b5ded7a7fe3f>
- [34] IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Net Zero by 2050. IEA Reporter, 2021. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- [35] Fossil Free. Full List of Divestment Commitments. Fossil Free is a project of 350.org. 2021. <https://gofossilfree.org/divestment/commitments/>

- [36] Sekimoto, H. (Guest Editor) Special Issue «Sustainable Nuclear Energy». Published Papers (15 papers). Sustainability Journal (ISSN 2071-1050). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). 2012. <https://www.mdpi.com/si/sustainability/sne>
- [37] Brook, W. B., Alonso, A. et al. Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. Sustainable Materials and Technologies. Volumes 1–2, December 2014, Pages 8-16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214993714000050>
- [38] EIA, US Energy Information Administration. Electricity in the United States is produced (generated) with diverse energy sources and technologies. (2021). <https://www.eia.gov/energyexplained/electricity/electricity-in-the-us.php>
- [39] IAEA, International Atomic Energy Agency. Nuclear Power and the Clean Energy Transition. (2020). <https://www.iaea.org/bulletin/61-3>
- [40] U.S. Department of Energy. RESTORING AMERICA'S COMPETITIVE NUCLEAR ENERGY ADVANTAGE. 2020. <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2020/04/f74/Restoring%20America%27s%20Competitive%20Nuclear%20Advantage-Blue%20version%5B1%5D.pdf>
- [41] E.C. - European Commission. Technical assessment of nuclear energy with respect to the 'do no significant harm' criteria of Regulation (EU) 2020/852 ('Taxonomy Regulation') 2021. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/210329-jrc-report-nuclear-energy-assessment_en.pdf
- [42] IEA, INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Nuclear Power in a Clean Energy System. (2019). <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>

CERVEJA ESTILO CATHARINA SOUR: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 09/05/2022

Isabella Tauchert da Luz

Aluno ACEA/Unochapecó

Vicente Damo Martins da Silva

Aluno ACEA/Unochapecó

Janayne Sander Godoy

Mestre em Tecnologia e Gestão da Inovação

Cristiano Reschke Lajús

Professor Unochapecó. Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Gustavo Lopes Colpani

Professor Unochapecó. Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Josiane Maria Muneron de Mello

Professor Unochapecó. Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Francieli Dalcanton

Professor Unochapecó. Universidade Comunitária da Região de Chapecó

RESUMO: O estilo *Catharina Sour* foi criado em 2016, utilizando como base o estilo alemão *Berliner Weisse* combinado com a adição de frutas, obtendo-se uma cerveja leve, refrescante e ligeiramente ácida. Entretanto, a escolha da fruta pode ter influência nas características finais da cerveja. O maracujá é caracterizado por apresentar aromas/sabores intensos e

alta acidez, já as frutas vermelhas apresentam sabores mais adocicados e suaves. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura em busca de dados científicos que abordem parâmetros físico-químicos e sensoriais sobre o estilo de cerveja *Catharina Sour* com a adição de maracujá e frutas vermelhas. Foram utilizadas palavras-chaves para a busca dos trabalhos, após um processo de seleção com a leitura dos resumos, apenas 7 estudos foram analisados. Foi identificado que apenas um trabalho realizou análises físico-químicas, porém não sensoriais de uma cerveja estilo *Catharina Sour* com adição de frutas vermelhas. Demonstrando desta maneira, uma carência de dados científicos com relação ao estilo de cerveja *Catharina Sour*.

PALAVRAS-CHAVE: Cervejas ácidas, cervejas frutadas, parâmetros físico-químicos.

CATHARINA SOUR STYLE BEER: A BRIEF LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The style *Catharina Sour* was created in 2016, using by base the german style *Berliner Weisse* combined with the adding of fruits, obtaining a light, refreshing and lightly sour beer. However, the selection of the fruit may influence the beer's final characteristics. The passion fruit is characterized for having intense scents/flavors and high acidity, the red berries though have more sweet and smooth flavors. This way, the objective of this work was to conduct a systematic literature review to seek scientific data that shows physicochemical and sensory parameters about the beer style *Catharina Sour* added by passion

fruit and red berries. Keywords were used for the search of the works, after a selection by reading the abstracts, only 7 studies were analyzed. Only one work was identified that made physicochemical analysis, but not sensory of a beer style *Catharina Sour* with red berries. Showing this way, a lack of scientific data about the beer style *Catharina Sour*.

KEYWORDS: Sour beer, fruit beer, physicochemical parameters.

1 | INTRODUÇÃO

A cerveja é considerada a bebida alcoólica mais consumida mundialmente, sendo amplamente acessível a 99% dos lares brasileiros. Tendo em vista um público tão receptivo, buscam-se cada vez mais inovações na área e os empreendedores contam com outros planos para atingir novos mercados com estratégias diferenciadas (DELIBERALLI, 2015).

Levando em consideração esta expansão da cerveja no mercado, por meio da colaboração entre cervejeiros artesanais, originou-se no estado brasileiro de Santa Catarina em 2016 uma cerveja com ingredientes locais e adequada ao clima quente. O estilo de cerveja *Catharina Sour* (CS) se espalhou para outros estados do Brasil e lugares, e é considerado um estilo popular, tanto comercialmente, quanto em competições de cerveja artesanal (BJCP, 2021).

O estilo CS é definido por ser uma cerveja leve e ligeiramente ácida. Sua acidez se obtém através da utilização de bactérias lácticas em sua produção. O seu baixo amargor e baixo teor alcoólico faz com que o sabor e o aroma oferecidos pela adição das frutas frescas sejam bem perceptivos (BJCP, 2021).

As cervejas produzidas com frutas ganham notoriedade, pois, além de incorporar cor, aroma e sabor, apresentam em sua composição uma quantidade significativa de antioxidantes e podem ajudar na estabilidade da espuma e agregar possíveis benefícios funcionais (MEIRELES, *et al.*, 2015).

O Brasil é o maior produtor mundial de frutas *in natura*, entre elas o maracujá (MORAIS, *et al.*, 2010). O maracujazeiro pertence ao gênero *Passiflora*, sendo o maracujá-amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*) a espécie mais comum da fruta a ser cultivada. Sua utilização está mais voltada à alimentação, na forma de sucos, doces, sorvetes e licores (PITA, 2012). Sua polpa de modo geral é formada por sementes pretas, cobertas de uma substância amarela, pastosa e translúcida, ligeiramente ácida e de aroma acentuado (MARCHI, *et al.*, 2000). O maracujá tem em sua composição importantes moléculas bioativas, já citadas em diversos estudos: substâncias polifenólicas (ZERAIK & YARIWAKE, 2010), ácidos graxos poli-insaturados (KOBORI & JORGE, 2005) e fibras (CÓRDOVA, *et al.*, 2005), além de outras classes de substâncias.

Já as frutas vermelhas, de acordo com Lamounier *et al.* (2019), são empregadas em diversos produtos alimentícios, tendo em vista as suas características sensoriais convidativas e adocicadas, como também, por sua ação antioxidante proveniente dos compostos fenólicos presentes. Como um exemplo de frutas vermelhas cita-se a amora-

preta (*Rubis fruticosus*), o Cranberry (*Vaccinim macrocarpon*), o morango (*Fragaria vesca*) e a uva roxa (*Vitis vunífera*) em que uma crescente quantidade de evidências epidemiológicas comprovam efeitos benéficos dessas frutas na redução de incidências de certos tipos de câncer.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sistemática da literatura em busca de dados científicos que abordem parâmetros físico-químicos e sensoriais sobre o estilo CS com a adição de maracujá e frutas vermelhas. Como a CS é um novo estilo de cerveja se torna necessário identificar os principais parâmetros que podem afetar seu processo de produção, bem como as características do produto final.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa denominada Revisão Sistemática de Literatura (RSL) (GIL, 2010), foi realizada utilizando a plataforma do *Google Scholar*, de 1 a 31 de maio de 2021. Os seguintes descritores na língua portuguesa/inglesa foram utilizados: “Catharina sour de maracujá” e “Catharina sour de frutas vermelhas”, no entanto, obteve-se apenas 1 resultado. Então, utilizou-se outras combinações de pesquisa: “Catharina Sour” (30), “Cerveja ácida” (14), “Cerveja com fruta” (6), “Sour beer” AND “physical and chemical” (17), “Fruit beer” AND “physical and chemical” (9), “Catharina sour de frutas vermelhas” (1), e “Catharina sour de maracujá” (0). Foram selecionados apenas dados publicados entre 2016 e 2021, contendo resultados de pesquisas com artigos nacionais e internacionais.

Através deste procedimento de busca, foram identificadas e quantificadas o total de publicações. Em seguida, foram selecionados os artigos que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: a) Possuíam as palavras chave “Catharina sour” ou “maracujá” ou “frutas vermelhas” ou “adição de frutas” no título; b) Análise do resumo completo. Na primeira busca foram identificadas 77 publicações, após a avaliação dos resumos completos, foram excluídas 70 publicações, restando apenas 7 para serem lidas e discutidas, conforme Figura 1.

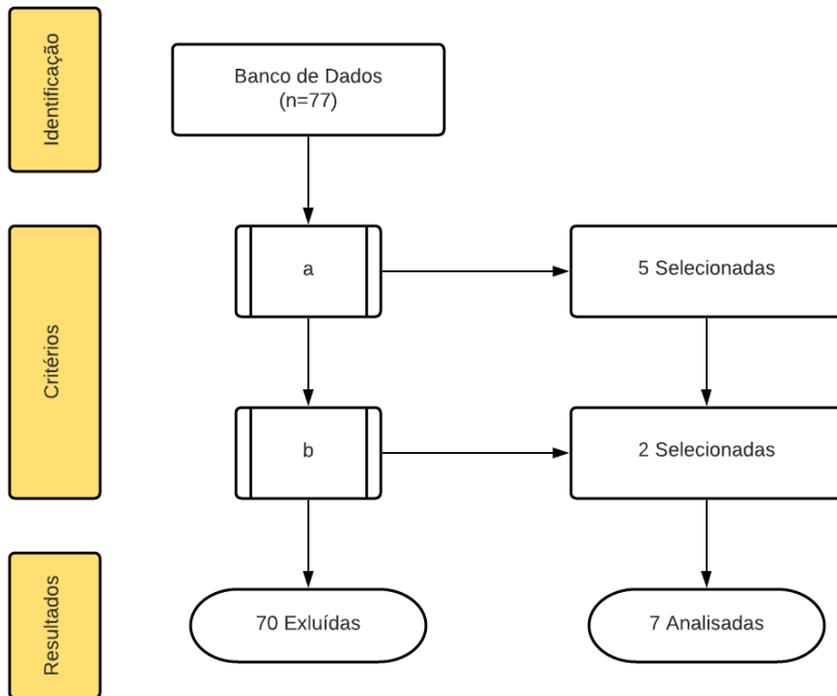


Figura 1-Fluxograma dos artigos selecionados para a análise sistemática de literatura

Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 7 publicações analisadas trataram apenas sobre a avaliação físico-química e sensorial de cervejas ácidas e/ou com frutas, sendo delas 3 especificamente sobre CS. Os trabalhos trouxeram a adição de frutas na cerveja como um produto promissor para o mercado cervejeiro, sendo de grande aceitação entre os provadores. Em um estudo de Sales e Souza (2021) sobre a produção e caracterização da cerveja CS utilizando araçá-boi, foi ressaltado que a utilização de frutas é uma excelente forma de aproveitamento do fruto, além de produzir uma cerveja com características únicas. A Tabela 1 apresenta um resumo dos artigos que foram selecionados nesta pesquisa.

Autores	Título	Cerveja CS?	Qual fruta utilizou?	Qual bactéria utilizou?
FERNANDES, E. F. (2019)	Produção e caracterização de cerveja artesanal com adição de água de coco e caldo de cana	Não	Nenhuma	Nenhuma
HOLLAS, F.; GEREMIAS, R. (2020)	Caracterização físico-química e avaliação da atividade antioxidante de cerveja catharina sour com adição de blueberry	Sim	Blueberry	Não mencionado
HUBNER, D. S. (2019)	Produção de cerveja estilo catharina sour com polpa de pitaita (<i>Hylocereus polyrhizus</i>) e gengibre (<i>Zingiber officinale roscoe</i>)	Sim	Pitaita (<i>Hylocereus polyrhizus</i>)	<i>Lactobacillus brevis</i>
MAIA, T.S.; BELO, R. F. C. (2017)	Análises físico-químicas de cerveja artesanal elaborada com graviola e análise sensorial de cervejas com adição de frutas e frutadas comercializadas	Não	Graviola (<i>Annona muricata</i>)	Nenhuma
MELLO, L.S.S., SIQUEIRA, V.L. (2017)	Estudo de cervejas ácidas	Não	Nenhuma	<i>Lactobacillus buchneri</i> e <i>Lactobacillus acidophilus</i>
SALES, L.S., SOUZA, P.G. (2021)	Produção de cerveja do estilo <i>Catharina Sour</i> com araçá-boi (<i>Eugenia Stipitata Mcvaugh</i>)	Sim	Araçá-boi (<i>Eugenia Stipitata Mcvaugh</i>)	Bactéria láctea RICA-FERM (Fermento YR02)
SORBO, A.C.A.C. (2017)	Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá	Não	Maracujá (<i>Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.</i>)	Nenhuma

Tabela 1 – Análise dos trabalhos selecionados

Fonte: elaborado pelos autores, 2022

3.1 Análises físico-químicas

O Guia de estilos BJCP não traz valores referência de pH para *Catharina Sour*, no entanto, outros autores como Mello e Siqueira (2017) atingiram valores de 3,89 e 3,79 ao empregar *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus acidophilus* respectivamente, porém sem a adição de frutas. Já no estilo CS com adição de araçá-boi, Sales e Souza (2021) obtiveram um valor de pH igual a 3,25. Maia e Belo (2017) atingiram 4,17 para o pH de uma cerveja artesanal do estilo *Fruit Beer* com a adição de polpa de graviola. Portanto, é possível notar como o processo de acidificação do mosto para a cerveja CS a diferencia dos demais estilos, visto que o pH é maior em estilos de cerveja convencionais (4,4 a 4,6) (KASVI, 2019).

Sales e Souza (2021) avaliando o perfil físico-químico da cerveja *Catharina Sour*

com adição de araçá-boi obtiveram um valor para o amargor de 7,92 IBU, que comparado com o guia BJCP ($< 2 - 8 >$ IBU) está dentro dos parâmetros desejados. Da mesma forma, Hubner (2019) se enquadra, atingindo 6 IBU, para a produção de uma cerveja CS com polpa de pitaita e gengibre.

Para o teor alcoólico o guia BJCP traz ($< 4,0 - 5,5 >$ % v/v) para cervejas estilo CS. Analisando a pesquisa de Hubner (2019) utilizando uma CS, foi obtido o teor alcoólico variando entre 4,06% e 4,47% e a pesquisa de Sales e Souza (2021) obtiveram 4,05%, percebe-se que os dois se enquadram nos parâmetros estabelecidos. Já para a *Fruit Beer* com adição de graviola, apresentou-se um valor de 3,35% (MAIA E BELO, 2017). Demonstrando que esse fator varia muito entre os estilos utilizados.

Segundo Muxel (2016), a primeira característica sensorial que é observada na cerveja é a cor, é através dela que o consumidor será atraído ou não para a compra do produto. Segundo BJCP (2018), a cor da CS deve estar entre 2 - 7 SRM (*Standard Reference Method*). Sales e Souza (2021) utilizando a adição do araçá-boi, obtiveram 6,38 EBC (*European Brewing Convention*), equivalente a aproximadamente 3,24 SRM, estando dentro das especificações do estilo. As demais pesquisas não abordaram a cor como parâmetro físico-químico, revelando carências de informações acerca desse assunto.

Para Sales e Souza (2021), o extrato primitivo é a quantidade de substâncias dissolvidas do mosto, que deu origem à cerveja. Entretanto, o único trabalho analisado que consta a análise de extrato primitivo e aparente foi destes autores. Nenhum artigo pesquisado trouxe resultados de extratos reais, demonstrando a falta de informações quanto a esse quesito. O BJCP (2018) estabelece parâmetros de extrato primitivo para a CS de 1,039 a 1,048 g.cm⁻³ e para extrato aparente de 1,002 a 1,008 g.cm⁻³. Na análise feita por Sales e Souza (2021) com CS com adição de araçá-boi, encontrou-se um valor de extrato primitivo de 1,046 g.cm⁻³, estando dentro dos parâmetros estabelecidos pela BJCP, porém para o extrato aparente obteve-se um valor de 1,009 g.cm⁻³, 0,001 g.cm⁻³ acima do estabelecido.

A capacidade antioxidante de uma substância consiste na diminuição ou inibição da oxidação do substrato, mesmo que em baixa concentração comparada à do substrato, que podem ser encontrados como compostos fenólicos (RICE-EVANS, *et al.*, 1997). Neste trabalho foi encontrado dois artigos que fizeram a análise da capacidade oxidante da cerveja ao serem adicionadas frutas. Nas análises feitas por Hollas e Geremias (2020) com CS com adição de *blueberry* foi constatado uma significativa elevação da concentração dos compostos fenólicos em comparação à amostra sem adição da fruta, portanto a adição de *blueberry* na cerveja conseguiu aumentar a capacidade antioxidante do produto, porém o trabalho não apresentou valores quantitativos para esta análise. Já no trabalho de Sorbo (2017) foi analisado a capacidade antioxidante da adição de polpa de maracujá em cerveja artesanal tipo *Pilsen*, na qual também gerou aumento considerável da concentração de compostos fenólicos e o consequente aumento da capacidade antioxidante da bebida, o

valor da cerveja controle encontrado para capacidade antioxidante e compostos fenólicos foram de aproximadamente 17,04 EAG mL⁻¹ e 0,75 TEAC 100g⁻¹ respectivamente. Para a concentração de polpa de 100%, obteve-se um valor de 23,19 EAG mL⁻¹ para a capacidade antioxidante e 1,14 TEAC 100g⁻¹ para os compostos fenólicos, na concentração de 50% de polpa (50% polpa e 50% água), os valores para capacidade antioxidante e compostos fenólicos foram, respectivamente, de 20,81 EAG mL⁻¹ e 1,01 TEAC 100g⁻¹, enquanto que na concentração de 25% de polpa (25% polpa e 75% água), os valores encontrados foram de 19,22 EAG mL⁻¹ e 0,88 TEAC 100g⁻¹. Mostrando assim que a adição do maracujá promoveu o incremento da capacidade antioxidante da cerveja, devido ao aumento da concentração dos compostos fenólicos presentes na mesma.

3.2 Análise sensorial

A análise sensorial é dependente das respostas e sensações que são transmitidas pelas pessoas que a fazem, gerando informações para interpretar a aceitação do público perante ao produto (RODAS, *et al.*, 2008). A adição de frutas na produção de CS pode gerar um sabor adocicado, cítrico e aromas únicos devido aos compostos aromáticos das frutas, além de uma acidez láctica leve proporcionada pelas bactérias. Esses compostos aromáticos ao serem fermentados ao longo do processo de produção da cerveja criam um sabor final mais agradável, o que gera uma maior aceitação do público e mercado cervejeiro no Brasil. País o qual com seu clima tropical permite uma produção de uma variedade de frutas, faz com que a produção de cerveja com frutas seja favorável e de grande importância para sua qualidade sensorial (PINTO, *et al.*, 2015).

Maia e Belo (2017) realizaram a análise sensorial com escala hedônica de 9 pontos de diversas cervejas, sendo elas: cerveja com adição de caju, cerveja com adição de cereja, cerveja com adição de maracujá e cerveja frutada comercializada, que utiliza de insumos que dão notas de frutas no sabor e aroma à cerveja. Os autores questionaram os provadores voluntários os seguintes parâmetros: cor, sabor, aroma e impressão global. Para todos os parâmetros, as cervejas com adição de frutas tiveram resultados melhores comparadas à cerveja frutada comercial, em sua maioria apresentando notas entre 7 e 8 (“gostei regularmente” e “gostei moderadamente”), sendo a cerveja com adição de maracujá com a maior aceitação entre elas, que obteve notas médias acima de 8.

Fernandes (2019) analisou a aceitação e intenção de compra com escala hedônica de 9 pontos para cerveja artesanal com adição de água de coco e caldo de cana para os parâmetros coloração, aroma, sabor, textura e impressão global. Foi realizada a análise sensorial da cerveja com quatro combinações diferentes: cerveja com adição de 10% de caldo de cana e mais 10% de água de coco, cerveja com adição de 10% de caldo de cana, cerveja com adição de 10% de água de coco, e cerveja controle sem adição de caldo de cana ou água de coco. As amostras receberam notas entre 7 e 8, exceto as notas da cerveja controle para aroma, sabor e impressão global, que ficaram entre 6 e 7 (“gostei ligeiramente”

e “gostei regularmente”). Em comparação à cerveja controle, todas as combinações tiveram melhores resultados para os parâmetros, sendo a combinação de 10% de caldo de cana a mais aceita entre todas. Entretanto todas as amostras apresentaram baixas notas para a intenção de compra, estando as médias entre 3,60 e 4,14.

Sales e Souza (2021) submeteram a cerveja CS com adição de araçá-boi à análise sensorial, avaliando as características de aroma, gostos básicos, sabores da cerveja e retrogosto. Para a classificação de sabores da cerveja os avaliadores identificaram a intensidade de amargor, dulçor, equilíbrio, teor alcoólico e acidez da cerveja. Essa análise não utilizou a escala hedônica, porém comparou os resultados obtidos com a caracterização da CS segundo o BJCP (2018), tendo todos os parâmetros sensoriais atingidos pela cerveja elaborada.

Na análise sensorial com escala hedônica de 9 pontos realizada por Sorbo (2017) de cerveja *Pilsen* com adição de polpa de maracujá, foram questionados aos avaliadores os seguintes parâmetros: sabor, aroma, aparência e avaliação geral, para diferentes concentrações de polpa: 100% de polpa, 50% de polpa, 25% de polpa e a cerveja controle (sem adição de polpa). Os resultados obtidos indicaram que a cerveja controle recebeu notas maiores em comparação às obtidas com a adição de maracujá. Apesar das notas atribuídas às cervejas com adição da polpa serem menores em relação à cerveja controle, elas ainda demonstram que as diferentes concentrações foram aceitas pelos avaliadores, visto que a média ficou entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei regularmente).

4 | CONCLUSÃO

Os artigos encontrados nessa revisão tratam, tanto sobre cervejas ácidas e com adição de frutas, quanto sobre cerveja estilo *Catharina Sour*, porém apenas com adição de *blueberry*, pitaita e araçá-boi, não especificamente sobre adição de maracujá ou frutas vermelhas. Os novos estilos de cerveja necessitam de uma caracterização completa, todavia, como a CS é relativamente nova no mercado cervejeiro, as informações existentes não contemplam dados desde o processo produtivo até a caracterização completa do produto final. Portanto, sugerem-se pesquisas elaborando as melhores formulações deste estilo com o uso de diferentes frutas, por exemplo o maracujá ou frutas vermelhas, a fim de gerar dados científicos relacionados a esse estilo de cerveja.

REFERÊNCIAS

BJCP, Beer Judge Certification Program. Estilos de cerveja. X4. *Catharina Sour*. 24 de fevereiro de 2021.

CÓRDOVA, K.R.V.; GAMA, T.M.M.T.B.; WINTER, C.M.G.; NETO, G.K.; FREITAS, R.J.S.. Características físico-químicas da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa Degener*) obtida por secagem. Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, 23: 221-230, 2005.

DELIBERALLI, Camilo Camargo. Cervejas artesanais no Brasil : análise da comunicação integrada de marketing da cervejaria Bodebrown. Trabalho de graduação em Comunicação Social, UFP. 2015.

FERNANDES, Erik Flores. Produção e caracterização de cerveja artesanal com adição de água de coco e caldo de cana. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Rio Pomba, 2019.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. Atlas. 2010.

HOLLAS, F., GEREMIAS, R. Caracterização físico – química e avaliação da atividade antioxidante de cerveja *Catharina Sour* com adição de blueberry. Circuito Regional de Pesquisa e Desenvolvimento, UNOESC, 2020.

HUBNER, D.S. Produção de cerveja estilo *Catharina Sour* com polpa de pitaiá (*Hylocereus polyrhizus*) e gengibre (*Zingiber officinale roscoe*). Universidade Federal de Santa Catarina, centro de ciências agrárias. Departamento de ciência e tecnologia de alimentos. Curso de graduação em ciência e tecnologia de alimentos. Florianópolis, 2019.

KASVI, PH na Produção da Cerveja Artesanal: Contribuições para o Processo Produtivo. 09 de Maio de 2022.

KOBORI CN, JORGE N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. Ciência e Agrotecnologia, 29: 1008 – 1014, 2005.

LAMOUNIER, M. L, SILVA, R.L, CARDOSO, M.R.V, MAGALHÃES, M.L. Refrigerante de frutas vermelhas: Desenvolvimento, Teste físico-químico, microbiológico e sensorial. Instituto Federal do triângulo mineiro Campus Uberaba. Junho de 2019.

MARCHI, R.; MONTEIRO, M.; BENATO, E. A.; SILVA, C. A. R. Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa Deg.*) destinado à industrialização. Ciência e Tecnologia de Alimentos. vol.20 n°3 Campinas Sept. /Dec. 2000.

MEIRELES, M. et al. The impact of chronic blackberry intake on the neuroinflammatory status of rats fed a standard or high-fat diet. The Journal of nutritional biochemistry. V. 26, n. 11, p.1166-1173, 2015.

MAIA, T.S.; BELO, R. F. C. Análises físico-químicas de cerveja artesanal elaborada com graviola e análise sensorial de cervejas com adição de frutas e frutadas comercializadas. FCV- Faculdade Ciência da Vida, 2017.

MELLO, L.S.S., SIQUEIRA, V.L. Estudo de cervejas ácidas. Universidade Federal Fluminense, Departamento de Engenharia Química e de petróleo. Niterói, fevereiro de 2017.

MORAIS, F.A.; ARAÚJO, F. M. M. C.; MACHADO, A. V. Influência da atmosfera modificada sob a vida útil póscolheita do mamão formosa". Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, v.5, n.4, p.01-09, 2010.

MUXEL, A.A.A Química da Cor da Cerveja. Disponível em: http://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2016/10/A-Qu%C3%ADmica-da-cor-da-cerveja_3.pdf. Acesso em: 19, maio de 2021.

PINTO, L. I. F. et al. Desenvolvimento de cerveja artesanal com acerola (*Malpighiaemarginata DC*) e abacaxi (*Ananascomosus L. Merrill*). Revista Verde (Pombal - PB -Brasil), VOL. 10., N° 4, p. 67-71, outubro, 2015.

PITA, J. S. L. Caracterização físico-química e nutricional as polpa e farinha da casca de maracujazeiros do mato e amarelo. Itapetinga – BA: UESB, 2012. 80p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia de Alimentos).

RICE-EVANS, C.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure Antioxidant Activity Relationships Of Flavonoids And Phenolic Acids. *Free Radical Biological Medicine*, v. 7, p. 933-956, 1997.

RODAS, M.A.B. et al. Análise Sensorial. In: INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. Brasília: ANVISA, Cap.6, p.279-320, 2008.

SALES, L.S., SOUZA, P.G. Produção de cerveja do estilo *Catharina Sour* com araçá-boi (*Eugenia Stipitata Mcvaugh*). *Brazilian Journal of Development*, janeiro de 2021.

SORBO, A.C.A.C. Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2017.

ZERAIK, M.L.; LIRA, T.O.; VIEIRA, A.E.; YARIWAKE, J.H. Comparação da capacidade antioxidante do suco de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa Degener*), da garapa (*Saccharum officinarum L.*) e do chãmate (*Ilex paraguariensis*). Resumos da 31ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Águas de Lindóia, Brasil, 2008.

AGUAPÉ: UMA ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA E SANEAMENTO

Data de aceite: 04/07/2022

Kaio Machado Santos

Libertas Faculdades Integradas
São Sebastião do Paraíso –MG

Pedro Lúcio Bonifacio

Libertas Faculdades Integradas
São Sebastião do Paraíso –MG

RESUMO: O presente trabalho visou desenvolver uma metodologia eficaz no tratamento de efluentes industriais, que num contexto atual é um sério problema ambiental. Por isso, algumas alternativas sustentáveis e viavelmente ambientais estão sendo desenvolvidas e relatadas na literatura específica. Uma delas é promover o tratamento com a planta Aguapé (*Eichhornia Crassipes*), a qual apresenta uma melhoria na remoção de resíduos na água, além de ter uma característica sustentável, possui um baixo custo operacional. O desenvolvimento do trabalho foi voltado para a coleta de efluentes presentes em um rio, situado no sudoeste mineiro, na cidade de São Sebastião do Paraíso. Após a coleta adequada, seguindo os protocolos de análises, o material foi analisado no Laboratório de Análises Químicas da Libertas – Faculdades Integradas, logo em seguida, foi feita, nesse líquido coletado, a adição da planta Aguapé e anotado uma rota de 15 dias para verificar o processo de remoção de resíduos contidos no efluente. Foram feitas também, análises químicas para a planta desidratada, no Laboratório de Análises Foliar da Coopercitur a fim de mapear os componentes

químicos e seus resíduos tóxicos presentes no Aguapé. Os dados foram promissores, pois os parâmetros analisados apresentaram redução de poluentes em sua maioria, principalmente no que se refere a quantidade de metais tóxicos para efluentes. O trabalho desenvolveu também uma metodologia a ser aplicada em efluentes industriais para remoção desses resíduos antes do descarte deles nos rios em geral. O referido estudo foi fundamento para formação acadêmica em Engenharia Civil, mais especificamente na área de saneamento, gestão ambiental e gerenciamento de resíduos.

PALAVRAS-CHAVE: Aguapé, Saneamento, Efluentes.

ABSTRACT: The present work aimed to develop an effective methodology in the treatment of industrial effluents, which in a current context is a serious environmental problem. Therefore, some sustainable and viable environmental alternatives are being developed and reported in the specific literature. One of them is to promote the treatment with the Aguapé plant (*Eichhornia Crassipes*), which has an improvement in the removal of waste in the water, in addition to having a sustainable characteristic, it has a low operating cost. The development of the work was focused on the collection of effluents present in the Santana River, located in the southwest of Minas Gerais, in the city of São Sebastião do Paraíso. After adequate collection, following the analysis protocols, the material was analyzed at the Laboratory of Chemical Analysis of Libertas - Faculdades Integradas, soon afterwards, in this collected liquid, the addition of the Aguapé

plant was made and a route of 15 days was noted for verify the waste removal process contained in the effluent. Chemical analyzes were also carried out for the dehydrated plant at the Coopercitur Laboratory of Foliar Analysis in order to map the chemical components and their toxic residues present in the Aguapé. The data were promising, because the analyzed parameters showed a reduction of pollutants in their majority, mainly with regard to the amount of toxic metals for effluents. The work also developed a methodology to be applied in industrial effluents to remove these residues before their disposal in rivers in general. This study was the basis for academic training in Civil Engineering, more specifically in the area of sanitation, environmental management and waste management.

KEYWORDS: Aguapé, Saneamento, Efluentes.

1 | INTRODUÇÃO

Um dos sérios problemas ambientais causados pelo homem é o descarte inadequado de resíduos tóxicos nos efluentes. Em estudos de remoção de substâncias em efluentes, a planta Aguapé tem mostrado uma alternativa interessante. Pensando nesse sentido, o trabalho tem por finalidade analisar esse processo de remoção e propor um meio de tratamento para a melhoria na qualidade de efluentes que são descartados em água.

Nesse sentido, há uma situação problema a ser levanta: *“Quais as substâncias que serão analisadas no tratamento de efluente através do Aguapé e como será proposto um protótipo de melhoria da qualidade das águas de descarte através do uso dessa planta?”*

Esse projeto visa, através dos experimentos auxiliar na resolução desse tipo de problema, sendo que sua proposta baseia-se na utilização da planta Aguapé para fazer a remoção de poluentes que são lançados em efluentes industriais.

O uso do planta Aguapé, descrito em literatura na área, já demonstra alguns benefícios como: baixo custo, uso ambientalmente correto, processo de remoção de poluentes eficaz dentre outros. (MESS, 2006)

De fato, é necessário lembrar dos desafios da utilização dessa planta, como: uma metodologia adequada, o trabalho em experimental contendo quantidades suficientes da planta, o tipo de poluente que ela mais remove, a forma de controle dessa planta e etc. Segundo Teixeira, como a planta é eficaz para remoção de coliformes e metais pesados devemos fazer testes e análises químicas pois a gama de poluentes contidas nos efluentes variam muito pelo tipo de resíduo que é descartado (DA SILVA TEIXEIRA, 2021).

Seguindo os princípios da química verde e da gestão ambiental, este trabalho se empenhou em desenvolver um procedimento de baixo custo, usando uma planta nativa da nossa região, removendo os principais poluentes e criando uma metodologia que possa ser aplicada em macro escala (MACHADO, 2012).

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

O trabalho em questão foi pautado em referenciais teóricos que fundamentam

a temática ambiental em seus principais eixos, mais especificamente em poluição de efluentes, sendo que na engenharia civil é assunto de suma importância nos dias atuais

2.1 Saneamento básico

Por definição acadêmica, saneamento básico é o conjunto de meios e serviços fundamentais ao ser humano para viver bem socioeconomicamente, em relação a esgotos sanitário, tratamento de água, resíduos sólidos e de efluentes dentre outros. No âmbito da saúde, esse tema está relacionado a um direito constitucional de 1988 onde é definido que “a saúde é “um direito de todos e dever do Estado, garantido mediante políticas sociais e econômicas que visem a redução do risco de doença e de outros agravos (...)”,(DE ARAUJO, 2018).

A pauta entorno do saneamento básico é histórica, principalmente que ele é imperioso para a vivência da sociedade e o meio ambiente. Sendo assim, o assunto vai além de preocupações com doenças, isto é perceptível com “crescimento acelerado da população mundial e do parque industrial, o consumo excessivo, o conseqüente aumento na produção de resíduos e o descarte irresponsável desses resíduos no meio ambiente tem levado a uma preocupação mais abrangente: a escassez dos recursos naturais.” (RIBEIRO, ROOKE, 2010).

2.2 Poluição hídrica

Segundo Affonso Celso Gonçalves Junior e colaboradores, a humanidade faz uso em demorado da água doce tanto para consumo, quanto para o uso na agricultura e pecuária. Com o decorrer do tempo, foi ocorrendo o aumento desta utilização, principalmente, após o advento da Primeira Revolução Industrial no século XVIII, que com a indústria têxtil e as máquinas a vapor acelerou a poluição de rios e lagos. Ela foi ocasionada pelo despejo desordenado de rejeitos industriais e urbanos.

Com o passar dos anos, com o surgimento das fábricas e, posteriormente, de novas tecnologias que não se atentavam ao descontrolo da poluição hídrica, que contaminava a água com metais pesados - elementos que possuem massa específica maior que $5,00 \text{ g cm}^{-3}$ ou que tenham número atômico maior do que 20,00 - como Cd, Pb, Cr, Cu, Zn e Ni. Assim, a água foi se tornado um recurso progressivamente mais escasso.

Por isso, foi crescendo em todo o mundo a consciência da sustentabilidade e, principalmente, de que a água precisaria de ter um melhor uso e, conseqüentemente, um melhor tratamento.

2.3 Fontes de poluição hídrica

Como já foi citado, as indústrias, o uso exorbitante de efluentes e fertilizantes, o descarte incorreto de dejetos urbanos são os exemplos corriqueiros de fontes de poluição da água. Entretanto, há ainda mais uma causa para tal adversidade: a produção de couro

e os produtos empregados para possibilitá-la, o qual será o problema usado no presente estudo.

“Dentre os resíduos industriais lançados nos rios brasileiros, destacam-se os provenientes da indústria do couro caracterizados pela forte alcalinidade e alta demanda de oxigênio (DQO). Considerando que o Brasil está entre os cinco maiores produtores de couro do mundo, concentrando a maior produção no estado do Rio Grande do Sul, com 185 indústrias que fabricam 14 milhões de quilos de pele por ano, estima-se que cerca de 14 milhões de metros cúbicos de águas residuárias sejam geradas por ano no país.” (ZACARKIM, 2006,p. 12)

2.4 Medidas mitigadoras da poluição hídrica: uso de plantas no controle de poluição

Assim, para amenizar a poluição hídrica de um modo alternativo, mais econômico e que fizesse uso de organismos naturais, o Aguapé foi alternativa viável. Esse meio chama-se fitorremediação remove contaminantes do ambiente, permitindo que vários compostos possam ser fitorremediados em um mesmo local.

“O aguapé (*Eichhornia crassipes*) é uma planta que entre outras características, apresenta uma produtividade muito alta[...], o que faz com que seja considerado um importante praga aquática, [...] tem a capacidade de incorporar em seus tecidos altas quantidades de nutrientes [...] o que torna interessante sua utilização como agente despoluidor de águas.” (MEDEIROS, 1999)

3 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi embasada em relato de um experimento, no qual o objetivo foi verificar a eficácia da planta em questão, para isso foi necessário fazer dois momentos experimentais de análises.

O primeiro momento, consistiu em coletar quantidades de águas poluídas de um determinado rio da nossa cidade, em que haja efluentes com resíduos industriais e realizou toda análise físico-química no Laboratório de Análises Químicas da Libertas - Faculdades Integradas (foto 02) a fim de aferir a qualidade desse efluente em questão.

Logo em seguida, quantidades em torno de 5 litros desse efluente foi colocada em um recipiente para servir de local de adição da planta Aguapé, para a devida limpeza conforme já prevista em literatura (foto 01).



Figura 01: Local em que a planta está fazendo a remoção e efluente sem a planta.

Fonte: Do Autor

Como a pesquisa propõe um novo protocolo de limpeza, inicialmente testamos um período de 21 dias.

A coleta das águas para o experimento levou em torno de uma hora para ser feita, em campo. Logo após, foi inserida a planta. Depois de 21 dias, analisou-se a água coletada. Ao final das 3 semanas, o material foi recolhido e levado para uma nova inspeção, concluindo a redução dos poluentes com o uso do Aguapé.

Um outro momento constituiu em fazer novamente as análises físico-químicas da água seguindo o mesmo padrão utilizado anteriormente, com o intuito de fazer um comparativo com os dados obtidos (figura 02). Em seguida, para mapear a retenção de componentes químicos pela planta, foi feita uma análise foliar no Laboratório de Análises da Coopercitrus em São Sebastião do Paraíso. Para isso foi feita a matéria seca da planta, a qual foi colocada em uma estufa a 70 °C durante 7 dias, sendo pesada diariamente para verificar se ocorria o processo de secagem (figura 03).

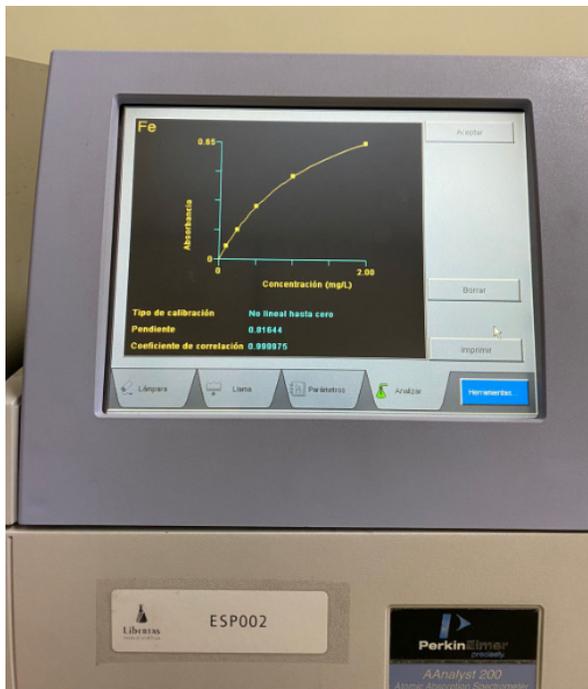


Figura 02: Espectrômetro absorção atômica da Central Analítica da Faculdade Libertas. Experimento feito para determinação de metais nos efluentes

Fonte: Do autor

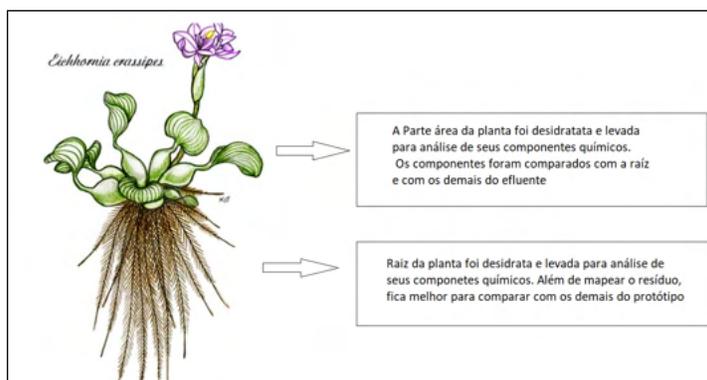


Figura 03- Esquema de análise das partes superiores e inferiores da planta

Fonte : Adaptado de www.ecoeficiente.com.br/2022

4 | RESULTADOS

Os dados se mostraram promissores na redução de resíduos, principalmente nas quantidades de surfactantes e metais pesados, que são considerados grandes poluidores de efluentes. O gráfico e a tabela abaixo demonstram tais informações desta primeira fase. A figura 04 abaixo ilustra de maneira seletiva, pois é importante analisar os principais

poluente de efluentes afim de fazer uma discussão mais detalhada, no entanto a tabela em seguida mostra o resultado de todos os componentes analisados, desta forma esse estudo poderá servir de discussão para áreas mais específicas de análises.

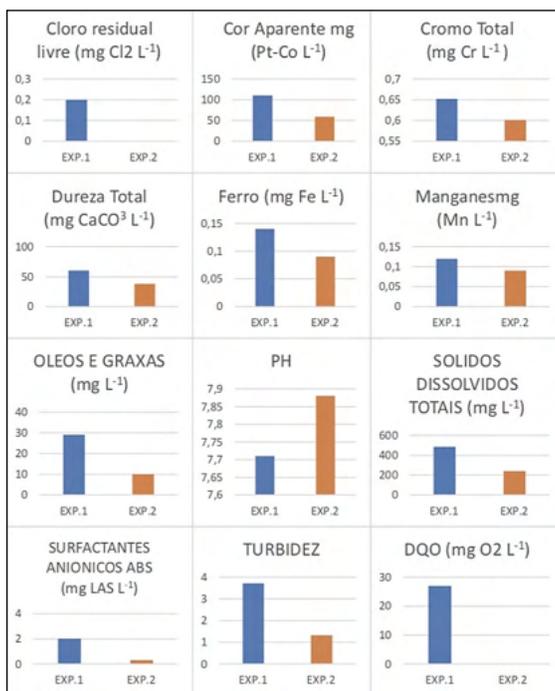


Figura 04: Comparativo das análises dos parâmetros para determinar a qualidade do efluente antes (em azul) e depois (em laranja) do teste com Aguapé.

Fonte do Autor

Componentes	Exp. 1	Data	Exp. 2	Data	Medida	Padrões
CORO RESIDUAL LIVRE	0,2	26/08/2021	<LQ	10/09/2021	Medida	0.2-5.0
COLIFORMES TOTAIS	PRESENTE	26/08/2021	PRESENTE	10/09/2021	P/A 100 mL	Ausência
CONTAGEM DE BACT. HET.	INCONTAVEIS	26/08/2021	510	13/09/2021	P/A 1 mL	-
COR APARENTE	110	26/08/2021	59	14/09/2021	mg Pt-Co L ⁻¹	15
CROMO TOTAL	0,652	30/08/2021	0,601	17/09/2021	mg Cr L ⁻¹	0,5
DUREZA TOTAL	60	26/08/2021	38	14/09/2021	mg CaCO ₃	300
E.COLI	PRESENTE	26/08/2021	PRESENTE	10/09/2021	P/A 100 mL	Ausência
FERRO TOTAL	0,14	30/08/2021	0,09	22/09/2021	mg Fe L ⁻¹	0,3

MANGANES	0,12	30/08/2021	0,09	17/09/2021	mg Mn L ⁻¹	0.1
OLEOS E GRAXAS	29	30/08/2021	10	17/09/2021	mg L ⁻¹	20
PH	7,71	26/08/2021	7,88	14/09/2021	-	6.0 -9.0
SOLIDOS DISSOLVIDOS TOTAIS	484	30/08/2021	240	17/09/2021	mg L ⁻¹	500
SURFACTANTES ANIONICOS ABS	2,026	30/08/2021	0,302	17/09/2021	mg LAS L ⁻¹	0,5
TURBIDEZ	3,72	26/08/2021	1,32	14/09/2021	NTU	5
DQO	27	30/08/21	<LQ	17/09/2021	mg O ₂ L ⁻¹	180

Tabela 01: Análises Físico-Químicas dos efluentes com parâmetros de verificação antes e depois da adição do Aguapé.

Fonte: Do autor

Com esses dados, podemos ver que os resultados foram satisfatórios, indicando a eficácia da planta. Exemplo disso, são os surfactantes: geralmente são as espumas contidas em águas muito poluídas por detergentes e aditivos químicos. Nota-se que o nível desse componente reduziu a valores significativamente menores. Os cloros residuais geralmente são resíduos de ETE ou industriais, também foram reduzidos. Os metais contidos no efluente também apresentaram reduções como podemos ver na quantidade de cromo, ferro e manganês. No que se refere a sólidos dissolvidos, houve uma redução de praticamente a metade, mostrando que o sistema tem a capacidade de absorver resíduos. Já no conceito de atividade biológica a contagem de bactérias, turbidez, cor aparente presentes tiveram uma redução. Chegando assim, na escala ideal para coleta de água imposta pelo CONAMA (BRASIL,2011).

Para análises e discussões da o processo se baseiou-se na análise de composição química da planta para verificar se os resíduos, principalmente tóxicos, foram absorvidos e sintetizados por ela.

Sendo assim essa matéria seca, dividida em folha (áerea) e raiz, foi conduzida para análise foliar de desidratação no laboratório da Coopercitur e os dados obtidos são referente aos dois momentos, antes e depois da planta exposta ao experimento, conforme verificado na tabela 02.

Análise antes do adição em Efluente					Análise após do adição em Efluente				
Determinações			Aérea	Raiz	Determinações			Aérea	Raiz
N	Nitrogênio	g/kg	29,4	23,7	N	Nitrogênio	g/kg	32,3	25,8
P	Fósforo	g/kg	5,43	3,07	P	Fósforo	g/kg	4,43	3,01
K	Potássio	g/kg	15,85	9,5	K	Potássio	g/kg	25,25	21,1
Ca	Cálcio	g/kg	22,1	11	Ca	Cálcio	g/kg	18,3	11,95
Mg	Magnésio	g/kg	6,35	3	Mg	Magnésio	g/kg	7,95	2,9
S	Enxofre	g/kg	4,84	7,66	S	Enxofre	g/kg	2,84	6
B	Boro	mg/kg	42,72	19,95	B	Boro	mg/kg	28,52	15,95
Cu	Cobre	mg/kg	21,1	24,8	Cu	Cobre	mg/kg	9	11,2
Fe	Ferro	mg/kg	251	433	Fe	Ferro	mg/kg	487	1504
Mn	Manganês	mg/kg	111	67	Mn	Manganês	mg/kg	114	269
Zn	Zinco	mg/kg	162,5	175,3	Zn	Zinco	mg/kg	163,6	184,2
Ca/B	Relação Ca/B	-	517,32	551,38	Ca/B	Relação Ca/B	-	641,65	749,22
Ca/Mg	Relação Ca/Mg	-	3,48	3,67	Ca/Mg	Relação Ca/Mg	-	2,3	4,12
Ca/Mn	Relação Ca/Mn	-	199,1	164,18	Ca/Mn	Relação Ca/Mn	-	160,53	44,42
Fe/Mn	Relação Fe/Mn	-	2,26	6,46	Fe/Mn	Relação Fe/Mn	-	4,27	5,59
K/Mg	Relação K/Mg	-	2,5	3,17	K/Mg	Relação K/Mg	-	3,18	7,28
K/Ca	Relação K/Ca	-	0,72	0,86	K/Ca	Relação K/Ca	-	1,38	1,77
K/Mn	Relação K/Mn	-	142,79	141,79	K/Mn	Relação K/Mn	-	221,49	78,44
N/Ca	Relação N/Ca	-	1,33	2,15	N/Ca	Relação N/Ca	-	1,77	2,16
N/K	Relação N/K	-	1,85	2,49	N/K	Relação N/K	-	1,28	1,22
N/S	Relação N/S	-	6,07	3,09	N/S	Relação N/S	-	11,37	4,3
P/K	Relação P/K	-	0,34	0,32	P/K	Relação P/K	-	0,18	0,14
P/Zn	Relação P/Zn	-	33,42	17,51	P/Zn	Relação P/Zn	-	27,08	16,34
P/S	Relação P/S	-	1,12	0,4	P/S	Relação P/S	-	1,56	0,5

Tabela 02: Comparativo de análise foliar feita na Coopercitrus antes e depois do experimento. Em destaque estão os metais que foram discutidos nesses estudo

Fonte: Do autor

Com a finalização das análises químicas do material orgânico, pode-se concluir que esses resíduos, não foram encontrados nos efluentes e devem estar fixados nas plantas. Portanto, torna-se sempre necessário fazer a análise também do Aguapé e os seus estudos mais específicos de síntese desses componentes químicos, onde o mesmo pode transformá-los em novas substâncias.

Pelos dados obtidos da análise foliar, mais especificamente na faixa em destaque da tabela 2, concluiu-se que há uma fixação dos metais na planta, principalmente na raiz. Os índices de Fe, Mn, Zn aumentaram, confirmando a afirmação anterior. Já, os nutrientes como N, P, e K continuam numa escala considerável, mostrando que a planta não perdeu seus valores nutricionais. Contudo, um dado que chamou atenção é a diminuição do Cu, isso não significa que esse metal foi dissolvido em água. Tal diminuição está junta com a redução do S (enxofre), assim podemos inferir que está formando sulfatos de cobre

e sulfatos, que fazem para das reações químicas da plantas. Outro fator que deve ser lembrado é que o cobre é um mineral essencial para o crescimento da planta, participa da síntese de proteínas, no metabolismo de carboidratos e é absorvido na forma de íon Cu^{+2} . Portanto, alguns resíduos são convertidos em substâncias menos tóxicas pelo Aguapé. (MONTOVANE, 2009).

5 | CONCLUSÃO

Após as análises feitas nos efluentes feitas no laboratório da Libertas juntamente das análises de desidratação foliar do Laboratório da Coopercitrus, verificou-se que a composição química da planta alterou no processo de absorção ou retenção de metais e outros compostos tóxicos. Ademais, houve conversão de novas substâncias que não são nocivas ao meio ambiente.

Com esses dados é possível fazer um melhor mapeamento desses compostos, por exemplo, a descoberta do real destino desses componentes indesejáveis no tratamento de efluentes.

Essa metodologia proposta em pequena escala pode servir como referência para desenvolver um protótipo de usos dessas plantas em locais, onde há descarte de efluentes em grande escala.

O trabalho em questão serviu como fundamento para formação acadêmica em Engenharia Civil mais especificamente na área de saneamento, gestão ambiental e gerenciamento de resíduos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Resolução CONAMA N° 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial da União. República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 mai. 2011.

DA SILVA TEIXEIRA, Annye Neves Cardoso et al. Uso da planta aguapé, para absorção de coliformes e metais pesados presentes na água do Rio Paraíba do Sul. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 27937-27945, 2021.

DE ARAÚJO, Flávia Camargo; BERTUSSI, Geovana Lorena. Saneamento básico no Brasil: estrutura tarifária e regulação. Planejamento e políticas públicas, n. 51, 2018.

JUNIOR, Afonso Celso Gonçalves; SELZLEIN, Claudemir; NACKE, Herbert. Uso de biomassa seca de aguapé (*Eichornia crassipes*) visando à remoção de metais pesados de soluções contaminadas. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 31, n. 1, p. 103-108, 2009.

MACHADO, Adélio ASC. Dos primeiros aos segundos doze princípios da Química Verde. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 12

MANTOVANI, Analú. Composição química de solos contaminados por cobre: formas, sorção e efeito no desenvolvimento de espécies vegetais. 2009.

MEES, Juliana Bortoli Rodrigues. Uso de aguapé (*Eichhornia crassipes*) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua compostagem. 2006. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Cascavel, 2006.

MEDEIROS, Rosalina ML et al. Estudo da biomassa de aguapé, para a produção do seu concentrado protéico. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 226-230, 1999.

PEREIRA M.O., Calza C., Anjos M.F., Lopes R. T., Araujo F.G. 2006. Metal concentrations in surface sediments of Paraíba do Sul River (Brazil). *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*

PELOZATO, Michelle et al. Comparação entre métodos de extração de cádmio, cobre e zinco de solos catarinenses derivados de basalto e granito-migmatito. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 10, n. 1, p. 54-61, 2011. *mistry*, 269:707-709.

PINTO A.G.N., Horbe A.M.C., Silva M.S.R., Miranda S.A.F., Pascoaloto D., Santos REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. *Bahia Análise & Dados*, Salvador, v. 13, n. Especial, p. 341-345, 2003

ZACARKIM, Carlos Eduardo. Uso de sistema wetland construído no pós-tratamento de efluente de curtume. 2006. 77 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.

RIBEIRO, Júlia Werneck; ROOKE, Juliana Maria Scoralick. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. **Juiz de Fora, MG**, v. 13, 2010

MELHORAMENTO DE RODOVIAS DE TERRA: UM ESTUDO DE CASO

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 26/05/2022

Rafael Pacheco dos Santos

Universidade do Estado de Santa Catarina,
Campus Alto Vale

Ibirama – Santa Catarina/Brasil

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5612044933584224>

RESUMO: Apesar da importância da malha de estradas de terra no Brasil, boa parte necessita de obras de manutenção e ampliação. Este é o caso do complexo viário que interliga as localidades do Ambrósio, Tabatinga e Fagundes no interior do município de Tijucas do Sul, Paraná. Tais vias exigem obras de melhoramento viário com a recomposição da camada de pavimento primário além de obras de drenagem. Dentro deste contexto, o presente artigo apresenta o desenvolvimento do projeto básico e executivo do melhoramento destas vias, adotando como solução a execução de uma camada de macadame seco com valetas posicionadas em trechos específicos da via. O fluxo de trabalho, baseado na metodologia BIM, permitiu a utilização de duas plataformas (Autocad Infracad e Autocad Civil 3D) para obter produtos de alta qualidade técnica, entretanto limitações financeiras foram os principais empecilhos para o projeto de um sistema de drenagem mais abrangente, uma espessura de camada mais significativa e uma melhoria no perfil longitudinal das vias.

PALAVRAS-CHAVE: Melhoramento de Vias,

Estradas de terra, macadame seco.

IMPROVEMENT OF RURAL ROADS: A CASE STUDY

ABSTRACT: In spite of importance of road in countryside of Brazil, a significant number needs maintenance and improvements. This is the case of roads system that connect the neighborhood of Ambrósio, Tabatinga e Fagundes, in countryside of Tijucas do Sul, Paraná. Such gravel roads need a significant improvement of pavement besides drenagem structures. In this context, the present article describes the basic and executive project of upgrading quality, adopting as solution a new layer of “macadame seco” with ditches in both side of specific part of road. The workflow, based in BIM method, utilized two platforms (Autocad Infracad and Autocad Civil 3D) to obtain high quality technical products, however financial limitation was the main problem to adopt better technical solution, a bigger drenagem system, a thicker layer and a better longitudinal profile.

KEYWORDS: Improvement road, Countryside road, macadame seco.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Santos et al. (2019), a rede brasileira de estradas de rodagem alcança um total de aproximadamente 1,8 milhões de quilômetros, dos quais cerca de 1,4 milhões (77% do total) correspondem a estradas vicinais e de terra. Já no estado de São Paulo, a rede rodoviária total atinge cerca de 200 mil quilômetros, dos quais cerca de apenas 32 mil

correspondem a rodovias pavimentadas, ou seja, menos de 16% do total. Tais números mostram com clareza a importância de vias vicinais em terra para a economia nacional.

Tal importância, entretanto, contrasta com o estado de conservação, carente de manutenção e ampliação. Tais melhorias, contudo, não deverão contemplar obras de pavimentação com concreto asfáltico devido ao alto custo que não é justificado pelo baixo número de veículos.

O presente trabalho apresenta o desenvolvimento do projeto básico e executivo de um empreendimento de melhoramento viário de um complexo de estradas que totalizam mais de 18 quilômetros no município de Tijucas do Sul, no Paraná. Tal projeto foi executado tendo como diretriz a metodologia BIM, utilizando as plataformas Infracad e Autocad Civil 3D. A solução adotada foi a execução de uma camada de 10 centímetros de macadame seco e valetas trapezoidais em trechos com declividade mais acentuada. As limitações financeiras foram o principal empecilho para um sistema de drenagem mais abrangente, uma camada mais espessa de macadame e principalmente um melhoramento do perfil longitudinal da via.

2 | ASPECTOS TEÓRICOS RELEVANTES

2.1 Características técnicas essenciais de estradas de terra

Segundo DNIT (2005), “as vias intituladas de estradas de terra compreendem as rodovias cuja superfície de rolamento é constituída dos materiais integrantes do próprio leito natural da via”. O mesmo documento cita ainda que geralmente tais infraestruturas são resultado da evolução de trilhas e caminhos precários, remanescentes de épocas pioneiras e primitivamente construídas. Desta maneira, as estradas de terra foram construídas com um enfoque de “minimização” de custos de construção, apresentando, na grande maioria das vezes, traçados sinuosos que evitam travessias de rios e movimentação de terra.

A manutenção de estradas de terra construídas desta forma é geralmente custosa e com execução complexa. A manutenção preditiva, neste caso, é de vital importância, exigindo trabalhos constantes de conformação da pista de rolamento, recomposição de pequenos seguimentos, limpeza e manutenção das estruturas de drenagem além da recomposição da cobertura vegetal de taludes (FATTORI, 2007).

Segundo Santos (2019), as duas características técnicas mais importantes para uma condição de tráfego adequada são: i) boa capacidade de suporte, ii) boas condições de rolamento e aderência.

As condições de rolamento são determinadas basicamente pelas irregularidades apresentadas pela pista. Neste contexto destacam-se os esburacamentos e a presença de material solto que interferem negativamente sobre o conforto e segurança no tráfego. A aderência, por sua vez, refere-se as características de atrito entre carro e via. Uma pista em boas condições de aderência não permite que o veículo “patine” ao tracionar.

Os materiais granulares (especialmente areia e cascalho) são os elementos mais importantes para a garantia de boas condições de rolamento, porém a inexistência de um material ligante (em especial materiais argilosos) em quantidade satisfatória pode vir a comprometer o desempenho e a durabilidade da via. Neste caso, os grãos ficam soltos e tendem a originar problemas de tráfego como patinação em rampas, formação de costelas de vaca e esburacamentos, como mostra as imagens a seguir. Assim, quando se deseja boas condições de rolamento deve-se pensar em quatro itens: presença de material granular, presença de material argiloso, processo de mistura e processo de compactação (SANTOS,2019).



Figura 1 - Patologias em estradas de terra devido a condições inadequadas de rolamento.

Fonte: Souza (2015)

A capacidade de suporte, por sua vez, é associada a deformabilidade da via durante a passagem de veículos. Capacidade de suporte inadequada pode gerar ondulações transversais e a formação de rodeios além de a tendência de apresentar lama em situações de chuvas intensas.



Figura 2 - Patologias em estradas de terra devido a condições inadequadas de suporte.

Fonte: Souza (2015)

Segundo Santos (2019), os problemas típicos de capacidade de suporte geralmente estão associados a deficiências técnicas no subleito (terreno natural sobre o qual está implantada a estrada) ou na camada de reforço (camada para melhorar o subleito).

Os materiais granulares, em especial areia e cascalho, são os mais indicados para corrigir eventuais problemas técnicos com subleito e garantir boa capacidade de suporte. Assim, quando se fala em capacidade de suporte, duas coisas são essenciais: presença de materiais granulares e processo de compactação.

2.2 Macadame seco

A palavra macadame tem origem no nome MacAdam, que foi o inglês introduziu, no início do século 19, o macadame hidráulico na pavimentação. No Brasil, o macadame hidráulico foi usado na Av. Paulista - SP (1903) e rodovia Presidente Dutra (1956).

Atualmente a duas vertentes da técnica, a primeira conhecida como macadame hidráulico (mais antiga) e a segunda como macadame seco. A diferença principal entre ambas é o fato de a mais antiga utilizar água para ajudar no processo de compactação da camada. A eliminação da água no processo somente foi possível com o advento de rolos compactadores com maior capacidade energética.

Segundo o DER/PR (2005), macadame seco é a camada granular composta por agregados graúdos, naturais ou britados, preenchidos a seco por agregados miúdos, cuja estabilidade é obtida pela ação mecânica enérgica de compactação.

Tal definição é bastante semelhante a apresentada em DAER/RS (1991) que conceitua macadame seco como uma camada de agregado graúdo (pedra britada, escória ou cascalho) de faixa granulométrica específica devidamente bloqueado e preenchido por

agregado miúdo (britado). A figura 03 mostra a graduação típica dessa técnica

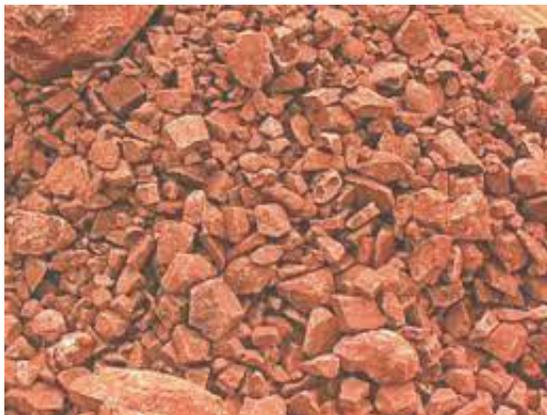


Figura 3 - Graduação do macadame seco espalhado sobre a pista. A dimensão do agregado graúdo é um parâmetro importante.

Fonte: Souza (2015)

O macadame seco pode ser obtido a partir do espalhamento e compactação de pedras-pulmão (obtidas do britador primário) na pista (conforme mostra a figura 04), e em seguida, pelo preenchimento dos vazios do agregado graúdo com agregados miúdos e, por fim, com o processo de compactação mecânica (figura 05).



Figura 4 - Espalhamento de pedras-pulmão (rachão) em subleito para execução de macadame seco.

Fonte: Exército brasileiro (2017)



Figura 5 - Etapa de enchimento, ou seja, compactação dos agregados miúdos sobre a camada dos agregados graúdos.

Fonte: Exército brasileiro (2017)

O diâmetro máximo do agregado graúdo é um fator importante. Ele deve estar compreendido entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{2}{3}$ da espessura da camada, não devendo ser superior a 127 mm e inferior a 88,9 mm.

O agregado de enchimento, por sua vez, deve ser formado por finos de britagem com as mesmas características físicas do agregado graúdo (forma, resistência ao desgaste e isenção de impurezas), devendo obedecer a uma das seguintes faixas granulométricas descritas na tabela 01.

Peneiras ASTM	Abertura, mm	Percentagem passando, em peso				
		Faixa I	Faixa II	Faixa III	Faixa IV	Faixa V
1"	25,4	100	-	-	-	-
¾"	19,1	-	100	100	-	-
3/8"	9,5	50 – 85	69 – 100	-	100	100
Nº 4	4,8	-	-	55 – 100	70 – 100	60 – 80
Nº 10	2,0	25 – 50	40 – 70	-	-	-
Nº 40	0,42	-	-	20 – 50	30 – 60	15- 25
Nº 200	0,074	5 – 15	5 – 20	6 – 20	8 – 25	0 – 12

Tabela 1 - faixa granulométrica do agregado de enchimento

Fonte: DNIT (1997)

Em situações em que o subleito é constituído de solos com mais de 35% passando na peneira de nº 200, é necessário executar uma camada de bloqueio (ou isolamento) que tem como função impedir a percolação por capilaridade. Tal espessura deverá ser limitada a uma espessura máxima de 0,03 metros. Nestes casos o agregado de isolamento deverá ter características semelhantes ao agregado de enchimento.

3 | MÉTODO

Na execução do projeto básico e executivo foram utilizados os softwares Infracad e AutoCad Civil 3D, ambos da empresa Autodesk. Pelas características das plataformas, ambas trabalhando dentro da metodologia BIM, foi possível realizar o projeto básico e suas diversas análises no Infracad e o detalhamento juntamente com as planilhas de terraplanagem sendo executadas no Civil 3D.

Na plataforma Infracad foram realizadas as atividades modelagem tridimensional dos diversos trechos com análises de readequação de perfil longitudinal (melhoramento de greide) e transversal além da definição dos trechos que receberão valetas como estruturas de drenagem. Foi possível também definir o projeto das intersecções dos diversos trechos de maneira satisfatória.

A plataforma Civil 3D, por sua vez, permitiu o detalhamento da solução, com a geração dos desenhos em planta, perfil e seções. Foi também nesta plataforma que foi possível obter-se as planilhas de cálculo de volume de corte, aterro e transportado.

O processo de exportação e importação entre as plataformas utilizou a terminação “imx”, nativa dos softwares da Autodesk. Tal método além de permitir entregáveis com maior facilidade de compreensão por parte do contratante (como vídeos explicativos do projeto ainda durante o projeto básico), foi mais intuitivo e mais rápido. A figura abaixo sumariza todo o método de trabalho.



Figura 6 - Fluxo de trabalho.

Fonte: Autor

4 | PROJETO BÁSICO E EXECUTIVO

As vias que foram objeto do projeto de melhoramento compõem um sistema viário que interligam as comunidades do Ambrósio, Tabatinga e Fagundes, além de permitir o

acesso a PR-281 que conecta o município à BR-376. Tal conjunto é formado pelas estradas Antônio Cubas, João Waloski, Francisco Becker, Eduardo Pereira e Manoel de Farias. As coordenadas de início de fim de cada trecho encontram-se na tabela 02.

		Norte, [m]	Este, [m]	Altitude, [m]
Antônio Cubas	Inicial	7.132.383,7393	683.895,1649	920,6728
	Final	7.131.376,6660	688.297,2260	915,9243
João Waloski	Inicial	7.131.382,9014	688.216.1197	916,0008
	Final	7.133.698,5154	688.013,0777	934,4961
Francisco Becker	Inicial	7.133.219,6545	690.457,9877	905,5811
	Final	7.132.900,5079	688.532,8223	937,6240
Eduardo Pereira	Inicial	7.136.891,9616	687.655,6791	925,5702
	Final	7.133.698,5154	688.013,0777	934,4962
Manoel de Farias	Inicial	7.137.908,2283	685.729,4283	923,9937
	Final	7.136.891,9616	687.655,6791	925,5702

Tabela 2 - Coordenadas dos trechos que passarão por melhoramento de vias

Fonte: levantamento topográfico, Solo Engenharia

Tais vias são de terra e encontram-se operacionais há várias décadas. Elas possuem em conjunto mais de 18 mil metros de extensão com a seção transversal, de 7,0 metros de largura. O levantamento topográfico, que definiu as características planialtimétricas além do cadastro topográfico, foi executado pela empresa “Solo Topografia” e mostrou um relevo plano com variações altimétricas pequenas. Abaixo é possível analisar a disposição das vias e em seguida algumas fotos que mostram as condições atuais dos trechos



Figura 7 - Disposição do complexo viário formado pelas estradas Antônio Cubas, João Waloski, Francisco Becker, Eduardo Pereira e Manoel de Farias

Fonte: levantamento topográfico, Solo Engenharia



Figura 8 - Inspeção visual nos trechos mostrou problemas de buracos, alagamento além de pontos com estreitamento de via.

Fonte: Autor

4.1 Projeto básico

Conforme consta em DNIT (1999), o projeto básico de melhoramento de vias constitui o conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares.

Estudo topográfico

O estudo topográfico foi realizado pela empresa “Solo Topografia” com o levantamento planialtimétrico e cadastral de todo o trecho. O resultado foi o levantamento de curvas de nível com espaçamento de 1 metro além do cadastro do eixo, bordo da via, cercas, obras de arte corrente, corpos de água, portões, postes entre outros.

Estudo de tráfego

De acordo com as características do empreendimento e da instrução de projeto IP-002/2004 do município de São Paulo, o sistema viário foi classificado como sendo formado por vias do tipo local e coletora, com tráfego médio e vida de projeto de 10 anos. Além disso, foi estimado um volume diário de (401 – 1500) veículos leves diários e de (21 – 100) caminhões e ônibus, perfazendo, desta forma, um total de aproximadamente 5×10^5 de passagens de eixo padrão (“N”) por toda a vida de projeto.

Estudo Geológico

A extensão do empreendimento permitiu que fossem utilizados dados do “Banco de dados de informações Ambientais”, elaborado e disponibilizado pelo IBGE. Nele a região das vias é descrita como um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) (segundo a classificação da Embrapa Solos) com ausência de pedregulhos ou formações rochosas significativas.

Estudo hidrológico

O estudo hidrológico indicou a região como pertencente a unidade hidrológica do alto Iguaçu (conforme mapa de unidades hidrológicas do Paraná) com intensidade de chuva que pode ser descrita pela equação $i = (k \cdot Trm)/(t+t_0)^n$, no qual os parâmetros $k = 5726,64$, $m=0,159$, $t_0 = 41$ e $n = 1,041$ (obtidos a partir do ajuste de dados meteorológicos do município de Curitiba).

Estudo Ambiental

De acordo com a Resolução SEMA nº 46/2015, o licenciamento ambiental é dispensado para atividades de manutenção, conservação, recuperação e restauração de vias já consolidadas, como o caso deste empreendimento.

Com as conclusões de tais estudos foi possível definir que a melhor solução para o empreendimento seria a aplicação de uma camada de macadame seco por toda a extensão das vias com a escavação de valetas em forma trapezoidal em trechos específicos (com maior declividade) das vias.

4.2 Projeto executivo

Segundo DNIT (2005), o projeto executivo de melhoramento de vias em terra é formado pelo conjunto de elementos necessários e suficientes para execução da obra, sendo necessários, desta forma, a elaboração de vários projetos.

Projeto de terraplanagem

O Projeto de Terraplanagem tem por objetivo a definição das seções transversais em corte, aterro e greide do corpo estradal além da determinação, localização e distribuição dos volumes dos materiais. Em função das características próprias do Projeto (melhoramento de vias), o greide lançado no Projeto Geométrico procurou adequá-lo à situação existente com apenas pequenas melhorias. Desta forma a minimização dos cortes e aterros foi uma das diretrizes de projeto.

Para definição do DMT objetivou-se a definição de espaços de bota-fora o mais próximo possível da frente de obra enquanto a jazida foi identificada a partir de indicação do corpo técnico da prefeitura. Foi considerado o DMT para o bota-fora do corte líquido cumulativo de 500,00 metros.

Projeto de pavimentação

Como a proposta deste projeto é de melhorar as condições viárias das vias vicinais (ainda em leito natural) a solução de melhoramento adotada é a aplicação de uma camada de 10 cm de macadame seco por toda a extensão da via. Ressalta-se, entretanto, que a plataforma deverá ter 7,0 metros de largura e inclinação de 4,0% com eixo coroadado o que exige, em alguns pontos, o alargamento da via já existente. Tal solução fornece durabilidade a pista e conforto aos motoristas que utilizarem o trecho.

O processo de execução da camada de macadame seco deverá considerar os aspectos das normas DNIT ES-316 e principalmente a “DER/PR ES-P 03/05 – Pavimentação: macadame seco”. Documentos adicionais que compõem que descrevem as boas práticas de engenharia rodoviária também poderão ser uma fonte de consulta.

Ressalta-se inicialmente que todos os materiais utilizados devem satisfazer às especificações aprovadas pelo DER/PR. Em relação ao agregado graúdo, ele deverá ser constituído por pedra britada resultante de britagem primária (pedra pulmão) de rocha sã ou, em casos especiais, oriundos de materiais pétreos naturais desmontados pela ação de lâmina e escarificador de trator de esteiras ou por simples detonações. Além disso, os fragmentos devem apresentar-se duros, limpos, duráveis, livres de excesso de partículas

lamelares ou alongadas, macias ou de fácil desintegração.

O diâmetro máximo do agregado graúdo deve estar compreendido entre 5 e 6,5 cm, ou seja, entre $\frac{1}{2}$ e $\frac{2}{3}$ da espessura da camada executada. Quando submetidos à avaliação de durabilidade com sulfato de sódio, em cinco ciclos (método DNER-ME 089/94) deve apresentar perda igual ou inferior a 15%. Além disso, a percentagem de desgaste no ensaio de abrasão Los Angeles (DNER-ME 35/98) não deve ser superior a 45%. Deve ser dada preferência para utilização de agregado graúdo de um só tamanho.

Em relação ao agregado de enchimento, ele deve ser constituído por finos de britagem com mesmas características físicas especificadas para o agregado graúdo (forma, resistência ao desgaste e isenção de impurezas), devendo atender as faixa granulométricas estabelecidas na tabela 01.

Por fim, foram identificadas algumas jazidas nas proximidades. Os valores de DMT adotados correspondem a distância entre a mais próxima e as frentes de obra. A tabela a seguir traz tais distâncias.

Jazida	Frente de obra	Distância
Jazida Adriano (Bateias de Baixo, Campo Alegre/PR)	Estrada Antônio Cubas	16,5 km
	Estrada João Waloski	18,9 km
	estrada Francisco Becker	21,3 km
	estrada Eduardo Pereira	22,2 km
	estrada Manoel de Farias	16,1 km

Tabela 3 - DMT entre a jazida e as diversas frentes de obra

Fonte: Autor

Antes do início da obra, todos os equipamentos deverão apresentar bom estado de conservação e, caso reprovados pela fiscalização, não utilizados durante a execução dos serviços. Outros equipamentos e ferramentas podem ser necessários de acordo com a prática construtiva da executora, cabendo, dessa forma, a fiscalizadora verificar a sua necessidade e correta utilização. Os equipamentos básicos para execução do macadame seco compreendem:

- Trator de esteira;
- Instalação de britagem compatível com as bitolas e as produções desejadas;
- Pá-carregadeira;
- Caminhão-tanque irrigador;
- Caminhões basculantes;
- Distribuidor de agregados e/ou motoniveladora pesada;
- Rolos compressores de rodas lisas, vibratórios;

- Equipamentos e ferramentas complementares (pás, carrinhos de mão, vassourões ou vassouras mecânicas entre outras).

A responsabilidade civil e ético-profissional pela qualidade, solidez e segurança da obra ou do serviço é da executante. Após as verificações realizadas no segmento experimental, comprovando-se sua aceitação, deve ser emitido “Relatório do Segmento Experimental” com as especificações que guiarão a execução do serviço pela executante. Caso o segmento experimental seja recusado por desempenho insatisfatório, a solução indicada é a de remover e refazer a etapa não aceita. As principais etapas do processo executivo são: i) preparo da superfície; ii) Camada de agregado graúdo; iii) Operações de enchimento e travamento.

Compete a executante a realização de testes e ensaios que demonstrem a seleção adequada dos insumos e a realização do serviço de boa qualidade e em conformidade com o projeto e as normas vigentes. Deve-se executar, no mínimo, os seguintes ensaios:

- A cada 600 m³: 01 ensaio de equivalente de areia do agregado miúdo e 01 ensaio de granulometria de cada produto de britagem.
- A cada 600 m³: 03 determinações da espessura da camada de bloqueio ou isolamento, 03 verificações das condições de enchimento dos vazios do agregado graúdo e travamento através da abertura de poços de inspeção em pontos aleatórios, 03 determinações da espessura da fração fina depositada sobre a superfície do agregado graúdo e 01 ensaio de granulometria da mistura de agregados utilizada como enchimento ou travamento.

Destaca-se ainda a importância da realização de (ao menos) 01 ensaio de abrasão Los Angeles e 01 ensaio de durabilidade com sulfato de sódio, sempre que for visualmente detectada alterações mineralógicas na bancada de extração da jazida. Compete exclusivamente a fiscalizadora efetuar o controle geométrico que consiste na realização de medidas da espessura, largura e acabamento da camada acabada a cada 20 metros. Os serviços executados deverão ser aceitos desde que atendidas as seguintes condições:

- Quanto à largura da plataforma: não são admitidos valores inferiores aos previstos para a camada;
- Quanto a espessura da camada acabada: a espessura média, definida pela de acordo com a DNER/PR ES-P 03/05, situar-se no intervalo de $\pm 5,0\%$, em relação a espessura prevista em projeto. Não devem ser tolerados valores individuais superiores a $\pm 10,0\%$ do valor previsto em projeto

Projeto de drenagem

O projeto de drenagem utilizará um sistema de valetas posicionadas na borda da pista nas regiões definidas em projeto. Tais valetas deverão ter perfil em “trapezoidal” com 0,8 de base maior, 0,3 de base menor e 0,5 m de profundidade, conforme estabelecido

no projeto da seção transversal. Os volumes escavados são indicados na tabela abaixo com suas respectivas. O volume de escavação total de todas as frentes é de 4.892 metros cúbicos.

Disposição	Seção (m2)	Estação inicial	Estação final	Escavado (m3)
Ambos os lados	0,27795	0+900	1+150,17	139,07
Ambos os lados	0,27795	1+600	2+050	250,15
Ambos os lados	0,27795	6+000	6+600	333,54
Total				722,76

Tabela 4 - Seção, comprimento e volume escavado das valetas - estrada Antônio Cubas

Disposição	Seção (m2)	Estação inicial	Estação final	Escavado (m3)
Ambos os lados	0,27795	0+400	1+200	444,72
Total				444,72

Tabela 5 - Seção, comprimento e volume escavado das valetas - estrada João Waleski

Disposição	Seção (m2)	Estação inicial	Estação final	Escavado (m3)
Ambos os lados	0,27795	0+000	2+150	1.195,18
Total				1.195,18

Tabela 6 - Seção, comprimento e volume escavado das valetas - estrada Francisco Becker

Disposição	Seção (m2)	Estação inicial	Estação final	Escavado (m3)
Ambos os lados	0,27795	0+800	3+000	1.222,98
Total				1.222,98

Tabela 7 - Seção, comprimento e volume escavado das valetas - estrada Eduardo Pereira

Disposição	Seção (m2)	Estação inicial	Estação final	Escavado (m3)
Ambos os lados	0,27795	0+000	2+350	460,72
Total				1.306,36

Tabela 8 - Seção, comprimento e volume escavado das valetas - estrada Manoel de Farias

Privilegiou-se a execução de tais tipos de estrutura nos trechos em que a estrada apresentava valores significativos de inclinação. Em tais trechos, a possibilidade de que o fluxo de água atingir velocidades de escoamento maiores, e por consequência, possuir um poder erosivo significativo é bem maior.

Tais valetas deverão possuir um revestimento vegetal formado por espécies típicas do terreno. Caso isto não seja possível, uma alternativa é o uso de grama ou aplicação de calda de cal nos taludes da valeta. O fluxo de água das valetas deverá ser retirado da plataforma através de canaletas laterais (sangras) que conduzem a água para um sistema de drenagem natural (rio ou córrego) ou para terrenos vizinhos, conforme mostra a figura. No segundo caso, deverão ser conduzidas em curvas de nível para evitar erosões nesses

terrenos. O espaçamento entre as sangras deverá ser de 20 metros para trechos com inclinação superior a 4,0% e de 40 metros para trechos mais planos.

Quantitativos

A fim de facilitar a elaboração da planilha orçamentária e conduzir o processo de elaboração do cronograma físico-financeiro, a planilha de quantitativo resume os valores de insumos envolvidos.

Planilha Quantitativa				
Obra: Projeto de melhoramento de vias vicinais do município de Tijucas do Sul/PR				
Cliente: Prefeitura municipal de Tijucas do Sul/PR				
Local: Tijucas do Sul/PR				
Item	Descrição do serviço	Qtd.	Un.	
1.	PAVIMENTAÇÃO REVESTIMENTO PRIMÁRIO NAS LOCALIDADES DE FAGUNDES E AMBRÓSIO			
1.1	SERVIÇOS PRELIMINARES			
1.1.1	PLACA DE OBRA (PARA CONSTRUÇÃO CIVIL) EM CHAPA GALVANIZADA *N. 22", ADESIVADA, DE *2,0 X 1,125* M	5,76	M2	
1.1.2	SERVIÇOS TOPOGRÁFICOS PARA PAVIMENTAÇÃO	126.929,45	M2	
1.2	TERRAPLANAGEM			
1.2.1	ESCAVAÇÃO HORIZONTAL, INCLUINDO CARGA E DESCARGA EM SOLO DE 1A CATEGORIA COM TRATOR DE ESTEIRAS (100HP/LÂMINA: 2,19M3). AF_07/2020	22.654,99	M3	
1.2.2	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³, EM VIA INTERNA (DENTRO DO CANTEIRO - UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	4.728,19	M3xKM	
1.2.3	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M³, EM VIA URBANA EM LEITO NATURAL (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	19.995,12	M3XKM	
1.2.4	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE ATERRO COM SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	9.456,34	M3	
1.2.5	ESPALHAMENTO DE MATERIAL COM TRATOR DE ESTEIRAS. AF_11/2019	19.995,12	M3	
1.3	DRENAGEM PLUVIAL			
1.3.1	ABERTURA DE VALETA SUPERFICIAL PARA DESAGUE COM RETROESCAVADEIRA (CAPACIDADE DA CAÇAMBA DA RETRO: 0,26 M3 / POTÊNCIA: 88 HP), LARGURA DE 0,8 M A 1,5 M, EM SOLO DE 1A CATEGORIA.	4.892,00	M3	
1.4	PAVIMENTAÇÃO COM REVESTIMENTO PRIMÁRIO			
1.4.1	REGULARIZAÇÃO SEM COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO	126.908,45	M2	
1.4.2	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE OU SUB-BASE DE MACADAME HIDRÁULICO	12.650,84	M3	

	1.4.3	TRANSPORTE COM CAMINHÃO BASCULANTE DE 10 M ³ , EM VIA URBANA PAVIMENTADA, DMT ATÉ 30 KM (UNIDADE: M3XKM). AF_07/2020	236.907,67	M3XKM
1.5		PROJETO "AS BUILT"		
	1.5.1	ENGENHEIRO CIVIL DE OBRA JUNIOR COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	90,50	H
	1.5.2	DESENHISTA PROJETISTA COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	192,00	H
1.6		ENSAIOS TECNOLOGICOS		
	1.6.1	ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA - IN SITU - MÉTODO FRASCO DE AREIA (GRAU DE COMPACTAÇÃO) - REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DO SUBLEITO	34,00	UN
	1.6.2	ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA - IN SITU - MÉTODO FRASCO DE AREIA (GRAU DE COMPACTAÇÃO) - SUB-BASE E BASE	34,00	UN
	1.6.3	ENSAIO DE GRANULOMETRIA DO AGREGADO	34,00	UN

Tabela 9 - Planilha quantitativa da obra.

Fonte: Autor

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância de projetos de melhoramento de vias adequados para as estradas de terra brasileira é grande. O fluxo de trabalho baseado em tecnologia BIM pode colaborar para uma maior velocidade além de um melhor entendimento dos projetos desde as suas fases mais iniciais. Tal característica reduz o custo com possíveis retrabalhos por parte do projetista ou já na fase de execução.

Os recursos financeiros limitados, entretanto, são um limitante significativo para soluções de engenharia mais robustas. Neste estudo de caso, as limitações financeiras impediram o desenvolvimento de um sistema de drenagem mais robustos (que compreendessem valetas por todo o trecho), da implementação de uma camada de macadame seco mais espessa e principalmente por uma melhoria nas características do perfil longitudinal da via.

REFERÊNCIAS

SANTOS, AR dos et al. **Estradas vicinais de terra: Manual técnico para conservação e recuperação**. São Paulo: IPT, 2019.

BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. **Manual de conservação rodoviária**. Rio de Janeiro. DNIT IPR – 710.

FATTORI, Bernardo José. **Manual para manutenção de estradas com revestimento primário**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SOUZA, Ruiter da Silva. **Notas de aula terraplanagem e pavimentação**. 2015.

PARANA, DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Pavimentação: Macadame seco**. Curitiba. DER/PR ES-P 03/05, 2005.

RIO GRANDE DO SUL, DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Especificações gerais**. Porto Alegre, 1991.

BRASIL, EXÉRCITO BRASILEIRO. **Lançamento de rachão na operação de construção caminhos da neve**. Portal desenvolvido pelo exército brasileiro. Disponível em < <http://www.defesa.gov.br> > Acesso: 07/03/2022.

BRASIL, DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **Diretrizes básicas para elaboração de estudos e projetos rodoviários: escopos básicos e instruções de serviço**. Rio de Janeiro, 1999.

ANÁLISE DE METODOLOGIAS DE ENSINO E APRENDIZAGEM APLICADAS NO EGRESSO DA GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – PARTE 1

Data de aceite: 04/07/2022

Fabíola Silva Bezerra

Centro Universitário Una - Campus Linha Verde
Belo Horizonte – MG

Wallace Rodolfo Lopes da Silva

Centro Universitário Una - Campus Linha Verde
Belo Horizonte – MG

Karina Silva Campos

Centro Universitário Una - Campus Linha Verde
Belo Horizonte – MG

Camila Figueiredo Vasconcelos Vidal

Centro Universitário Una - Campus Linha Verde
Belo Horizonte – MG

RESUMO: O objetivo acadêmico é preparar os alunos que ingressam na faculdade a se tornarem profissionais capacitados de modo que o entendimento sobre os problemas tendem a se tornar menos complexos, neste sentido as instituições de Ensino Superior têm buscado novas metodologias de ensino e aprendizagem para aproximar o ensino acadêmico ao mais próximo da realidade vivenciada nas empresas. A Aprendizagem Baseada em Problemas (Problem-Based Learning – PBL) proporciona a participação ativa dos alunos por meio da simulação de atividades, oferecendo respostas satisfatórias a problemas frequentes intratáveis na formação profissional. No entanto, é importante citar que esse tipo de atividade didática possa ser complementado com atividades de ensino tradicionais como, seminários e apresentações

em sala de aula. Neste projeto, realizou-se um estudo com o objetivo de analisar as metodologias de ensino e aprendizagem que estão sendo relevantes no conceito de (PBL) no egresso de alunos de Engenharia de Produção. Utilizou-se para fundamentar a pesquisa bibliografias, artigos, teses e dissertações envolvendo tanto os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas quanto os de Gestão da Produção.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias de Ensino e Aprendizagem. Aprendizagem Baseada em Problemas. Engenharia de Produção.

ANALYSIS OF TEACHING METHODOLOGIES AND LEARNING APPLIED IN THE GROWTH OF STUDENTS IN THE GRADUATION OF PRODUCTION ENGINEERING - PART 1

ABSTRACT: Academic education is preparing to enter college and become skilled professionals so that levels of education tend to distance themselves more than the most flexible, in this sense higher education institutions have sought new forms of teaching and learning for the academic teaching closer to the reality experienced in companies. Problem-Based Learning (PBL) is a learning program for high school students. However, it is important that this type of activity can be complemented with classroom activities, seminars and classroom exhibitions. The project was constructed with the objective of analyzing the teaching and learning methodologies that are being used in the concept of (PBL) without the number of students of Production Engineering. It was used to base a bibliographical research, articles, theses and

dissertations on the principles of Learning.

KEYWORDS: Teaching and Learning Methodologies. Problem-Based Learning. Production Engineering.

1 | INTRODUÇÃO

A Engenharia de Produção é conceituada como um conjunto de atividades de aperfeiçoamento e implantação para a produção de bens ou de serviços, que objetiva melhoria na produtividade foco em qualidade com o menor custo possível (BATALHA, 2008).

Segundo Martins (2005) nas empresas de transformação de bens, as decisões mais relevantes estão voltadas ao ambiente produtivo, situações como: planejamento e controle de produção, custos de produção, o tempo realizado para cada processo o controle de qualidade são fatores a serem controlados e são de muita importância para tomada de decisões.

Se tratando destas habilidades em tomadas de decisão, a pesquisa do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (ROTTA, 2001) traça o novo perfil do profissional do século XXI, onde baseiam – se na busca das melhores estratégias que lhes permitam superar os novos desafios impostos pelas empresas e pelo mercado de trabalho, exigindo o aprimoramento das qualificações profissionais e estabelecendo uma nova relação entre o trabalhador e o ambiente de trabalho.

E neste sentido da formação profissional, o objetivo acadêmico é preparar os alunos que ingressam na faculdade a se tornarem profissionais capacitados de modo que o entendimento sobre os problemas tendem a se tornar menos complexos. Segundo De Aquino (2007) a aprendizagem refere – se à aquisição cognitiva, física e emocional, por tanto a aprendizagem está relacionada à profundidade do processamento de habilidades e conhecimento, ou seja, o quanto estamos engajados em pensar sobre o que esta sendo aprendido. Para De Aquino (2007) o modelo tradicional pedagógico, no entanto, não levam em consideração as mudanças no comportamento humano quando ele transita entre a infância, adolescência e a fase adulta, e isso pode criar resistência na aprendizagem dos alunos ingressantes na faculdade. Para isso, uma das abordagens usadas no ensino e aprendizagem nas universidades tem referência a Andragogia, que tem por definição a arte e a ciência de ajudar os adultos a aprender (DE AQUINO, 2007), esta é uma alternativa de aprendizagem que refere – se à educação centrada no aprendiz neste caso os alunos, conforme alustrado no Quadro 1.

Pedagogia (aprendizagem centrada no professor).	Andragogia (aprendizagem centrada no aprendiz)
Os aprendizes são dependentes.	Os aprendizes são independentes e auto direcionados.
Os aprendizes são motivados de forma extrínseca (recompensas, competições etc.).	Os aprendizes são motivados de forma intrínseca (satisfação gerada pelo aprendizado).
A aprendizagem é caracterizada por técnicas de transmissão de conhecimento (aulas, leituras designadas).	A aprendizagem é caracterizada por projetos inquisitivos, experimentação, estudos independentes.
O ambiente de aprendizagem é formal e caracterizado pela competitividade e por julgamento de valor.	O ambiente de aprendizagem é mais informal e caracterizado pela equidade, respeito mútuo e cooperação.
O planejamento e a avaliação são conduzidos pelo professor.	A aprendizagem deve ser baseada em experiências.
A avaliação é realizada basicamente por meio de métodos externos (notas, testes e provas).	As pessoas são centradas no desempenho em seus processos de aprendizagem.

Quadro 1 – Principais diferenças entre Pedagogia e Andragogia

Fonte: (DE AQUINO, 2007).

Ainda no estudo de De Aquino (2007), o autor afirma que uma técnica bastante andragógica é a SIMULAÇÃO – é uma espécie de reprodução de uma situação do cotidiano real, seu nível de risco e devidamente limitado pelo fato de ser executado em um ambiente de laboratório, o uso desta técnica pode proporcionar aos alunos a experiência de tomar decisões reais sem se preocupar com as consequências das decisões, permitindo que a simulação possa sofrer repetições e seus resultados analisados de várias formas, o autor cita que segundo *MC Clelland* (1975), “a simulação trabalha a interação do conhecimento, habilidades e atitudes, gerando assim a verdadeira competência profissional”.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são abordados conceitos inerentes ao curso de Engenharia de Produção, Sistemas de Gestão da Produção, Simulação de Processos, Teoria dos Jogos de Empresa e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL).

2.1 A engenharia de produção e as áreas do conhecimento

A Engenharia de Produção surge no final do século XIX e início do século XX com a necessidade do mercado em desenvolver os melhores métodos trabalho e processos de produção, o objetivo era obter a maior eficiência na produtividade ao menor custo possível, aquele era um momento marcado pela evolução tecnológica e de mercado, ocasionada pela Revolução Industrial (BATALHA, 2008).

No Brasil, por volta de 1959 a Engenharia de Produção teve sua primeira introdução

pedagógica na Escola Politécnica da USP fortemente impulsionada pelo crescente cenário produtivo das indústrias automobilísticas da época. Adotou – se o nome “Engenharia de Produção”, em vez de “Industrial”, visando diferenciar os cursos de Engenharia superior dos cursos técnicos industriais (NETTO; TAVARES, 2006).

Segundo a (ABEPRO, 2007) desde o surgimento da Engenharia de Produção houve uma evolução na sua área do conhecimento e sua área de abrangência, tais como: Gestão da Produção, Gestão da Qualidade, Gestão Econômica, Ergonomia e Segurança do Trabalho, Gestão do Produto, Pesquisa Operacional, Gestão Estratégica e Organizacional, Gestão do conhecimento Organizacional, Gestão Ambiental e Educação em Engenharia de Produção.

A Engenharia de Produção está, gradativamente, conquistando seu espaço no mercado de trabalho, tendo por característica englobar um conjunto de conhecimentos e habilidades. O profissional de Engenharia de Produção tem em sua formação uma variada gama de disciplinas relacionadas à economia, meio ambiente, finanças, ergonomia, segurança do trabalho entre outras. Somado aos conhecimentos tecnológicos básicos da engenharia, esse profissional tem um diferencial altamente competitivo (NETTO; TAVARES, 2006).

Após a introdução da engenharia de produção e suas áreas do conhecimento, torna-se necessária a compreensão dos Conceitos de Sistema de Produção, explicitado no próximo tópico.

2.2 Conceitos de sistemas gestão da produção

A competitividade entre as empresas tem sido bem emergente nos mercados internacional e nacional, essa - Pressão Competitiva - estimula as empresas a buscar mais eficiências nas suas operações e gestão dos processos. Segundo Antunes (2008) fatores históricos, traçaram de modo marcante esta competitividade nas indústrias, como setores: automotivo, siderurgia, têxtil e de confecções, eletroeletrônica, bens de consumo duráveis, transformados plásticos, entre outras.

Ao pensar no cenário atual outras indústrias também se viram impactadas e foram obrigadas a trabalhar paralelamente outros meios de competição baseada em custos, qualidade, tempo, flexibilidade e inovação, assim em meio a esta realidade econômica, as empresas se viram obrigadas a buscar sistemas de produção mais modernos (ANTUNES, 2008).

O autor Antunes (2008), ainda cita que, os sistemas de manufatura e os sistemas de produção podem ser apresentados e distintos entre três períodos:

- I. Período do pré-paradigmático, onde não estava ainda estabelecida a disciplina de Engenharia de Produção;
- II. Período do paradigma dos sistemas produtivos baseado nas operações, nesta fase era evidente a aplicação dos métodos e técnicas propostos do sistema

americano de produção de Ford e Taylor;

III. Período do paradigma dos sistemas de produção voltados à melhoria nos processos, desenvolvidos a partir dos conceitos construídos na Toyota de Taiichi Ohno.

Por sua vez, o sistema de produção voltado à melhoria nos processos do Sr. Taiichi Ohno foi implementado logo após a segunda guerra mundial, porém, este sistema não vinha ganhando força até chegar à primeira crise do petróleo em outubro de 1973 (OHNO, 1997).

Segundo Maximiano (2012), há dois princípios que são considerados os mais importantes para o Sistema Toyota Produção, como exposto na Figura 1, são eles: princípio da qualidade com foco em eliminação de desperdícios e o princípio produtividade focada em fabricar com qualidade.

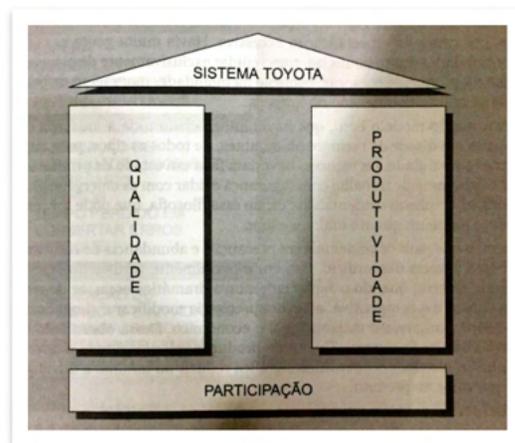


Figura 1 – Princípios do Sistema Toyota de Produção

Fonte: (DE AQUINO, 2007).

No que diz respeito ao princípio da eliminação de desperdícios, quando foi aplicado primeiro à fábrica, deu origem a ideia de produção enxuta, que tem por definição fabricar com o máximo de economia de recurso.

E para o princípio da fabricação com qualidade, defini – se produzir sem defeitos, que também contribui na eliminação dos desperdícios (MAXIMIANO, 2012). Após uma breve descrição sobre os conceitos de sistemas gestão da produção, torna-se necessária a compreensão sobre o uso da simulação, explicitado no próximo tópico.

2.3 O uso da simulação de processos

Já há bastante tempo às organizações vêm utilizando a computação como ferramenta de auxílio às tomadas de decisão para melhorias de seus serviços e processos,

no âmbito industrial a simulação dos processos industriais ganhou um papel de destaque, pois a mesma é entendida como uma fonte de vantagem competitiva capaz de analisar os processos e aprimorá-los (SOUZA; KOGACHI 2017).

No que tange a produção, as grandes indústrias de manufatura objetivam aproveitar ao máximo os recursos disponíveis, estão sempre em busca dos processos mais eficientes que impulsionem a competitividade e lucratividade das mesmas.

Segundo *Crain* (1997) a simulação é aplicada em todo o mundo em modelos de processos para fabricação, transporte, distribuição, telecomunicações, hospitais, computação, logística, produção e muitos outros tipos de sistemas de filas.

Prado (2017) diz que a simulação é uma técnica que visa solução de problemas utilizando um modelo que tem a capacidade de descrever um determinado processo utilizando um computador e exibindo informações digitais.

2.4 Teoria dos jogos de empresa como apoiador da metodologia ensino e aprendizagem

Há séculos os jogos estão presentes na humanidade, quando os homens nem sabiam falar faziam uso dos gestos, som para se comunicar e ao descobrir as fala criou – se possivelmente o primeiro jogo “Jogo de Palavras” (GRAMIGNA, 2007).

O jogo é um instrumento dos mais importantes na educação geral. Por meio dele, as pessoas exercitam habilidades necessárias ao seu desenvolvimento integral, dentre elas, autodisciplina, sociabilidade, efetividade, valores morais, espírito de equipe e bom senso (GRAMIGNA, 2007).

Gramigna (2007) ressalta que neste sentido a abordagem mais aderida ao desenvolvimento cognitivo através da aplicação de jogos de empresas é a da aprendizagem vivencial, a qual coloca o indivíduo frente a uma situação problema cujo tenha que resolver – lo atingindo a suas metas, nestes aspectos, trabalha – se o grau de percepção, capacidade de organização, habilidade de planejamento, tomada de decisão e a capacidade em priorizar e agir proativamente.

Depois que a situação problema ou as falhas forem sendo identificadas cada participante tem a oportunidade de se comprometer com as mudanças e os resultados desejáveis. Para tanto segundo Gramigna (2007) a abordagem dos jogos de empresa se torna relevante através da participação ativas de grupos, a relação entre os participantes e o facilitador é conhecida como metodologia diretiva e participativa, que por sua vez dividi – se em seis tipos, conforme mostra a Figura 2.

- DT – Método Diretivo Teórico;
- DP – Método Diretivo Prático;
- AD – Método Ativo Dirigido;
- AP – Método Ativo Participativo;

- IN - Método Inovador e OP - Método Operacional.

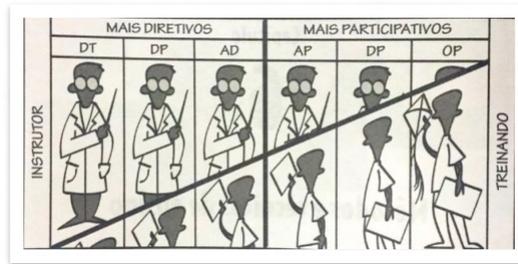


Figura 2 – Diagrama Didático sobre Métodos e Técnicas de Ensino

Fonte: (GRAMIGNA, 2007).

2.5 A aprendizagem baseada em problemas (PBL)

Segundo Ribeiro (2005), a aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) do inglês (*Problem-Based Learning*) é uma metodologia de ensino e aprendizagem que se desloca de tradicionais abordagens instrutivistas, centradas no papel do professor, para uma abordagem construtivista, centrada no papel do estudante. Para Ribeiro (2008), a aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) é uma ferramenta utilizada para dinamizar o processo de aprendizagem e com a integração entre teoria e prática, oferecendo respostas satisfatórias a problemas frequentes intratáveis na formação profissional do engenheiro, dar a esse aluno uma determinada competência em um campo específico área de engenharia.

No entanto é importante citar que esse tipo de atividade didática possa ser complementado com atividades de ensino tradicionais como, seminários e apresentações em sala de aula.

E no laboratório que o facilitador obtém dados reais de suas prováveis dificuldades e facilidades quando da aplicação do jogo escolhido. A partir da experiência com uma população amostra, podem ser feitos os ajustes necessário, neste caso o *feedback* dos participantes é indispensável (GRAMIGNA, 2007).

Por tanto, a aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) está associada à resolução de um problema grupal, envolvendo de modo cooperativo ou participativo os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema, e então as descobertas encontradas irão contribuir para a base de conhecimento no egresso do aluno (TURRIONI; MELLO, 2012). Com base em todos os conceitos citados, descreve-se na sequência a metodologia utilizada na presente pesquisa.

3 | METODOLOGIA

3.1 Classificação da Pesquisa

Baseado no contexto encontrado, esta pesquisa busca contribuir de maneira mais efetiva os assuntos relacionados a metodologias de ensino e aprendizagem que fazem parte da composição profissional de alunos de engenharia de produção.

Este estudo é caracterizado como descritivo por se basear em outras pesquisas com proposta similar, literaturas pertinentes e a fatores ou variáveis que se relacionam com o fenômeno ou processo exposto (PBL).

As ferramentas que serão abordadas se aplicam a todas as entidades de ensino superior que desejam explorar as diversas metodologias de ensino e aprendizagem (PBL), bem como alunos da graduação em Engenharia de Produção que desejam exercitar seus conhecimentos teóricos à prática.

3.2 Objetivo

O objetivo específico desta pesquisa é analisar as metodologias de ensino e aprendizagem e constatar que o conceito de (PBL) esta sendo relevante no egresso de alunos de Engenharia de Produção.

3.3 Estudos de Caso

O presente estudo consiste em duas etapas. Na primeira etapa faz-se o estudo e a análise de metodologias de ensino e aprendizagem (PBL) que estão sendo relevantes no egresso de alunos de Engenharia de Produção. Na segunda etapa, já baseado nos conceitos de (PBL) apresentados na parte 1, faz-se maior aprofundamento nas metodologias de ensino e aprendizagem com uma abordagem prática, onde práticas baseadas em (PBL) serão aplicadas aos alunos com o objetivo de colher e analisar resultados técnicos, ou seja, na parte 2 será possível obter resultados a dar mais consistência ao objetivo específico desta pesquisa.

No que se referem à parte 1, os estudos apresentados nesta pesquisa foram obtidos por meio de uma relação entre o referencial teórico existente neste conteúdo a artigos, teses e dissertações envolvendo tanto os princípios da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) quanto os de Gestão da Produção. Conteúdos como: títulos, estratégias, métodos e resultados, foram relevantes para embasamento desta pesquisa.

A pesquisa a seguir realizada pelo Centro Universitário Católica de Santa Catarina, (FELCZAK; WIEST; SILVA, 2017), tem sua teoria aplicada na Aprendizagem Baseada em Jogos (Game Based Learning – GBL), segundo os pesquisadores a (GBL) proporciona a participação ativa, por meio da manipulação de recursos e a compreensão de conceitos empregados no desenvolvimento do jogo.

O jogo está inserido na área de Sistemas de Produção e aborda os conceitos de

balanceamento de linha de montagem de um Trem, com o uso de um arranjo físico adaptado para tal simulação (FELCZAK; WIEST; SILVA, 2017). Esta metodologia visa equilibrar o assunto proposto com uma jogabilidade e a habilidade do jogador em reter e explicar o que foi ensinado (JULLIEN, 2013). Ao concluir a pesquisa, o presente artigo ressalta que o emprego de técnicas e recursos para o desenvolvimento de aulas práticas, bem como a GBL e outras dinâmicas contribuem para um melhor entendimento e fixação do conteúdo. Visto que, possibilita maior assimilação de um ambiente real, com situações similares nas quais o engenheiro enfrentará em sua rotina profissional.

Já nesta pesquisa do Departamento de Engenharia de Produção Universidade Federal do Rio Grande do Norte, (ALVES; RUFINO; LOPES, 2017), afirma que é necessário pensar metodologias que sejam mais interativas entre o estudante e o professor para que estabeleçam buscas, compreensão e interpretação de assuntos determinados. Para Freire (1996), a maior autonomia não é um favor que está sendo feito ao estudante, e sim um princípio ético. Ao desafiar o educando a analisar criticamente e a tomar decisões, aumenta-se a possibilidade de construção do conhecimento e não apenas sua reprodução.

Todavia, a experiência com o PBL foi extremamente enriquecedora, e apesar das dificuldades apontadas anteriormente, o objetivo do trabalho foi atingido, ou seja, a metodologia foi aplicada e a partir disso, melhorias foram indicadas baseadas na análise das percepções dos estudantes sobre o método (ALVES; RUFINO; LOPES, 2017).

Ao concluir a pesquisa, a presente artigo ainda sugere que a metodologia seja implementada de forma transversal em disciplinas correlatas como forma de promover maior integração dos conhecimentos, outra sugestão é que sejam realizados momentos de discussão em sala de aula ao longo da execução da metodologia, como forma de compartilhamento e consolidação dos conhecimentos.

No artigo a seguir pode se observado a junção da metodologia (PBL) aplicada à gestão da produção, a pesquisa realizada pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB – João Pessoa/PB (SANTOS; GOHR, JUNIOR, 2013), objetiva apresentar uma dinâmica para o ensino de Gestão da Produção que propõe a aplicação de conexões de PVC tutilada – ROBOCANO –, com o uso de peças normalmente utilizadas em instalações hidráulicas, para simular operações de montagem que são comuns na indústria. A atividade com conexões hidráulicas representa um exercício prático que contribui para a redução da lacuna entre teoria e prática no ensino de Gestão de Produção (SANTOS; GOHR, JUNIOR, 2013).

A aplicabilidade do método foi confirmada pelo *feedback* positivo recebido dos alunos envolvidos, obtido através de uma pesquisa realizada após um conjunto de aplicações.

Sobre os resultados da pesquisa é interessante ressaltarmos os índices pela perspectiva dos alunos que reforça a necessidade de atividades práticas pelos conceitos do (PBL).

A maioria dos estudantes avaliou positivamente as aplicações da dinâmica. Nas quatro questões, as respostas do tipo “concordo” e “concordo totalmente” foram predominantes. No questionário também havia um espaço para comentários e sugestões. Nesse espaço, a maioria dos alunos elogiou a iniciativa e pediu que atividades desse tipo fossem feitas com uma maior frequência. Os percentuais de 42% de respostas do tipo “concordo totalmente” e 45% do tipo “concordo” associados à questão do trabalho em equipe, reforçam o alinhamento da dinâmica proposta com os modelos de educação cooperativa e educação colaborativa, nos quais a interação entre os membros dos grupos sociais representa um fator determinante para o aprendizado (SANTOS; GOHR, JUNIOR, 2013).

Mediante análise é possível afirmar que a dinâmica proposta na pesquisa também tem correlação com a metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), uma vez que os alunos participam da dinâmica sem ter conhecimento das dificuldades que vão encontrar.

Sendo assim a atividade do ROBOCANO representa sim um problema de (PBL) que motiva os estudantes a buscar as ferramentas necessárias para resolvê-lo.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que se refere a metodologias, *Magill e Roy* (2007) sugerem que os métodos atuais de ensino devem encorajar os estudantes a participarem de forma criativa no desenvolvimento de atividades lúdicas. Com base nos conteúdos analisados na parte 1 desta pesquisa, a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) demonstrou-se sim, ser relevante no egresso de alunos de Engenharia de Produção em processo de aprendizagem nas instituições de ensino, por tanto é evidente que o método (PBL) contribui para no egresso de alunos de Engenharia de Produção e o mesmo é esperado para sua preparação profissional, apesar de não ter sido contemplado nesta pesquisa desempenho prático nas empresas com conhecimentos teóricos adquiridos nas instituições de ensino. Para a parte 2 desta pesquisa mantém-se o objetivo de maior aprofundamento nas metodologias de ensino e aprendizagem com uma abordagem prática, ou seja, na parte 2 será possível obter resultados técnicos a dar mais consistência ao objetivo específico desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a todos que se esforçaram na a realização desta pesquisa, aos nossos familiares que nos motivam dia-a-dia na realização de um sonho, a instituição de ensino que nos concedeu recurso para andamento da pesquisa, e em especial a coordenação do curso de Engenharia de Produção que continua apoiando e incentivando a pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABEPRO. **Áreas e Sub-áreas de Engenharia de Produção**. Disponível em: [HTTPS://www.abepro.org.br/interna.asp](https://www.abepro.org.br/interna.asp). Acesso em 09 de abril de 2018.

ALVES, Tobias de Oliveira; RUFINO, Sandra. *et al* Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. **IMPLEMENTAÇÃO E ANÁLISE DA METODOLOGIA APRENDIZADO BASEADO EM PROBLEMAS (PBL) EM UMA DISCIPLINA NA ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. XLV COBENGE. (Joinville, SC, 2017).

ANTUNES, Jucino. *et al* **Sistemas de Produção: Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

BATALHA, Mário Otávio. **Introdução á engenharia de produção**. 09. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CRAIN, R. C. **Simulation using**. In: *Proceedings of the winter simulation conference*. p. 15-20, Anais. 1997.

DE AQUINO, Carlos Tarso Eira. **Como aprender: Andragogia e as Habilidades de Aprendizagem**. 1. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

FELCZAK, Jaqueline; WIEST, Luiza S. *et al* Centro Universitário Católica de Santa Catarina. **BALANCEAMENTO DE LINHA DE MONTAGEM: UM JOGO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**. XLV COBENGE. (Joinville, SC, 2017).

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GRAMIGNA, Maria Rita. **Jogos de Empresa**. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

JULLIEN, O.M. Candy Castle: **Um jogo Sério para Pacientes com diabetes**. Porto Alegre, 2013. 46p. Trabalho de graduação – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MAGILL, J.; ROY, S. *Chips for everyone: developing creativity in engineering and initial teacher education*. **Engineering Education: Journal of the Higher Education Academy Engineering Subject Centre**, v. 2, n. 1, p. 40- 46, 2007.

MARTINS, Petrônio G; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MAXIMIANO, Antônio César Amaru. **Fundamentos da Administração**. 2. ed. – 4. Reimpressão. São Paulo: Atlas, 2012.

MCCLELLAD, D.C. **A Competence model for human resource management specialists to be used in the delivery of the human resource management cycle**. Boston: McBer, 1975.

NETTO, Alvim Antônio de Oliveira; TAVARES, Wolmer Ricardo. **Introdução à Engenharia de Produção**. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2006.

OHNO, Taiichi, 1912. **O sistema Toyota de produção – Além da produção em larga escala**. 1. ed. - 13. reimpressão. Porto Alegre: Bookman, 1997.

PRADO, Darci. **Teoria das Filas e da Simulação**. Editora Falconi, Série pesquisa Operacional, 6. ed. Belo Horizonte, MG, 2017.

ROTTA, Ivana Salvagni. Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos. **Os desafios da organização do trabalho: O novo perfil dos trabalhadores e as principais tendências no século XXI**. XXXVII ENEGEP. São Carlos, SP, 2001.

SANTOS, Luciano Costa; GOHR, Claudia Fabiana. *et al*/ Universidade Federal da Paraíba – UFPB – João Pessoa/PB. **ROBOCANO: UMA DINÂMICA ALTERNATIVA PARA ENSINAR E APRENDER GESTÃO DA PRODUÇÃO**. Revista Gestão Industrial. v. 09, n. 01: p. 122-146. Ponta Grossa, PR, 2017.

SOUZA, Jackson Kêntelly Marculino; KOGACHI, Edson Tetsuo. **Modelagem e simulação como instrumento de apoio às tomadas de decisão e mudança de cenário para melhoria na produtividade: o caso de uma mineração**. GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas. Bauru, SP, 2017.

CAPÍTULO 10

PLANEJAR PARA OTIMIZAR RECURSOS: APLICANDO A METODOLOGIA DA APRENDIZAGEM BASEADA EM BRINQUEDOS (ABB)

Data de aceite: 04/07/2022

Fabiola Silva Bezerra

Centro Universitário UNA, Campus Linha Verde, Engenharia de Produção
Belo Horizonte - MG

Alaine Cardoso Silva

Centro Universitário UNA, Campus Linha Verde, Engenharia de Produção
Belo Horizonte – MG

Luciano Guimarães Garcia

Centro Universitário UNA, Campus Linha Verde, Engenharia de Produção
Belo Horizonte - MG

RESUMO: Esse trabalho descreve o processo de ensino aprendizagem desenvolvido para acompanhar os discentes egressos do curso de Engenharia de Produção, aplicando uma metodologia de aprendizagem denominada Aprendizagem Baseada em Brinquedos (ABB), que utilizou o LEGO®. O objetivo desse trabalho é analisar o desenvolvimento dos alunos junto ao conjunto de disciplinas curriculares, aplicando os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, aliando a teoria à prática, na busca da melhor metodologia de ensino aprendizagem, conexões entre os conteúdos e simulações de um produto sendo montado, com foco na otimização de recursos através da montagem de um LEGO®, modelo “START WARS”. Foi possível perceber que os conteúdos das matrizes curriculares estão de acordo com inserção dos futuros Engenheiros no mercado de trabalho e observou-se ainda o

envolvimento, satisfação e engajamento dos alunos.

PALAVRAS-CHAVE: Metodologias Ativas, LEGO, ABB.

1 | INTRODUÇÃO

Estamos vivendo em um mundo em que cada vez mais a tecnologia faz parte de nossas vidas. Hoje as mudanças ocorrem em um espaço de tempo muito curto e se não estivermos acompanhando essas transformações, estaremos desatualizados, perderemos a oportunidade de interagir com o mundo e correremos o risco de perder credibilidade em relação às nossas certezas.

Quando se fala em educação, uma verdadeira revolução ocorreu com a evolução da tecnologia, com a inserção do computador, da internet e mais recentemente os *smartphones*, que hoje disputam com os professores a atenção dos alunos. Por isso, atualmente é impossível se pensar na aplicação daquele modelo educacional que existiu até pouco mais de duas décadas, quando o acesso às informações ainda era muito difícil.

Hoje a chamada “Geração Z”, que nasceu nesse contexto de inserção de aparelhos tecnológicos e acesso a mídias digitais, está conectada o tempo todo, tendo acesso a tudo o que acontece no mundo. Essa geração busca um ambiente de aprendizagem onde se

privilegie o lúdico, a prática, a solução de problemas, o desenvolvimento da capacidade de decisão e atividades reflexivas.

Desse modo, o desenvolvimento e aplicação de metodologias ativas, que são metodologias que utilizam a problematização como a principal estratégia do processo de ensino-aprendizagem, passa a ser cada vez mais necessária para que esse processo se torne mais dinâmico.

Essas metodologias visam estimular, de forma lúdica e colaborativa, os alunos a trabalharem de forma sistemática, organizada e solidária em grupos, tanto na sala de aula como em outros espaços de aprendizagem, visando a construção de sua autonomia acadêmica e intelectual, propiciando o desenvolvimento de um conjunto de competências no campo de sua futura atuação profissional.

Observa-se que essas metodologias começaram a ser aplicadas na área da saúde, mas atualmente todas as áreas do conhecimento necessitam do desenvolvimento de novas estratégias de ensino, que fujam daquele cenário em que o professor expõe o conteúdo e aluno simplesmente o replica. As instituições de ensino superior vêm desenvolvendo novas metodologias e muitas instituições no Brasil já possuem metodologias ativas no currículo dos cursos de Engenharia. Mas poucas são as estratégias reportadas para o curso de Engenharia de Produção, que carece de práticas de ensino que venham atender às necessidades atuais do mundo do trabalho que passa por mudanças tecnológicas intensas e constantes.

Nesse contexto foi desenvolvida para o curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário UNA, Campus Linha Verde, localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, uma metodologia que foi denominada de Aprendizagem Baseada em Brinquedos (ABB), que utilizou o LEGO® como ferramenta. Essa metodologia foi desenvolvida com o intuito de promover o perfil do egresso do curso, trazendo para o ambiente educacional alguns dos desafios que serão encontrados no mercado de trabalho.

Deste modo, este trabalho tem o objetivo de apresentar os resultados obtidos com a aplicação da metodologia ABB para avaliar as etapas de planejamento e otimização de recursos de uma linha de produção.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

É notório que a educação tradicional em que o professor ministra aulas expositivas e os alunos atuam como meros repetidores de conteúdo está ultrapassada. Como afirma Paiva (2016), o aluno deve construir o seu próprio conhecimento, enquanto o professor supervisiona esse processo, propondo atividades, discussões e desafios, atuando como mediador.

As metodologias ativas segundo Miltre *et. al* (2008) estão alicerçadas na autonomia do discente, que deve ser capaz de auto gerenciar e autogovernar o seu processo de

formação e utilizam a problematização como estratégia de ensino-aprendizagem.

No final do século XIX as metodologias ativas já haviam se configurado no âmbito educacional e surgiram em 1889 com o movimento Escola Nova na Inglaterra. Já nessa época as propostas eram de se construir “‘uma comunidade escolar livre’, ‘a educação no campo’, ‘a escola de humanidade’, a coeducação; eram também concebidas como inovadoras e experimentais, e tinham como perspectiva finalidades educacionais que viessem a superar as escolas tradicionais” (ARAUJO, 2015, pg. 8). Ainda segundo os autores, no Brasil somente em 1920 o movimento escola novista foi inaugurado.

Rezende Junior et al (2013) citam que inúmeros cursos de graduação, tanto no Brasil quanto no exterior, fazem uso de metodologias ativas e que estas já estão inclusive descritas em seus currículos. Ainda de acordo com os autores, tais metodologias estimulam os discentes a utilizarem com maior frequência as bibliotecas, laboratórios e demais espaços das universidades. No entanto, a depender da metodologia adotada, se faz necessária a formação de uma equipe de professores, na busca de uma integração multidisciplinar do conteúdo, além de treinamento desses professores, para que estes atuem como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem.

As metodologias ativas têm o papel de despertar a curiosidade a partir do momento em que o aluno se insere na teorização, expondo seu ponto de vista e trazendo suas considerações. À medida em que suas considerações são analisadas e valorizadas, estimula-se o seu sentimento de competência, pertencimento e engajamento e persistência nos estudos (BERBEL, 2011).

Segundo Vasconcelos (1999, p. 147) de acordo com a teoria do conhecimento que fundamenta o trabalho do professor, considera como referência a concepção dialética de conhecimento, destacando a problematização como elemento nuclear na metodologia de trabalho em sala de aula. Se forem adequadamente captadas, as perguntas deverão provocar e direcionar de forma significativa e participativa, o processo de construção do conhecimento por parte do aluno, sendo também um elemento mobilizador para esta construção. Nesse sentido, ao preparar a aula, o professor já poderia destacar as possíveis perguntas e problemas desencadeadores para a reflexão dos alunos.

De acordo com Vilarinho (1985, p. 52) os métodos de ensino apresentam três modalidades básicas:

- Métodos de ensino individualizado: a ênfase está na necessidade de se atender às diferenças individuais, como por exemplo: ritmo de trabalho, interesses, necessidades, aptidões, etc., predominando o estudo e a pesquisa, o contato entre os alunos é acidental.
- Métodos de ensino socializado: o objetivo principal é o trabalho de grupo, com vistas à interação social e mental proveniente dessa modalidade de tarefa. A preocupação máxima é a integração do educando ao meio social e a troca de experiências significativas em níveis cognitivos e afetivos.

- Métodos de ensino sócio-individualizado: procura equilibrar a ação grupal e o esforço individual, no sentido de promover a adaptação do ensino ao educando e o ajustamento deste ao meio social.

Rocha e Lemos (2014) fazem uma comparação das metodologias ativas com o sistema de produção puxada explorado pelas empresas japonesas, uma vez que o professor atua como facilitador desse processo e tem-se os alunos “puxando” o ensino conforme suas necessidades, ritmo de aprendizagem e mesmo preferências e interesse. Esses autores citam algumas metodologias ativas que são mais difundidas nas instituições de ensino, dentro e fora do Brasil, que seriam: Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL), Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), o Peer Instruction (PI), o Just-In-Time Teaching (JITT), Aprendizagem Baseada em Times (TBL), Métodos de Caso e Simulações.

Além dessas metodologias já bastante difundidas, muitas outras metodologias ativas de aprendizagem vêm sendo desenvolvidas em todo o mundo.

3 | DESENVOLVIMENTO

Considerando a necessidade de se desenvolver estratégias de ensino diferenciadas para os cursos de Engenharia, foi desenvolvida uma metodologia ativa denominada de Aprendizagem Baseada em Brinquedos (ABB), realizada através de um desafio de caráter exclusivamente acadêmico e seus principais objetivos foram: estimular, de forma lúdica e colaborativa, os alunos a trabalharem de forma sistemática, organizada e solidária em grupos, tanto na sala de aula como em outros espaços de aprendizagem, visando à construção de sua autonomia acadêmica e intelectual. Além disso, buscou-se o desenvolvimento das habilidades operatórias como observar, selecionar, sintetizar, deduzir, inferir, concluir, dentre outras, fundamentais à produção de trabalhos acadêmicos que propiciem aos alunos o desenvolvimento de um conjunto de competências no campo de sua futura atuação profissional.

A metodologia foi aplicada através de um desafio, realizado com alunos matriculados no curso de Engenharia de Produção do campus Linha Verde do Centro Universitário Una, localizado em Belo Horizonte – MG, no segundo semestre de 2016.

A metodologia foi dividida em duas etapas, onde a primeira etapa foi a elaboração de um planejamento para a montagem de uma aeronave, modelo *STAR WARS*, da LEGO® e foi avaliado com maior pontuação o planejamento que representasse maior número de disciplinas da matriz do curso de Engenharia de Produção e a segunda etapa constituiu a validação do planejamento através da montagem da aeronave.

Primeiramente, foi aberto um edital com as informações gerais para o desafio denominado: Planejar para Otimizar Recursos. Permitiu-se a inscrição de equipes formadas apenas por alunos regularmente matriculados no curso de Engenharia de Produção. Cada equipe deveria ser composta por no máximo 5 (cinco) e no mínimo 3 (três) integrantes,

sendo automaticamente desclassificada aquela equipe que fizesse o cadastro com menor número de integrantes do mínimo exigido. Os membros das equipes poderiam estar cursando a partir do sexto período do curso.

A quantidade de equipes inscritas foi limitada a 10 (dez), em virtude de restrições operacionais, de espaço e tempo, sendo que somente 04 (quatro) equipes foram classificadas para a 2ª etapa e final do desafio. Forneceu-se ainda para cada uma das 10 equipes inscritas no desafio, as instruções de montagem do LEGO® para uso no planejamento. Cada grupo poderia participar com apenas um planejamento no processo de execução do produto. Como produto da 1ª etapa, seria entregue por cada equipe o planejamento conforme instruções do LEGO® e critérios estipulados no edital. A entrega deveria ser física (papel impresso).

Para a 2ª etapa foi fornecido pela Comissão de Avaliação 1 (uma) caixa do mesmo LEGO® para cada equipe que seria usado na construção conforme planejamento entregue na 1ª etapa. Os produtos finalizados pelas equipes seriam de propriedade do Centro Universitário UNA e poderiam ser desmontados para verificação dos materiais utilizados na construção e/ou exposições a critério da Instituição.

A Comissão de Avaliação, ficou responsável pela avaliação dos trabalhos e análise da execução do planejamento. A equipe contou com 3 professores e com apoio da coordenação de curso e pelo menos dois membros avaliadores estiveram presentes em cada etapa do processo de avaliação.

O uso de qualquer material diferente daquele fornecido pela Comissão de Avaliação acarretaria na desclassificação da equipe. Desta forma, as demais equipes assumiriam suas novas classificações em virtude da retirada da(s) equipe(s) desclassificada(s).

As equipes foram premiadas mediante a classificação, somando as pontuações obtidas nas duas etapas. Além disso, foram feitas pesquisas de opinião com os alunos participantes antes e após a realização da Segunda Etapa, sendo as informações coletadas através de um questionário, mostrado na Tabela 1.

INFRAESTRUTURA E ORGANIZAÇÃO							
		Não se aplica	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
1	Organização						
2	Ambiente(sala,conforto e ventilação)						
3	Carga horária						
4	Horário e data definida						
MATERIAL E RECURSOS DIDÁTICOS							
		Não se aplica	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
5	Os recursos e materiais didáticos usados foram adequados?						
6	Tema e Assunto						
7	O conteúdo aboradado contribuíra para o meu desenvolvimento?						
INSTRUTOR							
		Não se aplica	Péssimo	Ruim	Regular	Bom	Excelente
8	Avalie o desempenho do Instrutor						
9	Metodologia e didática						
10	Conhecimento do tema aboradado						
11	Meu aproveitamento foi						
12	Avaliação geral da dinâmica						

Tabela 1 – Questionário de Avaliação do Desafio

Fonte: autores (2016)

Os resultados da pesquisa foram apresentados em gráficos e foram obtidos também registros da segunda etapa através de filmagem, fotografias e depoimentos de alguns alunos sobre o desafio.

4 | RESULTADOS

Na avaliação da primeira etapa, 3 (três) planejamentos foram selecionados para a etapa seguinte, considerando os critérios estabelecidos em Edital, com pontuações de 10, 8 e 5 pontos.

Na segunda etapa, os 3 grupos compareceram munidos dos recursos que consideraram importantes para o desenvolvimento do planejamento (*notebook*, manual de montagem do LEGO, etc.) e tiveram 4 horas para finalizarem a montagem. A Figura 1 mostra a etapa de execução sendo realizada pelas 3 equipes.

A primeira equipe a finalizar a montagem, levou 2 horas e 30 minutos para a conclusão da atividade, a segunda equipe 2 horas e 40 minutos e a terceira equipe 4 horas. Finalizado desafio, a Comissão Avaliadora se reuniu para fechar a pontuação atribuída às equipes. A equipe vencedora ficou com 10 pontos, a segunda colocada 9 pontos e a terceira, 7 pontos.



Figura 1 – Execução da montagem do kit LEGO pelas três equipes.

Fonte: Autores (2016)

Os resultados referentes à Avaliação da dinâmica obtidos através dos questionários aplicados na Primeira e na Segunda Etapa do desafio, são mostrados nos gráficos das Figuras 2 e 3, que mostram que as avaliações para a Infraestrutura e Organização, Material e Recursos Didáticos e para o Instrutor foram consideradas de Bom a Excelente, pela grande maioria dos alunos que participaram do desafio, tanto na Primeira Etapa de Planejamento quanto na segunda Etapa de Execução, mostrando que os objetivos do Desafio foram atingidos.

Além disso, alguns dos alunos deram seus depoimentos, que foram inclusive filmados. Alguns desses depoimentos foram transcritos na íntegra e se encontram abaixo:

“O interessante é porque nós fazemos um planejamento e quando você vai para a prática é a mesma coisa de quando você vai para a prática da empresa, não é a mesma coisa, você não conta com esses imprevistos. Enquanto você está na teoria tudo é perfeito, chega na prática surgem os imprevistos, então isso é importante para experiência no mercado mesmo. Na hora da execução, você tem que saber lidar com algumas coisas que vão aparecer durante” (*Jéssica Drumond dos Santos*)

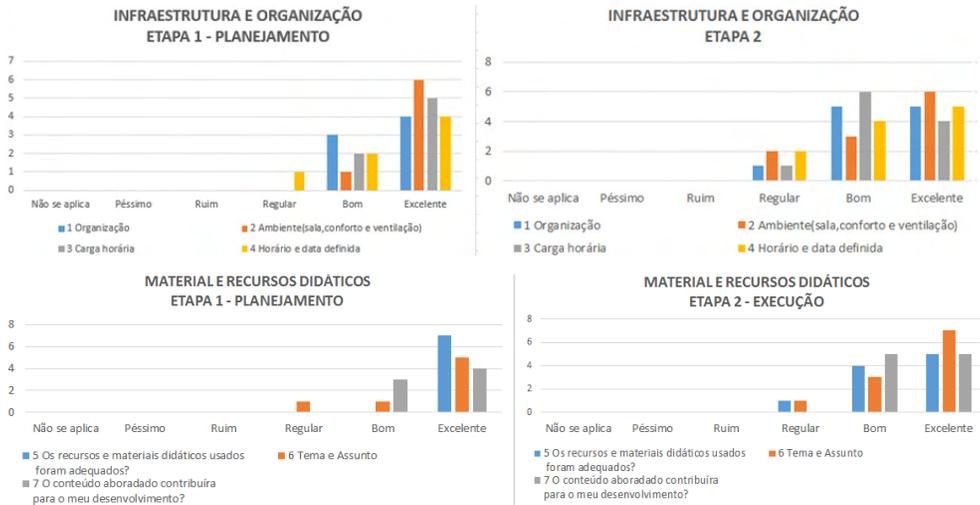


Figura 2 – Resultados da avaliação de infraestrutura e organização, material e recursos didáticos na primeira e segunda etapas do desafio

Fonte: autores (2016)

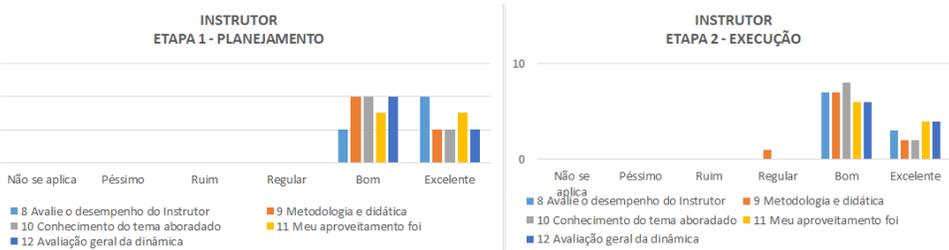


Figura 3 – Resultados da avaliação dos instrutores na primeira e segunda etapas do desafio

Fonte: autores (2016)

“... Esse projeto ele foi dividido em duas etapas, a etapa inicial foi a etapa do planejamento do projeto e depois a etapa final a parte da montagem. Na parte do planejamento do projeto nós buscamos entender na montagem onde se encaixariam as matérias que nós já aprendemos no curso de Engenharia de Produção, que iriam otimizar o nosso processo Dentro dessas matérias nós buscamos principalmente questão de PCP, Logística, Qualidade, Pesquisa Operacional e buscamos também implementar algumas metodologias como 5S, planejamento já organizado, preocupação com Ergonomia também do que a gente está fazendo também porque o inicial eram quatro horas para o planejamento...” (Ludmila Célia de Moura Cota)

“...faltaram duas pessoas na equipe, então a gente teve que se adaptar, adaptar o nosso planejamento para executar a atividade apenas com 3 pessoas. Então é importante a equipe estar preparada pra isso...” (Jéssica Drumond dos Santos)

51 CONCLUSÃO

Através da metodologia aplicada nesse trabalho foi possível perceber que os conteúdos das matrizes curriculares, estão de acordo com inserção dos futuros Engenheiros no mercado de trabalho.

Evidenciou-se que o experimento do planejamento, ou seja, o resultado final da dinâmica foi conforme critérios do edital, onde as equipes que obtiveram as notas maiores, inseriram a maior quantidade de disciplinas e bem elaboradas, venceram o desafio.

Com a aplicação do questionário destacou-se que são necessárias melhorias na Infraestrutura e Organização, assim como no material e recursos didáticos.

Espera-se que os resultados sirvam de inspiração para que os docentes apliquem essa metodologia em sala de aula, para que possam aproximar a teoria da prática.

É importante ressaltar que esse resultado ocasionou a implantação dessa metodologia para toda a Instituição UNA, e o evento será realizado sempre no segundo semestre de cada ano letivo.

REFERÊNCIAS

Colossi, N. Queiroz, E. G; Consentino, A. *Mudanças no contexto do Ensino Superior: Uma tendência ao Ensino Colaborativo*. COBENGE – 2001

Cusmova, D., Aguilá, Z. J.; Frazon, M.; Sablón V. I. B. *Uma proposta metodológica de Ensino de Física para os cursos de Engenharia*. COBENGE - XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2012.

Berbel, N. A. N. *As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes*. Semina: Ciências Sociais e Humanas, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25-40, jan./jun. 2011

Ferreira, F. E. F. R; Ferreira, A. L. R; Junior, L.D.F. *Perspectivas Históricas sobre a formação do Engenheiro de Produção a partir de dados do 1º Encontro de acadêmicos da área*. COBENGE - XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2012.

Junior, L. C. F; Gazzoni, W. C; Freitas, J. C. P. *Projeto interdisciplinar: Uma metodologia de Ensino Baseada na interdisciplinaridade e no protagonismo discente*. COBENGE - XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia 2012.

Paiva, T. Y. *Aprendizagem ativa e colaborativa: uma proposta de uso de metodologias ativas no ensino da matemática*. Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Matemática) - Universidade de Brasília. Brasília, 2016.

Rocha, H. M.; Lemos, W. M. *Metodologias ativas: do que estamos falando? Base conceitual e relato de pesquisa em andamento*. IX SIMPED – Simpósio Pedagógico e Pesquisas em Educação – 2014

Vasconcelos, C. dos S. *Planejamento: Projeto de Ensino-Aprendizagem e Projeto Político-Pedagógico*. São Paulo: Libertad, 1999.

Vilarinho, L. R. G. *Didática: Temas Selecionados*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1985.

CAPÍTULO 11

CLOUD QOX: ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN. APROXIMACIÓN EN EDUCACIÓN

Data de aceite: 04/07/2022

Rosa Mora

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Departamento de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza - Calle María de Luna, 3, 50018 Zaragoza (Spain)

Julián Fernández-Navajas

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Departamento de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza - Calle María de Luna, 3, 50018 Zaragoza (Spain)

José Ruiz-Mas

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Departamento de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza - Calle María de Luna, 3, 50018 Zaragoza (Spain)

Ana Cebollero

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Departamento de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza - Calle María de Luna, 3, 50018 Zaragoza (Spain)

Patricia Chueca

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Departamento de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza - Calle María de Luna, 3, 50018 Zaragoza (Spain)

Marta Lampaya

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones, Departamento de Ciencias de la Educación
Universidad de Zaragoza - Calle María de Luna, 3, 50018 Zaragoza (Spain)

RESUMEN: Hace décadas que nuestra Sociedad comenzó a resolver ciertos problemas con herramientas digitales, gracias a las ventajas que aportan productos y servicios digitales a la hora de satisfacer ciertas necesidades. Por esto, la digitalización se ha desplegado de forma progresiva en todos los sectores y actualmente se está acuñando un nuevo paradigma: el bienestar digital, que podemos medir mediante la QoX (Calidad de X), siendo la X cualquier aspecto que se trate sobre el bienestar digital. En nuestra investigación pretendemos generar una red digital de conocimiento, servicios y productos. Nuestro primer objetivo es proponer una arquitectura funcional y desarrollar herramientas básicas que den soporte a los grupos expertos relacionados con el bienestar digital. Proponemos conjuntamente un modelo que permita dimensionar los problemas, plantear soluciones y gestionar recursos orquestando conocimiento y tecnología. Las sucesivas herramientas apoyarán a las comunidades de expertos a prevenir, anticipar y enfrentar situaciones de riesgo. Explicaremos nuestra propuesta de arquitectura funcional sobre el caso de uso de la situación a que se enfrenta el Sector de la Educación ante ciertos problemas detectados tras el arrollador éxito de los modelos

de negocio en servicios multimedia, que son: el elevado contenido emocional en las redes sociales, el multitasking [1], el FoMo [2] [3] (Fear Of Missing Out, o ansiedad tecnológica, miedo a perderse algo), el phubbing [4] [5] (phone-snubbing, o mirar al móvil mientras hay una comunicación interpersonal).

PALABRAS CLAVE: QoX, bienestar digital, servicios digitales.

ABSTRACT: Decades ago, our Society started to solve certain issues with digital tools, thanks to advantages offered by digital products and services while covering certain needs. This is why Digitalization has been deployed among all sectors progressively, and currently a new paradigm is growing: the digital wellness. That can be measured by QoX (Quality of X), where X is ANY aspect related to digital wellness. In our research, we pretend to generate a digital network of knowledge, services and products. Our very first objective is to propose a functional architecture and develop basic tools that could support expert groups, related to digital wellness. We jointly propose a model that could allow issues dimensioning, approaching to first solutions and resources management, by a knowledge and technology's orchestra. Different releases of tools will support expert communities to prevent, anticipate and face risk situations. We will explain our proposal of functional architecture thanks to the use case and situations that Education Sector are facing, due to certain problems detected after the amazing success of business models behind multimedia services. That are mainly: highly emotional content in social networks, multitasking [1], FoMo [2] [3] (Fear Of Missing Out), phubbing [4] [5] (phone-snubbing, look to the mobile while a personal communication is having place).

KEYWORDS: QoX, digital wellness, digital services.

1 | INTRODUCCIÓN

La Sociedad de la Información evoluciona durante las últimas décadas de forma espectacular, gracias a definir retos digitales, tanto desde el punto de vista del tecnólogo como del usuario final. Esto ha provocado que temamos que pequeños detalles puedan hacer caer todo el sistema, como sucedió cuando pasamos del año 1999 al 2000 y se temió por la caída generalizada de ordenadores y redes de comunicaciones. Además, el desarrollo de las tecnologías no debe estar reñido con las ideas de aldea global o el compromiso con la sostenibilidad. Durante la última década, hemos trabajado los objetivos 2020 y la visión mundial del 2050. Se dibujan escenarios internacionales y definen nuevos retos digitales, con hitos que lideran las Naciones Unidas, donde caben todos los orígenes, edades y géneros, y se consideran los deseos y temores de forma única [6]: **“Across the world, respondents of all origins, genders and age groups, are remarkably unified in their fears and hopes for the future”**. En un escenario como éste, la pandemia COVID-19 nos ha cuestionado a todos y refuerza el compromiso de cooperación digital. El informe UN 75 Anniversary nos pide **“(…) Hard work towards Universal Access to Digital Tec, equitable shift to digital and online education”**. La digitalización de los procesos nos lleva a universalizar servicios que antes únicamente estaban disponibles en ciertas

localizaciones y para ciertas franjas horarias. Debemos definir y desarrollar arquitecturas funcionales que den una respuesta global y estén disponibles 24 horas, 7 días a la semana. Debemos ofrecer monitorización, análisis de resultados on-line y facilitar la actuación en caso de necesidad.

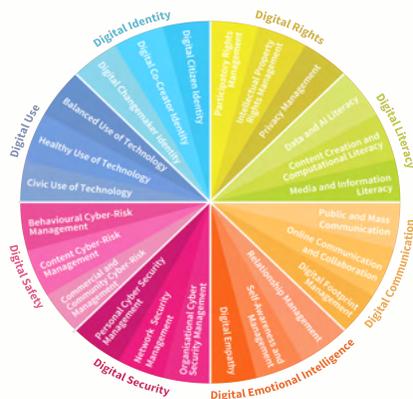


Fig. 1. DQ Institute Global Standards (dqinstitute.org)

En la Figura 1 mostramos cómo el DQ Institute clasifica el nuevo paradigma digital y define estándares globales, como Seguridad Digital, Derechos Digitales, Inteligencia Emocional Digital, etc. Por tanto, definimos nuestra propuesta de arquitectura funcional hacia un modelo de desarrollo sostenible. La arquitectura debe soportar diferentes sectores y mercados, debe contribuir al desarrollo de una base tecnológica de aplicaciones y estándares globales orientados al crecimiento sostenible.

Además, cuando la tecnología de comunicaciones evolucionó desde broadcast hacia multicast/unicast, se regularon aspectos éticos en las normativas nacionales. En España encontramos referencias claras de la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones, desde abril de 2010 con el BOE-A-2010-5292 de la Ley Audiovisual, hasta mayo de 2014 con el BOE-A-2014-4950 de la Ley General de Telecomunicaciones, o el Plan de Actuación CNMC de febrero de 2019. Es decir, un nuevo planteamiento técnico, una nueva arquitectura funcional conlleva necesariamente responder a los retos humanísticos de siempre. Estamos ante una evolución natural donde la comunicación masiva podría ser multicast y principalmente sobre dispositivos multimedia. Hay que encontrar una solución de compromiso entre privacidad y perfilado de usuario, modelos de negocio y calidad de experiencia [7] que garanticen la adecuación del servicio. Hay que encontrar el punto adecuado para monitorizar la calidad del servicio, la seguridad y satisfacción del usuario. Constatamos cómo, en los últimos años, miles de millones de usuarios acceden a redes sociales, tal como ilustra la Figura 2; algo que no pasaba a finales de los años 90. Los

modelos de negocio asociados a estas redes tienen un impacto personal, que debe tenerse en cuenta, y no sólo quedarnos con el beneficio empresarial o de conectividad. Por ello, nos planteamos qué medios técnicos deberíamos desarrollar para analizar, convenientemente, esta nueva situación.

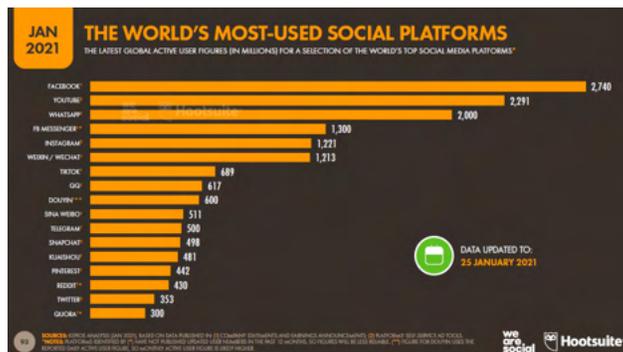


Fig. 2. Redes Sociales y objetivos de penetración de banda ancha: de cero a miles de millones de usuarios en sólo dos décadas [8].

Muchas comunidades de expertos ya han encontrado cómo identificar riesgos, y transformar conductas en competencias. Nos disponemos a analizar el caso concreto de la comunidad de educadores, y cómo la red DQ Institute define una matriz que les permite comprender la transformación digital que experimenta el individuo y el grupo donde se mueve [9]. Esta organización aúna esfuerzos públicos y privados y estudia aspectos tales como identidad, uso, derechos, comunicación, seguridad, inteligencia emocional, etc. También define todo un ecosistema de funcionalidades y servicios que proporcionan a su vez las empresas y organizaciones que la constituyen, como líderes en su sector. En la Figura 3 mostramos el modelo que han desarrollado, de manera muy completa y minuciosa para comprender el paso de conductas a competencias, capaz de relacionar habilidades (como la empatía o la identidad digital del ciudadano), con fortalezas psicológicas (como el pensamiento crítico y el autocontrol), con el comportamiento para prevenir el riesgo cibernético (como la prevención de la adicción tecnológica, la intrusión, o el ciberacoso), y con el desarrollo cognoscitivo y social (rendimiento académico, ciudadanía global).



Fig. 3. DQ Institute: de conductas a competencias (dqinstitute.org)

Por otra parte, diversas investigaciones en psiquiatría y psicología advierten que el abuso de los servicios digitales podría desembocar en problemas personales, tales como la adicción a Internet o el stress digital [10][11]. Si bien, ya estaban identificados como problemas en el entorno laboral, en la actualidad afecta también al entorno personal. Vemos cómo ciertos gobiernos locales proponen a sus ciudadanos programas de desintoxicación digital y las empresas, cursos de gestión eficaz del tiempo como medida de choque frente a estos problemas. Sin embargo, cada vez se tiene más consciencia sobre la necesidad de programas de formación personal para abordar los problemas desde edades tempranas.

En resumen, no sólo debemos desarrollar tecnología pensando en la Calidad de Servicio (QoS Quality of Service), o la Calidad de Experiencia (QoE, Quality of Experience) sino en la Calidad de Cualquier Incógnita que surja (QoX), muy especialmente las relacionadas con las emociones y el estrés. En este artículo se pretende definir una arquitectura funcional QoX que responda al reto del estrés digital. En primer lugar, presentaremos los antecedentes del problema, la propuesta de diseño, implementación y conclusiones preliminares de dicha arquitectura funcional QoX.

2 | ANTECEDENTES: GRUPOS DE TRABAJO Y OBJETIVOS

Tal y como planteamos en la Introducción, estamos centrando nuestro diseño de arquitectura QoX en los requerimientos que actualmente tienen los programas de formación y educación. Dichos programas, para ser realmente efectivos, deben basarse en un análisis correcto de las diferentes situaciones de riesgo. Para eso se hace necesario el desarrollo de una herramienta que recoja datos sobre la utilización de las nuevas tecnologías. La recolección de los datos deberá hacerse de la forma más objetiva posible. Todo ello se fundamentará en la estrecha colaboración entre un grupo de expertos en educación y otro

en tecnologías digitales. La herramienta debe ayudar a captar los problemas y necesidades de los usuarios de los servicios digitales e incluso, en un futuro, utilizarse como soporte para estimular el uso responsable, gracias a una ingeniería sostenible de comunicaciones.

Hemos colaborado dos grupos de trabajo. El grupo EDUCAVIVA (expertos en educación y psicología) y el grupo CeNIT (expertos en TICs). Las aportaciones de estos dos grupos las resumimos a continuación.

El grupo EDUCAVIVA dispone de un valioso conocimiento previo, referencias, una red de profesionales en marcha y grupos de personas donde ya se han experimentado y medido los efectos de la digitalización. Consideran una serie de criterios de desarrollo, para enfrentarse a los potenciales problemas derivados / detectados durante el proceso de digitalización y penetración masiva de las redes sociales. A su vez, estos problemas son inherentes al crecimiento exponencial en el tráfico, número de usuarios y penetración de los servicios en banda ancha y movilidad. Crecimiento que se ha visto potenciado por los propios agentes (proveedores de servicios y contenidos), que maximizan su beneficio al fomentar el consumo.

Veamos a continuación unos análisis iniciales de datos que manejan junto con la bibliografía científica [12]-[31], ya que parece que el uso problemático de internet (o abuso) tiene una alta correlación con una serie de factores:

1. Alto contenido emocional en línea: que incluye la expresión emocional que hacemos en las redes sociales (e.j. expresar si se está triste o alegre) y la facilitación a los demás de las propias emociones (expresarlas para mejorar las relaciones con los contactos, para que se sientan comprendidos, para superar dificultades, etc.). Aunque se tenga una competencia socioemocional desarrollada en general, el contenido emocional en línea disminuye en mucho su factor de protección ante la adicción a las redes sociales [12]. Por tanto, sería necesario cuantificar ese contenido emocional en línea (e.j. conteo de emoticonos que emite y recibe una persona).
2. FOMO (ansiedad de perderse algo): que se define como la percepción generalizada de que otros puedan estar viviendo experiencias gratificantes de las cuales uno está ausente [13]. FOMO es un fuerte predictor del abuso de internet y de las redes sociales [14]. Este indicador está relacionado con otros como: la impulsividad, la necesidad de reconocimiento personal por parte de otros, tiempo dedicado a la imagen personal y a las relaciones sociales, todos ellos factores relacionados con el abuso a Internet. Se podría cuantificar el FOMO a través del número de desbloques del móvil, el número de accesos a las redes sociales habituales y tiempo que se está en ellas, tiempo que se tarda en contestar a mensajes recibidos en las redes sociales, tiempo de imagen personal (e.j. cambio de perfil y estado), número de publicaciones de fotos o videos.
3. Multitarea: se consideran dos tipos, el uso de varias aplicaciones y dispositivos tecnológicos al mismo tiempo y el uso de la tecnología mientras se realiza una actividad no multimedia [15]. En adolescentes, la multitarea es especialmente intensa [16]. Las investigaciones indican que un mayor uso de la tecnología provoca

un aumento de la multitarea y ésta parece ser una razón por la que se hace phubbing y aumenta el abuso de la tecnología [17]. Tiene numerosos efectos cognitivos y afectivos: un peor funcionamiento cognitivo en tareas que implicaban memoria de trabajo y velocidad de procesamiento e informaron de menor rendimiento. También indican una peor atención y regulación emocional [18] [19] [20] [21]. Los grupos con elevados niveles de multitarea de medios usan emoticonos con más frecuencia, usan emoticonos en múltiples dispositivos y actualizan los emoticonos con más frecuencia [22]. Para cuantificar la multitarea podría monitorizarse los minutos de uso seguido en una APP, y el número de APPs utilizadas al mismo tiempo.

4. Phubbing: es el acto de mirar al móvil mientras se conversa cara a cara con otras personas. Se ha convertido en una rutina comunicativa con un gran impacto en las personas: disminuye la calidad de la comunicación interpersonal [23], la satisfacción de las relaciones [24], aumenta la sensación de ser devaluado para quien los sufre [25] aumento de sentimiento de celos [26], de falta de intimidad con los socios [27] e incluso niveles más altos de depresión [28], ansiedad social y emocional [29]. El phubbing es una causa y efecto de la adicción al móvil, a internet y a las redes sociales. Además de promover la reducción de la adicción, puede gestionarse con la consciencia de la misma y de otras acciones en internet, ya que provoca autocontrol en el comportamiento y decrecen otras adicciones [30], como la adicción a los teléfonos inteligentes, los SMS y los medios de comunicación [31]. Podríamos cuantificar este factor si el dispositivo móvil tuviera los sensores adecuados para detectar si se usa mientras se mantiene una conversación.

EDUCAVIVA ha analizado en detalle el caso de las aplicaciones que usan los menores, como por ejemplo WhatsApp, Instagram o Facebook y se ha planteado la posibilidad de desarrollar una solución técnica de compromiso que tendría que considerar en su etapa de especificación del desarrollo no sólo los criterios del proveedor de servicios, sino también una serie de criterios educativos, para minimizar los problemas de adicción a internet ya desde la etapa de diseño de una herramienta con conexión a internet.

Por otro lado, el grupo CeNIT (Communication Networks and Information Technologies group), ha analizado una serie de trabajos sobre los nuevos modelos de servicio del despliegue de la tecnología IPTV, y sus medidas de calidad asociadas [32] [33]. Esto supone un paso previo que puede ser adaptado al resto de tecnologías de comunicación digital. Ha planteado en QQCM el desarrollo de un modelo de calidad [34], considerando la evolución QoS (Quality of Service) y QoE (Quality of Experience), hasta QoX (cualquier nuevo concepto que surja al profundizar en la percepción del usuario final). En definitiva, trabaja en el desarrollo de arquitecturas funcionales que deben abarcar redes y nuevas tecnologías, compartir conocimiento, generar experiencias y sobre todo, posibilitar la planificación de actividades a diferentes niveles funcionales de forma ordenada.

Además, CENIT, ha estudiado también distintas aplicaciones desarrolladas con la finalidad de planificar el tiempo de bloqueo de aplicaciones y llamadas como (OFFTIME), Quality Time, Screen Time, Rescue Time, Flipd, Forest, Space, Qustodio, D Drive Mode,

Waze, etc. De alguna forma, permiten personalizar el tiempo, apoyando al usuario en su proceso personal de desintoxicación digital. Claro, sólo para aquellos usuarios que ya son conscientes de que precisan desconectarse y disfrutar de un tiempo de calidad.

Se plantea, por tanto, el reto tecnológico de forma similar a otros despliegues de tecnologías, basándonos en teorías matemáticas como la de vectores y valores propios para identificar las componentes más relevantes. Y en la teoría de antenas y su diagrama de radiación como forma gráfica de expresión, para poner de relieve esos conflictos de intereses y sus soluciones de compromiso. Ambos modelos teóricos posibilitan una nueva generación TIC, y vienen avaladas por el éxito en despliegues de antenas en topologías complejas, problemas en los modelos de negocio, restricciones en el acceso a la energía, pérdidas y daños por disipación, etc.

Para dar una solución tecnológica a este reto, partimos hace ya varias décadas de los problemas propios de la pérdida de paquetes en comunicaciones, la escasez de recursos a la hora de transmitir información [35][36] y cómo desplegar sistemas que tuvieran en cuenta la percepción del usuario: lo que era realmente capaz de apreciar y lo que podría considerar no relevante, o reconstruirse a posteriori [37]. Como resumen, la Figura 4 muestra la propuesta de EHU (Euskal Herriko Unibertsitatea) para cuantificar la QoE (Calidad de Experiencia) hacia la QoX [38].

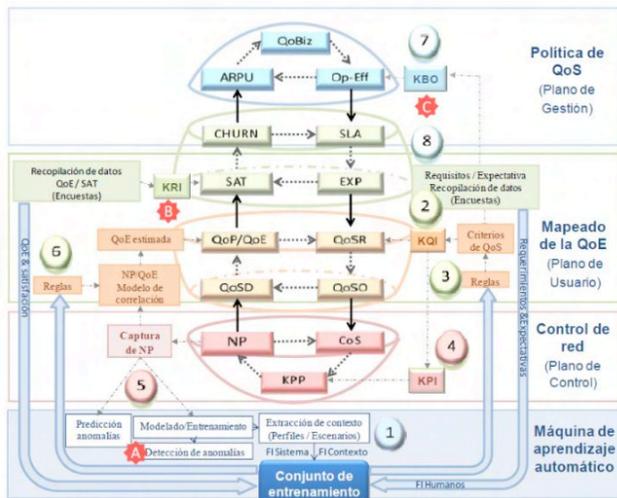


Fig. 5. Metodología para la gestión de la QoE basada en el aprendizaje automático

Fig. 4. Propuesta QoE a QoX del grupo de trabajo EHU.

Para establecer de forma correcta la cooperación entre sendos grupos, nos planteamos hacer frente a este nuevo problema de salud digital en la realidad de su día a día, analizando la percepción humana y el comportamiento en ciertos grupos de personas.

Para ello, el trabajo conjunto debe enfocarse en la monitorización y actuación sobre el elevado contenido emocional en las redes, o diferentes situaciones de riesgo como son la multitarea, el FoMo (fear of missing out) y el Phubbing (phone-snubbing). Con los resultados obtenidos y posteriormente analizados, estaríamos en disposición de proporcionar una primera aproximación a los requerimientos que precisan los tecnólogos para generar y definir un modelo digital de referencia.

Esta cooperación debe permitir desarrollar un modelo de QoX para la percepción humana, como una arquitectura funcional cercana a los modelos de calidad propuestos para las redes de comunicaciones, las Smart Grids y sus medidas de calidad y servicio [39] a [46]. Los resultados obtenidos al poner en marcha el concepto con las primeras versiones beta, se analizarán gracias a los modelos teórico-prácticos y estadísticas asociadas. Analizaremos las comunicaciones interpersonales y las acciones que se emprenden después. Compararemos con el modelo ideal, basándonos en el comportamiento aceptado. Definiremos un plan de acción y mejoras sucesivas, propondremos indicadores y medidas (KPI - key performance indicators).

El objetivo final del modelo QoX es ayudar a reorganizar las prioridades de usuarios, usuarios-expertos y sectores mediante una orquestación automática de los recursos disponibles. Por tanto, se nos plantea como requerimiento del sistema un modelo QoX con una arquitectura funcional, que sea lo suficientemente genérico como para replicarlo con usuarios de diferentes grupos / sectores, con diferentes criterios y hasta en conflicto de intereses (por ejemplo, intereses educativos frente a intereses de marketing). Como criterio de diseño, el modelo ha de permitir a cada grupo experto definir sus propios objetivos y métricas, ser flexible para reflejar las necesidades de expertos y usuarios, reflejar cómo se asignan los recursos y cómo se gestionan los conflictos.

Desde el punto de vista humano, parece que estamos de nuevo ante el mito de la caverna que propuso Platón hace más de 2.300 años. Estamos intentando comprender lo que realmente hay detrás de nuestra percepción y nuestras necesidades. Si responden a una realidad absoluta e inamovible, o por el contrario, son percepciones personales que debemos racionalizar, priorizar y gestionar para orientarnos hacia modelos de desarrollo sostenible.

Resumiendo, al analizar los cuatro factores definidos por EDUCAVIVA y su posible cuantificación, nos preguntamos si no estamos ante la necesidad de desarrollar una inteligencia artificial para la adecuada evolución del entorno digital saludable per se. Hemos avanzado en comprender estos criterios y trasladarlos al entorno técnico como una serie de requisitos y arquitectura funcional, tanto para el Front End que atiende a los usuarios (móviles, PCs, etc), como para el Back End que soporta accesos y servicios.

y orquestar soluciones para maximizar el bien común. Así, la arquitectura funcional que desarrolla nuestro modelo de QoX debe ser un sistema preparado para ofrecer parámetros monitorizables de diferentes dispositivos multimedia a servicios relacionados con la medida de la percepción.

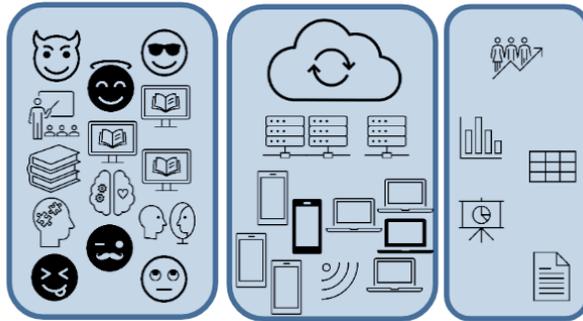


Fig. 6. El modelo de QoX se despliega sobre un grupo de expertos multidisciplinares, con unos entregables definidos. Los dispositivos multimedia serán un factor clave en el análisis de escenarios y planteamiento de soluciones.

Reorganizamos dicha arquitectura funcional para identificar más fácilmente los servicios necesarios para resolver los conflictos de prioridades y criterios de salud digital vs modelo de negocio, tiempo del usuario vs dinero del aplicativo. También debe recomendar a los agentes interesados que mejor puedan dar respuesta a los retos planteados a corto y medio plazo. El modelo permite ir añadiendo servicios y agentes de otros sectores, enriqueciendo la estructura funcional al introducir nuevos agentes, criterios, recursos para cubrir nuevas necesidades.

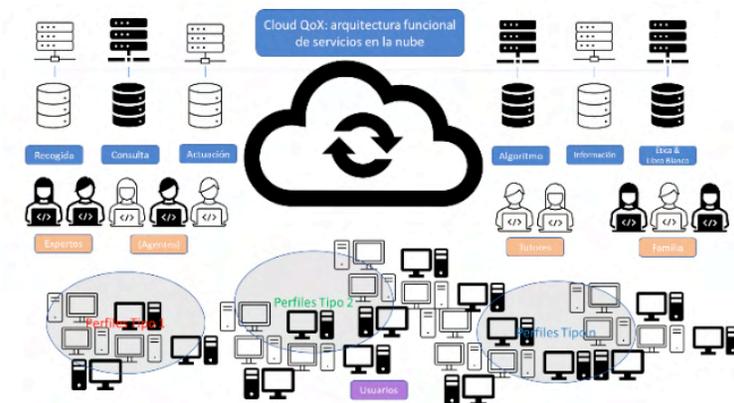


Fig. 7. Arquitectura funcional QoX: servidores y agentes, usuarios y terminales, perfilado de usuario.

Es decir, apostamos por un modelo Cloud QoX que cuenta con:

1.- **SERVIDORES Y AGENTES** que recopilan la información de los usuarios, permiten al grupo experto la consulta de datos recopilados, disponen la algoritmia para procesado de datos y tratamiento experto con criterios basados en el consenso internacional, gestionan la actuación del experto sobre los terminales de un determinado grupo y permiten la comunicación con el experto. Además, introducimos la figura del servidor donde se recopilan los criterios éticos y se determina el contorno para la comunidad de desarrolladores: se trata de un servidor que contendría los prolegómenos a todo desarrollo futuro, las recomendaciones y guías de buen uso, como evolución del Libro Blanco Digital, orientado a tanto a los desarrolladores de bajo nivel, como UX/UI y los propios gestores de contenido.

2.- **TERMINALES Y USUARIOS:** los usuarios proporcionan las características que les definen cuando dan de alta sus terminales en el servicio. Estas características permiten al grupo experto la clasificación por grupos. Por tanto, el adecuado perfilado usuario pasa a ser una labor de gran importancia para el experto que monitoriza la calidad del servicio, calidad de respuesta, calidad de experiencia, y define pautas de actuación en caso de necesidad.

3.- **REDES DE ACCESO:** las distintas tipologías de redes de comunicaciones deben ser analizadas para proponer mejoras en sus despliegues que ayuden a la evolución de las personas, independientemente de la ubicación en la que se encuentren. Por ejemplo, si se detectara un comportamiento diferente en la población rural vs urbana, el equipo experto trataría de compensar las carencias con servicios y funcionalidades adicionales, hasta que el despliegue físico pudiera habilitar los recursos de red necesarios.

En cuanto a la arquitectura de red, vamos a trabajar sobre el modelo actual, que consideramos válido para soportar la arquitectura funcional QoX, ya que actualmente ya engloba dispositivos multimedia, redes fijas e inalámbricas y servicios en la nube. Además, abordaremos la seguridad como una línea futura, como un factor fundamental de cualquier modelo TIC que se despliegue sobre una población real.

4 | IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA PARA EDUCACIÓN

La implementación de nuestro sistema Cloud QoX se ha llevado a cabo como una prueba de concepto para la comunidad educativa. En esta prueba un conjunto de servidores recoge y trata datos obtenidos de un grupo de usuarios de móviles gracias a las herramientas de monitorización de actividad instaladas en los mismos. Tras ello, se analizan los indicadores de ciertos comportamientos para alertar al experto y determinar actuaciones concretas para el individuo o el grupo.

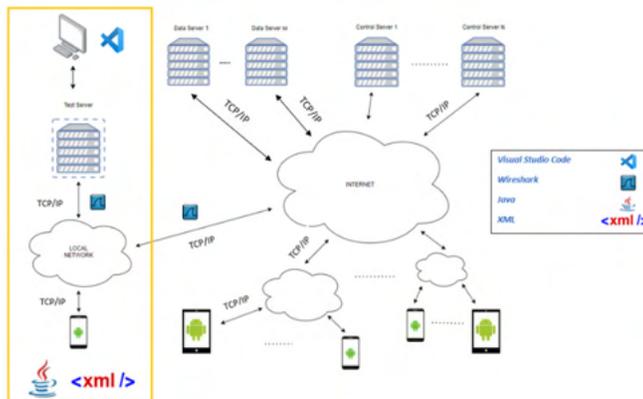


Fig. 8. Implementación de la prueba de concepto Cloud QoX, vista desde el terminal móvil.

La Figura 8 describe el entorno de Cloud QoX visto desde el lado de los terminales móviles. Se ha programado mediante la plataforma Android Studio con soporte para los lenguajes Java y Kotlin y considerando el emulador de Pixel 2 con SO Android 11.0 (API 30), y XML para la UI. Para la comunicación de terminal a servidor se utilizan los protocolos HTTP y COAP. El editor del código fuente usado es MS Visual Studio Code, y se utiliza Wireshark como software para captura y análisis de tráfico de red.

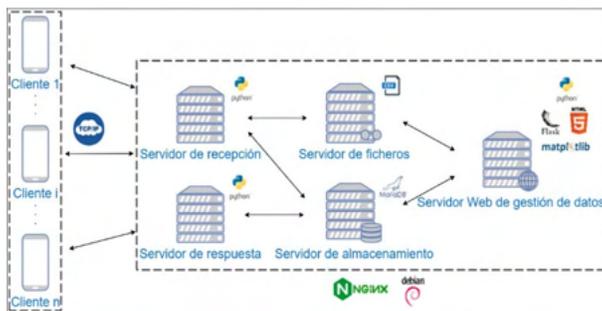


Fig. 9. Implementación de la prueba de concepto Cloud QoX vista desde la infraestructura de servidores.

La Figura 9 muestra la arquitectura funcional de la infraestructura de servidores desarrollada. Cuenta con un sistema operativo Debian; base de datos MariaDB e interfaz gráfica DBeaver; servidor web como proxy inverso NGINX, uWSGI y Certbot. Se ha utilizado Python como lenguaje programación para los servidores con entorno de desarrollo Pycharm, La biblioteca Flask permite crear aplicaciones web, librería de representación de gráficas Matplotlib.y librería de conexión MariaDB; HTML y CSS como lenguaje en el servidor web; exportación de ficheros en formato CSV para los datos en bruto; protocolo de comunicación por sockets TCP.

La actividad del usuario en su terminal móvil, monitorizada con las herramientas comentadas, se ha enviado como eventos a la infraestructura de servidores desarrollada. Se han definido una serie de mensajes como Bloqueo/desbloqueo, encendido/apagado de pantalla, empleo de redes sociales, etc. Que son parte de esa actividad monitorizada y que es trasladada al punto de entrada de la infraestructura (servidor de recepción) vía un conjunto de mensajes (registro, inicio de sesión, datos, actualización de datos, control). Sobre este esquema, en las líneas futuras podrían definirse otros tipos de actividad del usuario y obtenerlos a partir del estudio de los datos.

El servidor de recepción se comunica con el servidor de ficheros y almacenamiento para registrar los mensajes recibidos. Esto posibilitara la generación de ficheros raw con los que los expertos podrían llegar a hacer un procesado de los datos independiente.

El servidor de respuesta proporciona realimentación personalizada a los clientes con los datos existentes en el servidor de almacenamiento, permitiendo al usuario conocer su conducta respecto a la utilización de su dispositivo móvil. Nuestra idea es detectar, informar, alertar y actuar de forma controlada ante potenciales situaciones de riesgo, o prevenirlas antes que se produzcan. La Figura 10 muestra cómo el modelo Cloud QoX hace llegar una alerta a un móvil ante un determinado evento.

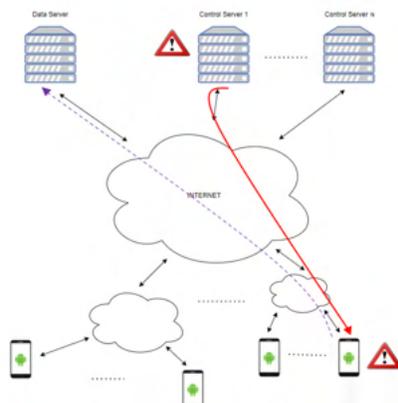


Fig. 10. Retroalimentación personalizada vía servidor de respuesta

Por último, el servidor web de gestión de datos se conecta a los servidores de ficheros y almacenamiento para proporcionar a los expertos una herramienta de acceso a la información recogida y procesada por dicho sistema de servidores. Este tratamiento de la información recogida posibilita precisamente obtener desde aquí la actividad de usuario relacionada con la multitarea o el phubbing.

La Figura 11 muestra un ejemplo de la herramienta gráfica desarrollada para analizar el comportamiento de los distintos grupos. Gracias a la teoría de valores y vectores propios, pensamos que el modelo gráfico sería más útil para el grupo experto que el análisis de

datos en bruto. La herramienta les permite comparar el comportamiento del individuo y del grupo frente a sus propios criterios, y ofrecer nuevas recomendaciones para mejorar el modelo teórico. Y para las líneas futuras, hemos preparado ficheros exportables que permitan a los expertos desarrollar sus propios modelos estadísticos sobre las bases de datos en bruto, y anonimadas por seguridad.

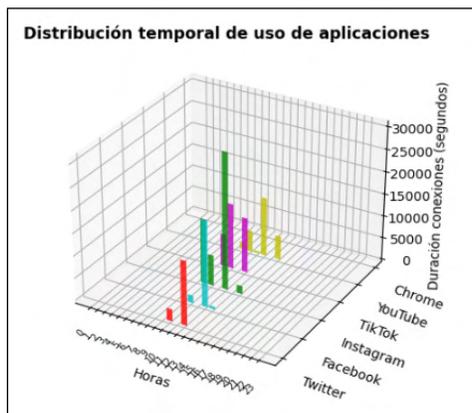


Fig. 11. Una de las gráficas que actualmente muestra el modelo QoX, como presentación de datos de usuario.

5 | CONCLUSIONES Y LINEAS FUTURAS

El trabajo aquí presentado define un modelo de arquitectura funcional QoX que responde al reto de estrés digital. Su finalidad es llegar a desarrollar herramientas básicas que den soporte a los grupos expertos relacionados con el bienestar digital para prevenir, anticipar y enfrentar situaciones de riesgo. Estas herramientas ayudarían al experto a identificar y gestionar problemas en sus etapas iniciales, pudiendo prevenir crisis en el individuo o que estas se extiendan al grupo. La propuesta de arquitectura funcional ha sido aplicada al ámbito educativo con la idea de hacer frente a los problemas detectados en el uso / abuso de los nuevos servicios multimedia. Para ello hemos partido de una serie de parámetros técnicos que serían deseables para cuantificar el contenido emocional en las redes sociales (detección de emojis), el multitasking [1] (número de conexiones concurrentes en distintos dispositivos y en el mismo dispositivo, si la tarea desarrollada requiere o no concurrencia), el FoMo [2] [3] (número de desbloques del móvil, de entradas en redes sociales y tiempo en ellas, tiempo en acceder y/o borrar notificaciones, número de publicaciones y de qué tipo se trata) y el phubbing [4] [5] (geolocalización, dispositivos cercanos, tipo de conexiones y su frecuencia, interacción con otros usuarios y probabilidad de interacción, intervalos de sueño).

El resultado ha sido la creación de una infraestructura cliente / servidor que permite

la recogida y tratamiento de datos obtenidos de un grupo de usuarios de terminales móviles gracias a las herramientas de monitorización de actividad instaladas en los mismos. El posterior análisis de indicadores de ciertos comportamientos permite alertar al experto y determinar actuaciones concretas para el individuo o el grupo. La puesta en marcha de una prueba con usuarios reales es el futuro paso a realizar. Nos permitiría poner a prueba nuestra propuesta de arquitectura funcional y afinar con expertos las posibilidades del trabajo desarrollado. Asimismo, una vez depurado nuestro modelo, se extrapolaría permitiendo modelar la disciplina de trabajo de los usuarios-expertos de los distintos sectores con los que se trabaje, de forma que vayan aportando su percepción y criterios a priori, para evolucionar y mejorar el modelo con sus resultados.

En cuanto a los aspectos de seguridad, proponemos que la securización de comunicaciones y datos extremo a extremo no esté reñida con la seguridad y bienestar digital. Por tanto, debemos continuar trabajando y considerar las lecciones aprendidas en otros casos (como las Smart Grid, etc), y registrar dispositivos para conseguir agregados y estadísticos fiables, así como detección temprana de desviaciones que posibiliten la actuación del experto (Trusted Third Party).

La idea futura es trabajar con nuevos casos reales para analizar cómo la arquitectura funcional QoX en la nube podría dotar de una mejor salud digital a los usuarios. Se precisan nuevos pasos, una discusión multidisciplinar sobre procedimientos y resultados, se trate del ámbito educativo o cualquier otro. Hemos de aprender cómo proteger o crear nuevos entornos digitales, donde no sólo hay que tener en cuenta las tendencias del mercado actual y sus beneficios, sino también el componente ético y de largo plazo. El aprendizaje adquirido se debe recoger en forma de recomendaciones y pautas de buen diseño, un formato de Libro Blanco Digital para también reflejar aquellos desarrollos que no se hayan podido implementar, así como las limitaciones actuales del modelo o de redes, sistemas y dispositivos que lo han impedido. También se reflejarán las ideas más importantes en cuanto a redes, desarrollos, metodología, muestreo, marcos regulatorios, etc. El objetivo es cerrar la actual propuesta con una guía para nuevas versiones de herramientas, procesos y líneas de investigación.

AGRADECIMIENTOS

A los grupos de investigación CeNIT y EDUCAVIVA. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos T31_20R y S57_20R del Gobierno de Aragón y RED2018-102383-T del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades – Agencia Estatal de Investigación.

REFERENCIAS

- [1] Martín, Viñas, Malo (2019). Media multitasking impact in homework, executive function and academic performance in Spanish adolescents. *Psicothema* 2019, Vol. 31, No. 1, 81-87.
- [2] Błachnio, Przepiórka (2018). Facebook intrusion, fear of missing out, narcissism, and life satisfaction: A cross-sectional study. *Psychiatry Research – Vol 259*, Jan 2018, Pages 514–519.
- [3] Rosen, Carrier et al (2017). The Role of FOMO in College Course Performance as Mediated by Techn. Usage and Multitasking Habits. *Psicología Educativa* 2018 V24 N1, P14-25.
- [4] Schuur, Baumgartner et al (2017) Media multitasking and sleep problems: A longitudinal study among adolescents. *Computers in Human Behavior - Vol 81*, Year 2018, P 316 – 324.
- [5] Ho Moon, E. Lee, J. Lee, Choi, Sung (2016). The role of narcissism in self promotion on Instagram. *Personality and Individual Differences - Volume 101*, Oct 2016, Pag 22-25.
- [6] United Nations UN 75 Anniversary Report, available at <https://www.un.org/en/un75/presskit>, last access February 2021.
- [7] Martinez; Nesse et al (2015) QoE-based service differentiation: Business models analysis for the mobile market. 26th European Regional Conference of ITS, 24-27 June 2015.
- [8] Juan Mejía, Transformación Digital, available at <https://juancmejia.com>, last access MAY 2021.
- [9] DQ Institute Global Standard for Digital Literacy and Skills, by the Coalition for Digital Intelligence at <https://www.dqinstitute.org/>, last Access FEB 2021.
- [10] Jerald J. Block M.D. (2008). Issues for DSM-V: Internet Addiction. *American Journal of Psychiatry* 165:3, March 2008.
- [11] Salanova, Llorens, Cifre (2012). The dark side of techn.: technostress among ICT users. *International Journal of Psychology*. 2013 DOI 10.1080/00207594.2012.680460.
- [12] Nasaescu, Marín, Llorent, Ortega, Zych (2018). Abuse of technology in adolescence and its relation to social and emotional competencies, emotions in online comm. and bullying. *Computers in Human Behavior - Vol 88*, Nov 2018, P114-120.
- [13] Przybylskia et al (2013). Motivational, emotional, and behavioral correlates of fear of missing out. *Computers in Human Behaviour - Vol 29*, Iss 4, July 2013, P 1841-1848.
- [14] H. Fuster, A. Chamarro, U. Oberst (2018). Fear of Missing Out, online social networking and mobile phone addiction (...). *Aloma Vol. 35 Núm. 1* (2017).
- [15] Schuur, Baumgartner, Sumter, Valkenburg (2015). The consequences of media multitasking for youth: A review. *Computers in Human Behavior*, Vol 53, 204–215.
- [16] Rideout, Victoria J.; Foehr, Ulla G.; Roberts, Donald F. (2010). Generation M2: Media in the Lives of 8- to 18-Year-Olds. Henry J. Kaiser Family Found., ED527859 - JAN 2010.

- [17] Voorveld & van der Goot (2013). Media multitasking across age groups: A diary study. *Journal of Broadcasting & Electronic Media* July 2013 Vol 57(3) Pages 392-408.
- [18] Cain., Leonard, et al. (2016). Media multitasking in adolescence. *Psychon Bull Rev* 23, 1932–1941 (2016).
- [19] Courage, Bakhtiar, Fitzpatrick, et al (2015). Growing up multitasking: The costs and benefits for cognitive development. *Developmental Review* Volume 35, March 2015, Pages 5-41.
- [20] Murphy, McLauchlan, Lee (2017). Is there a link between media-multitasking and the executive functions of filtering and response inhibition? *Computers in Human Behavior*. Vol 75, Oct 2017, Pags 667-677.
- [21] Schuur, Baumgartner et al (2015). The consequences of media multitasking for youth: A review. *Computers in Human Behavior*. Volume 53, December 2015, Pages 204-215.
- [22] L.Liu, Cheng, X.Liu (2018). Research on the Impact of Media Multitasking on Emoticons Usage. ICIME 2018. IEEE Catalog Num: CFP1841G-POD.
- [23] McDaniel, Coyne. (2014). “Technoference”: The interference of technology in couple relationships and implications for women’s personal and relational well-being. *Psychology of Popular Media Culture*. 5(1), 85–98.
- [24] V. Chotpitayasunondh & K. Douglas (2018). The effects of “phubbing” on social interaction. *Journal of Applied Social Psychology* January 2018.
- [25] Abeele, Postma-Nilsenova (2018). More Than Just Gaze: An Experimental Vignette Study Examining How Phone-Gazing and Newspaper-Gazing and Phubbing-While-Speaking and Phubbing-While-Listening Compare in Their Effect on Affiliation. *Comm Research Reports*. Volume 35, 2018 - Issue 4.
- [26] Krasnova, Abramova, et al (2016). Why phubbing is toxic for your relationship: Understanding the role of smartphone jealousy among “Generation Y” users. *Research Papers* - 109.
- [27] Halpern & Katz (2017). Texting’s consequences for romantic relationships: A cross-lagged analysis highlights its risks. *Computers in Human Behavior* - V 71, 06-2017, P 386-394.
- [28] Wang, Xie, Wang, Wang y Lei (2017). Peer relationship and adolescent smartphone addiction: The mediating role of self-esteem (...). *Journal of Behavioral Addictions* Vol 6 – Issue 4.
- [29] Guazzini, Duradoni, Capelli, Meringolo (2019). An Explorative Model to Assess Individuals’ Phubbing Risk. *Future Internet* 11(1):21 January 2019.
- [30] Kircaburun & Griffiths (2018). Instagram addiction and the Big Five of personality: The mediating role of self-liking. *Journal of Behavioral Addictions* Volume 7: Issue 1.
- [31] Karadag et al. (2015). Determinants of phubbing, which is the sum of many virtual addictions: A structural equation model. *Journal of Behavioral Addictions* Volume 4: Issue 2.
- [32] Casadesus, Fernández, Sequeira, Quintana, Saldana, Ruiz (2012). IPTV Quality assessment system. *LANC ‘12: Proceedings 7th LATAM Networking Conf*. Oct 2012 P 52–58.

- [33] Blasco, Aznar, Hernández, Ruiz (2011). IPTV as a services distribution channel. Importance of interactivity personalization in the purchasing of news-on-demand packages. *Ind. Mngmnt & Data Systems Vol 111 N 9*, 2011 pp. 1381-1398.
- [34] Mora, Fernández, Ruiz, Cebollero (2021) *Cloud QoX 4 EDU & more. VI QQCM QoS y QoE en comunicación multimedia*. ISBN: 978-84-09-31124-8.
- [35] Greengrass, Evans, Begen (2009). Not All Packets Are Equal, Part 2. The Impact of Packet Loss on Video Quality. *IEEE Internet Computing Volume 13, Issue 2, March-April 2009*.
- [36] Greengrass, Evans, Begen (2009). Not All Packets Are Equal, Part 1. Streaming Video Coding and SLA Requirements. *IEEE Internet Computing Volume 13, Issue 1, Jan-Feb 2009*.
- [37] Klaue, Rathke, Wolisz (2003). EvalVid – A Framework for Video Transmission and Quality Evaluation. *TOOLS 2003, LNCS 2794*, pp. 255–272, 2003.
- [38] Cristobo, Zabala, Ibarrola, Ferro, Liberal (2019). Metodología para la gestión de la QoX basada en el aprendizaje automático. *XIV Jornadas de Ing. Telemática (JITEL 2019)*.
- [39] Lobo, López, Mora et al (2008) *Distribution Network as comm. system*. CIREF Frankfurt. CD 978-1-84919126-5.
- [40] Mora, López et al (2008) *Smart communications in demand management*. CIREF Frankf DOI 10.1049/cp.20090710
- [41] Lobo, López, Cabello, Mora et al (2009) *How to design a communication network over distribution networks*. CIREF Prague. CD:978-1-84919126-5.
- [42] Mora, López, Román, Lobo, Carmona, Cabello et al (2009) *Demand management communications architecture*. CIREF Prague. DOI: 10.1049/cp.2009.0710.
- [43] López, Román, Mora, et al (2009) *Communications architecture of smart grids to manage the electrical demand*. *IEEE Int Symp Power Line Comms (ISPLC)*. Udine, ITALY. Corpus ID: 18821472
- [44] Ramírez, Ordiales, Mora et al (2012) *Smart Grid - Demand Management as key resource for improvement and social contribution to 2020 strategy*. CIGRE Paris. P12-0283/C6_117_2012
- [45] Mora, Oyarzábal, Cruz, González, Corera (2012) *E-car and economic impact: Enhancing the smart grids*. IET Lisbon. ISBN:978-1--84919-628-4.
- [46] Oyarzábal, Rodríguez, Cruz, Corera, Mora et al (2013) *E-Car and Economic Impact in Smart Grids*. CIREF. Stockholm. ISBN:978-1--84919-628-4.

CAPÍTULO 12

UTILIZAÇÃO DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE MODELAGEM APLICADA A CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMÁVEIS

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 06/05/2022

Rafael Garlet de Oliveira

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/5694895282692108>

Thiago Javaroni Prati

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/7638101032304275>

Luan Cizeski de Lorenzi

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/2675191651482030>

Antonio Ribas Neto

Instituto Federal Catarinense, *campus* Luzerna
Luzerna – SC
<http://lattes.cnpq.br/5053976869671217>

RESUMO: Este trabalho apresenta a experiência de aplicação do método de Aprendizagem Baseada em Problemas na disciplina de Modelagem e Controladores Lógicos Programáveis (CLP) no curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal Catarinense - *campus* Luzerna. O objetivo desta disciplina é apresentar conceitos sobre Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos (SEDs), sobre arquitetura e programação de CLPs e desenvolver Sistemas de Controle Supervisório para sistemas controlados com CLP. Inicialmente

a disciplina se encarrega de repassar os conceitos básicos iniciais aos estudantes, por meio de um número extensivo de exercícios orientados a serem realizados de forma autônoma, e por fim desafiar os alunos a desenvolver o controle de um sistema simulado. Nesta última etapa, é proposto como problema uma planta industrial simulada, construída por meio de um dispositivo microcontrolado com entradas, saídas e indicadores de LED. Este dispositivo tem sua programação baseada em SEDs, cujo modelo é utilizado para a construção do controle a ser implementado no CLP. O desenvolvimento do controle e sua implementação no CLP mostrou-se uma forma bastante eficaz para a fixação dos conceitos iniciais, além de promover a autonomia dos futuros engenheiros para trabalho em equipe e resolução de um problema prático real.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizagem Baseada em Problemas, Sistemas a Eventos Discretos, Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos, Teoria de Controle Supervisório, Controladores Lógicos Programáveis.

APPLYING PROBLEM BASED LEARNING IN TEACHING MODELING AND PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER

ABSTRACT: This paper presents an application of the Problem Based Learning method in the Modeling and Programmable Logic Controller (PLC) subject in the Control and Automation Engineering course of the Instituto Federal Catarinense - *campus* Luzerna. The main goal of this subject is to present Discrete Events Systems (DES) Modeling concepts, PLC architecture and programming

and Supervisory Control Systems for PLC based control systems. Initially, in this subject, basic concepts are presented to the students by means of an extensive number of oriented exercises to be performed autonomously, and as the final project, students are challenged to develop the supervisory control of a simulated system. In this last step, a simulated industrial plant, built using a microcontrolled device with inputs, outputs and LED indicators, is proposed as a problem. This device has its programming based on DES. Its model is used on the construction of the control to be implemented in the PLC. The development of the controller and its implementation in the PLC proved to be a very effective way to better learning the concepts initially discussed, besides providing the future engineers autonomy for teamwork and solving a real practical problem.

KEYWORDS: Problem Based Learning, Discrete Event Systems, Modeling of Discrete Event Systems, Supervisory Control Theory, Programmable Logic Controller.

1 | INTRODUÇÃO

O aperfeiçoamento do ensino é um assunto amplamente discutido na área das engenharias. Bazzo e Pereira (1997) sugerem que estes cursos devem objetivar a preparação do indivíduo para a realidade sócio-econômica na qual atuará. Neste artigo será apresentado um estudo de caso, onde emprega-se o método de Aprendizagem Baseada em Problema (*Problem Based Learning* – PBL) no ensino de Modelagem de Sistemas a Eventos Discretos (SED) e Controladores Lógicos Programáveis (CLP). Esta metodologia promove a atitude ativa do aluno, como elemento central em busca do conhecimento e não meramente informativa como é o caso da prática pedagógica tradicional (BERBEL, 1998).

A experiência discutida neste artigo compreende o componente da grade curricular, do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal Catarinense (IFC) - *campus* Luzerna, denominado Modelagem e Controladores Lógicos Programáveis.

1.1 Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL)

A Aprendizagem Baseada em Problemas teve sua gênese em 1969, no ensino de Ciências da Saúde na McMaster University, Canadá. Se trata de uma proposta pedagógica que consiste no ensino centrado no estudante e baseado na solução de problemas, reais ou simulados. Neste método, a fim de solucionar os problemas propostos, os alunos recorrem aos conhecimentos prévios, discutem, estudam, adquirem e integram os novos conhecimentos. A integração de conceitos, aliada à aplicação prática, promove a absorção do conhecimento. Desta forma, o método valoriza, além do conteúdo estudado, a forma como ocorre o aprendizado, reforçando o papel ativo do aluno neste processo. A PBL promove o desenvolvimento da autonomia, a interdisciplinaridade, a não separação entre teoria e prática, o desenvolvimento do raciocínio crítico e de habilidades de comunicação (BORGES et al, 2014).

2 | ASSUNTOS ESTUDADOS NA DISCIPLINA

A disciplina de Modelagem e Controladores Lógicos Programáveis consta como obrigatória no curso de Engenharia de Controle e Automação do IFC – *campus* Luzerna. Sua ementa versa sobre Sistemas a Eventos Discretos (SEDs), Linguagens, Expressões Regulares, Autômatos, Redes de Petri, Teoria de Controle Supervisório, contando também com toda a parte de *Hardware* e *Software* de Controladores Lógicos Programáveis (CLP). A disciplina é lecionada por dois professores e dividida em três partes. A primeira parte é destinada à apresentação das Redes de Petri, Autômatos e Teoria de Controle Supervisório. A segunda parte contempla os conteúdos sobre CLPs, sua construção física hardware e suas linguagens e formas de programação de software. A terceira parte da disciplina é reservada para o desenvolvimento de um ciclo completo de projeto, desde a modelagem e obtenção do Controle Supervisório até a sua programação em um CLP.

As duas primeiras partes da disciplina, se baseiam na resolução de exercícios orientados, nos quais os alunos devem recorrer às referências bibliográficas e materiais de apoio para sua resolução e compreensão de cada tópico. A terceira parte da disciplina tem como objetivo o emprego da metodologia PBL, onde os estudantes devem buscar os conceitos básicos enunciados nas duas primeiras partes para conseguir elaborar um projeto completo. Nesta etapa, o problema proposto é o controle de uma planta industrial, simulada por meio de dispositivo microcontrolado construído para esse fim. Os estudantes são desafiados a propor o modelo de um SED para a planta simulada, obter o controle supervisório baseado neste modelo e efetuar a sua programação e implementação em um CLP, resultando no controle completo do sistema.

2.1 Redes de Petri

O uso das Redes de Petri possibilita uma maior compreensão do funcionamento de sistemas distribuídos, por se tratar de uma ferramenta gráfica (CARDOSO; VALETE, 1997). De acordo com CASSANDRAS e LAFORTUNE (2006), a definição desta linguagem se baseia em quatro elementos: os lugares (P), as transições (T), os arcos (A) e o peso dos arcos (w). Os lugares representam os recursos disponíveis para utilização, ou as condições para as transições. Os arcos são os conectores do grafo, entre as transições e os lugares. Podem incluir como uma informação a mais o seu peso, representando tanto uma condição para a ocorrência de uma transição quanto um valor de saída de um transição para um lugar.

$$R = (P, T, A, w)$$

Na aplicação das Redes de Petri para controle, o comportamento desejado da planta deve ser descrito em um modelo de Redes de Petri. Este modelo pode ser obtido através de várias abordagens. Uma forma é a descrição da planta em malha aberta e das restrições que definem o comportamento em malha fechada em separado seguidas pela fusão de transições das diferentes Redes de Petri.

2.2 Autômatos e Teoria de Controle Supervisório (TCS)

Os autômatos consistem em uma linguagem que descreve o comportamento de sistemas a eventos discretos (SEDs), representando expressões regulares por meio de um grafo. Além disso, são dispositivos capazes de representar uma linguagem de acordo com regras bem definidas (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 2006).

A representação de um autômato pode ser feita por meio de cinco elementos: os estados do sistema (Q), o conjunto de eventos (Σ), as funções de transição (f), um estado inicial (q_0) e os estados marcados (Q_m), que representam tarefas completas do sistema.

$$G = (Q, \Sigma, f, q_0, Q_m)$$

A TCS consiste em modelar os diferentes subsistemas da planta através de autômatos, assim como as especificações que determinam o comportamento em malha fechada. Com esses modelos em mãos, é possível se obter a sub-linguagem suprema controlável para o sistema controlado. Esta sub-linguagem é a mais permissiva possível dadas as especificações escolhidas e o resultado final é um controle supervisório que pode ser representado por um autômato e implementado por um CLP.

2.3 Controladores Lógicos Programáveis (CLP)

O CLP é um computador industrial que pode ser programado para executar instruções que controlam dispositivos com máquinas e operações de processos. É capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle, como lógicas de controle, sequenciamento, operações aritméticas, dentre outras para Sistemas Automatizados. Tem em sua estrutura uma CPU (Unidade Central de Processamento) composta de memória e processador, sendo responsável pelas atividades do controlador. Os módulos de entrada e saída são responsáveis pela comunicação entre CPU e o meio externo, garantindo o isolamento e proteção da unidade central. A linguagem Ladder é uma das mais utilizadas nestes dispositivos. É descrita de forma gráfica e baseada em símbolos semelhantes aos encontrados em esquemas elétricos providos de contatos e bobinas (GEORGINI, 2009).

3 | APLICAÇÃO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NA DISCIPLINA

Como aplicação do método PBL na disciplina, é apresentada uma atividade a ser desenvolvida pelos estudantes em que deve ser modelada uma planta a ser automatizada e, utilizando esse modelo, construir uma versão simulada da planta em questão. Também se utilizando desse modelo, propor uma solução baseada em SED para ser implementada em um CLP.

3.1 Metodologia para desenvolvimento do trabalho proposto

No primeiro momento, o aluno deve propor uma planta a ser automatizada, que

possa ser descrita por um SED, o que exige a modelagem de cada subsistema de maneira independente.

No âmbito da disciplina, foi desenvolvido um sistema embarcado, baseado em microcontrolador, para simular a planta modelada pelos estudantes e ser capaz de interagir com um CLP (Figura 1). Em suas entradas, foram utilizados opto-acopladores de forma a isolar eletricamente os sinais de controle que são provenientes do CLP, tipicamente em operando em 24V. Para que o microcontrolador seja capaz de enviar sinais equivalentes aos valores dos sensores para o CLP, suas saídas também são isoladas eletricamente.

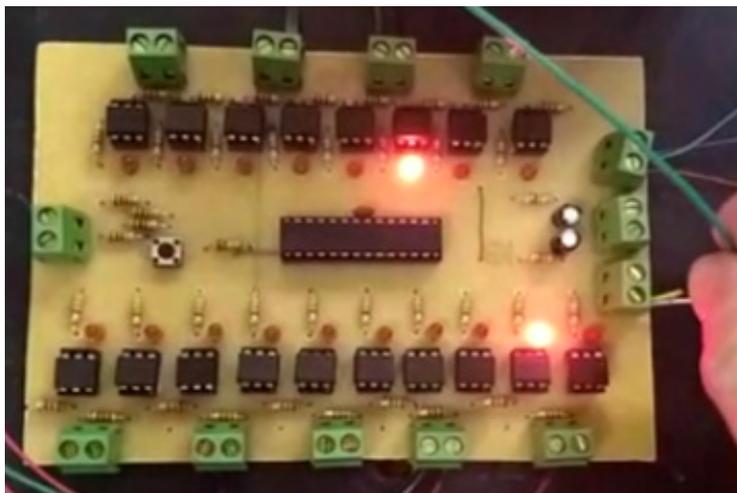


Figura 1: Sistema embarcado para a simulação da planta a ser controlada.

Uma vez com a planta definida como um conjunto de subsistemas descritos em SED, é possível sua programação para o simulador embarcado. Para tal, os SEDs devem ser traduzidos para a linguagem C, utilizada na programação do microcontrolador utilizado. A tradução pode ser feita utilizando Programação Orientada a Autômatos, como através da abordagem de SHALYTO (1991). Na implementação da planta para simulação, devem ser programados os valores que as saídas da planta (sensores) devem possuir em cada estado. Ao fim, tem-se um sistema que interage com o CLP recebendo sinais de controle e enviando sinais de sensores, conforme é representado na Figura 2.

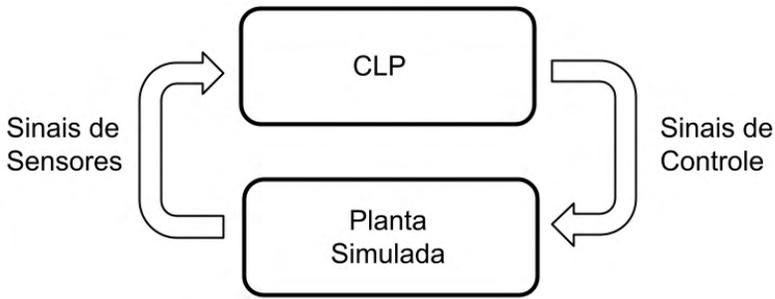


Figura 2: Interação entre CLP e planta simulada para o trabalho proposto.

Uma vez programada a planta simulada, é possível o desenvolvimento de um método de controle baseado em SED. Como exemplos, tem-se a aplicação de Redes de Petri para controle, a utilização de Autômatos para descrever um comportamento desejado para a planta ou ainda a aplicação da Teoria de Controle Supervisório (TCS) para o controle mais permissível possível para a planta.

Com o controlador calculado ou modelado, é possível se implementar o controle em um CLP. A tradução de Redes de Petri para a linguagem Ladder consiste na programação dos lugares para variáveis internas do CLP enquanto as transições são linhas de código a ser executadas. A transformação de um controle supervisório para linguagem Ladder não é tão direta quanto a transformação de um autômato para uma linguagem de programação. Isto porque a informação contida em um supervisório são desabilitações de eventos (ações do CLP enviadas à planta) que não devem ocorrer. Desta forma a programação do CLP deve levar em consideração, não qual comando enviar para a planta, mas quais comandos não devem ser enviados de maneira a evitar que a planta atinja um mau estado. A implementação do controle supervisório em um CLP pode ser realizada por meio da metodologia apresentada em VIEIRA et al. (2017).

3.2 Aplicação da metodologia

Para exemplificar a abordagem proposta, um exemplo foi desenvolvido e é apresentado como uma das possíveis abordagens para solução do trabalho proposto. Neste exemplo, o sistema a ser automatizado é composto por um guindaste com um atuador vertical (subir e descer), um horizontal (movimentar-se para a esquerda e direita) e uma garra para segurar a carga enquanto esta é transportada de um lado para o outro (Figura 3). A referência do ponto onde a carga está inicialmente é a direita e as mesmas devem ser transportadas para a esquerda. Para que o sistema faça o transporte, um botão, indicando a presença de carga, deve ser pressionado. O ciclo de transporte consiste em baixar, segurar a carga, levantar, ir para a esquerda, baixar novamente, abrir a garra para deixar a carga na posição final, subir e esperar novo pressionar do botão para iniciar um ciclo de transporte novamente. O botão pode ser pressionado a qualquer momento

enquanto uma carga está sendo transportada, indicando que uma nova carga se encontra em posição para transporte. O sistema conta com 4 sensores para indicar os fins de curso dos atuadores de movimentação vertical e horizontal.

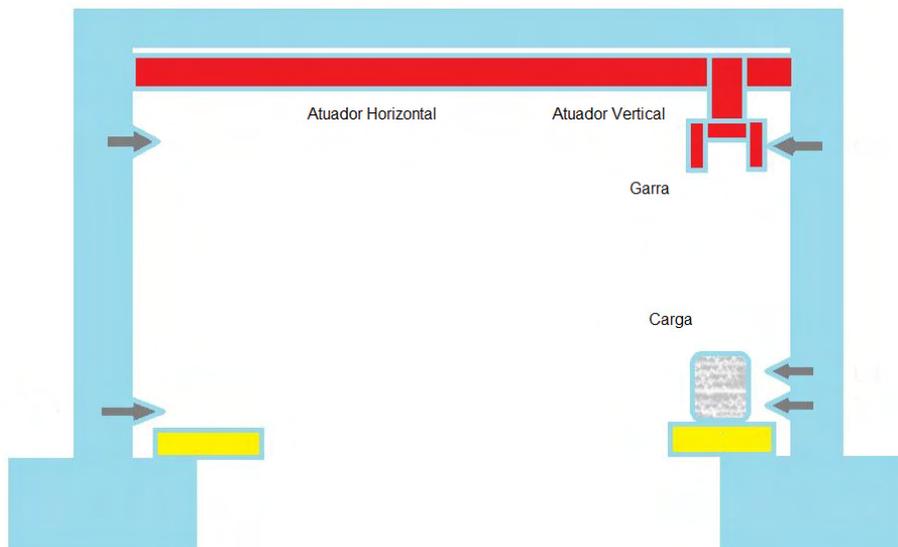


Figura 3: Esboço do guindaste proposto como planta industrial.

Para a programação do simulador da planta, é necessário a modelagem do comportamento de cada um dos subsistemas, de movimentação vertical, horizontal e da garra, levando em consideração seu comportamento real. Isto é, a evolução do modelo deve ser baseada em sinais de controle vindos do CLP e as evoluções em um sistema físico não são instantâneas. Para a planta em questão foram criados os modelos que apresentassem um pequeno tempo entre o envio do sinal e a real ocorrência do evento correspondente. Por exemplo, o sistema representado na Figura 4 apresenta o comportamento esperado pelo atuador vertical, assim, após recebido o sinal de ativação, que faz com que o atuador baixe, é necessário que decorra um tempo antes de ser considerado que o atuador realmente baixou.

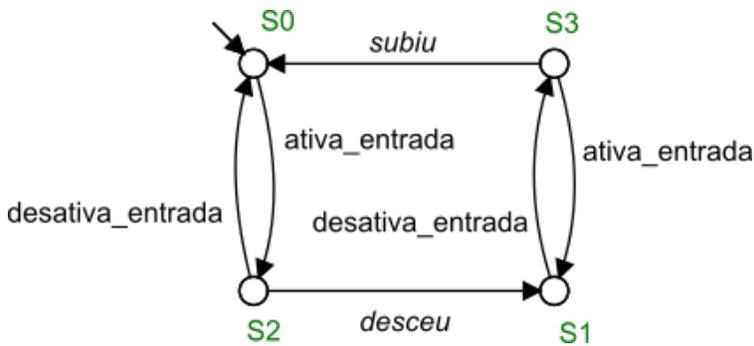


Figura 4: Modelo de simulação do atuador vertical no sistema microcontrolado.

É necessário notar que nos estados $S0$ e $S1$ o atuador se encontra na posição superior (retraído) e inferior (estendido) respectivamente. Estes estados devem ser levados em consideração como condição para ativação das saídas correspondentes (sinais de sensores) da planta simulada. Ainda, o evento *desceu* e *subiu* só ocorre após a decorrência de um tempo pré-determinado depois que o autômato se encontra nos estados $S2$ e $S3$ respectivamente, sendo necessário implementar este comportamento no código da planta simulada.

Os demais atuadores foram modelados com a mesma abordagem, sendo estabelecido um tempo para cada um de forma a tentar aproximar o comportamento do sistema simulado daquele de um sistema real.

No dos modelos da planta a ser controlada, não se faz necessária a modelagem em baixo nível, considerando cada aspecto do sistema como os aspectos temporais por exemplo, é possível criar modelos em alto nível que sejam apenas representações do comportamento do processo. Para esta planta foram criados 3 modelos, um para a garra, outro para o atuador vertical e outro para o horizontal. Os modelos podem ser vistos na Figura 5. Os eventos *ag*, *fg*, *ie*, *fe*, *id* e *fd* são, respectivamente: abre garra, fecha garra, comando para ir para a esquerda, evento de que o sistema chegou à esquerda, comando para ir para a direita e evento de que o sistema chegou à direita.

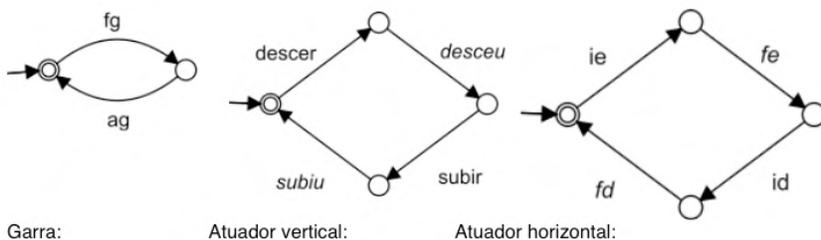


Figura 5: Modelos que compõem a planta.

Foram projetadas cinco especificações para o comportamento da planta, cujos modelos representativos são apresentados na Figura 6. E_0 garante que o botão deve ser pressionado ao menos uma vez para que o guindaste pegue a peça, E_1 garante que o botão seja pressionado uma vez para o primeiro movimento, E_2 garante que a garra suba logo após liberar ou segurar a carga, E_3 evita movimento horizontal com o guindaste estendido e E_4 garante que a garra abra ou feche nas posições corretas.

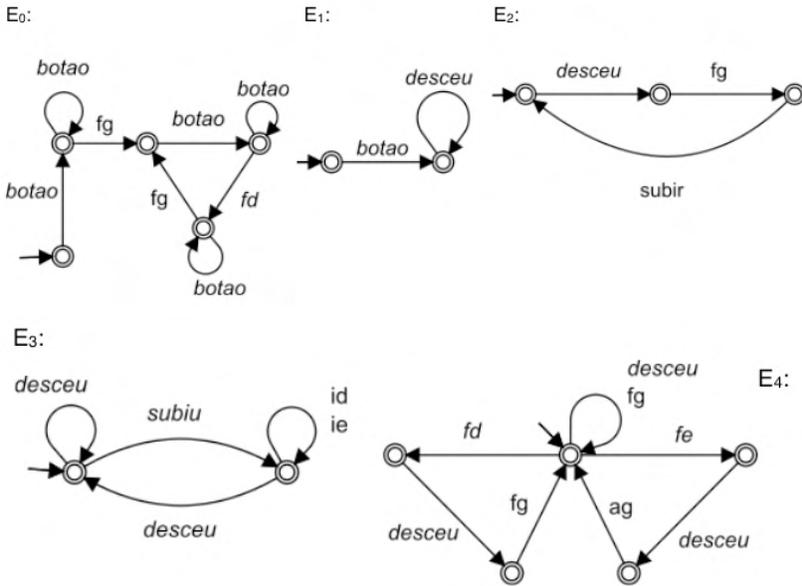


Figura 6: Modelos que representam as linguagens das especificações.

A partir das especificações e dos modelos da planta, é obtido o controle supervisorío monolítico representado na Figura 7.

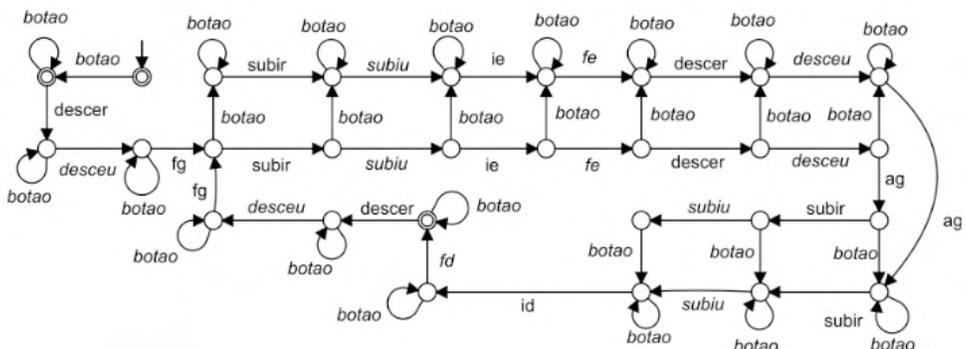


Figura 7: Controle supervisorío monolítico.

A implementação do controle supervísório em CLP pôde então ser feita, utilizando a metodologia desenvolvida por VIEIRA et al. (2017), que apresenta uma maneira sistemática para tradução dos autômatos em linguagem Ladder, explicitando as desabilitações do controle supervísório em cada estado.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou a aplicação da metodologia de ensino PBL e seus resultados em uma disciplina de engenharia. Esta disciplina é dividida em três partes: o ensino de SED, de CLP e um trabalho que tem por propósito a aplicação dos conhecimentos vistos durante a disciplina unindo as duas primeiras partes.

O problema proposto reproduz condições reais de controle de uma planta simulada, construída com base em um dispositivo microcontrolado, através de um CLP que implementa um controlador baseado em SED. Esta abordagem mostrou-se bastante eficaz para a fixação dos conceitos, além de promover a autonomia dos futuros engenheiros para trabalho em equipe e resolução de um problema prático real.

Observa-se, entretanto, que a disciplina apresenta uma carga horária reduzida para o grande conteúdo abordado (CLP e SED). Idealmente, uma carga maior permitiria aprofundamento nos conteúdos ou abordagens utilizadas para a modelagem e controle de sistemas discretos.

REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Ensino de Engenharia, na Busca do seu Aprimoramento.**[S.l.]: Florianópolis, Editora da UFSC., 1997.

BERBEL, N. N. **“problemization” and problem-based learning: different words or different ways?** Interface — Comunicação, Saúde, Educação, v. 2, n. 2, 1998.

BORGES, M. et al. **Aprendizado baseado em problemas. Tópicos fundamentais para a formação e desenvolvimento docente para professores dos cursos da área da saúde.** Capítulo VIII. Medicina. Ribeirão Preto, São Paulo., Jun 2014.

CARDOSO, J.; VALETTE, R. **Redes de Petri.** Editora da UFSC. Florianópolis: [s.n.], 1997. v. 1.

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. **Introduction to Discrete Event Systems.** Secaucus, NJ, USA: Springer-Verlag New York, Inc., 2006.

GEORGINI, J. M. **Automação Aplicada - Descrição e Implementação de Sistemas Sequenciais com PLCs.** São Paulo: [s.n.], 2009. v. 1.

SAVIANI, D. **Escola e democracia.** São Paulo: Cortez, 1991.

SHALYTO, A. **Programmatic implementation of control automata. Automation and remote control series,** n. 13, p. 41–42, 1991.

VIEIRA, A. D.; SANTOS, E. A. P.; QUEIROZ, M. H. de; LEAL, A. B.; PAULA NETO, A. D. de; CURY, J. E. R. **A Method for PLC Implementation of Supervisory Control of Discrete Event Systems**. IEEE Transactions on Control Systems Technology, v. 25, p. 175–191, 2017.

OSTEORRADIONECCROSE MANDIBULAR APÓS IMRT PARA CÂNCER DE CABEÇA E PESCOÇO

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 23/05/2022

Maria Cândida Dourado Pacheco Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Nuclear
Belo Horizonte - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/6406683348815455>

Danilo Viegas da Costa

Pontifícia Universidade Católica de Minas
Gerais, Programa de Pós-graduação em
Odontologia
Belo Horizonte - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7600022643621469>

Cao Fernando Teixeira Portela

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Nuclear
Belo Horizonte - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/4759264102395816>

Tarcísio Passos Ribeiro Campos

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Nuclear
Belo Horizonte - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/2004647037137301>

Arno Heeren de Oliveira

Universidade Federal de Minas Gerais,
Departamento de Engenharia Nuclear
Belo Horizonte - Minas Gerais
<http://lattes.cnpq.br/7257092578585046>

RESUMO: A radioterapia (TR) desempenha um papel importante no tratamento de

pacientes com câncer de cabeça e pescoço (HNC) Efeitos deletérios no tecido saudável no entorno são presentes. Osteorradionecrose (ORN) da mandíbula é uma complicação oral grave devido à toxicidade tardia causada pela irradiação no tecido ósseo, caracterizada pela presença de osso necrosado exposto que não sofre cicatrização espontânea por três meses. O objetivo deste estudo foi avaliar a ocorrência de ORN mandibular em pacientes com HNC submetidos à radioterapia de intensidade modulada (IMRT). A metodologia aplicada envolveu uma pesquisa eletrônica no base de dados MEDLINE durante os últimos cinco anos. Foram identificados 18 documentos científicos relacionados aos seguintes termos MeSH: osteorradionecrose, neoplasias de cabeça e pescoço e radioterapia modulada por intensidade. Com base nesta amostra, após critérios de seleção determinados, seis estudos foram selecionados e revisados, compondo essa análise. Nestes estudos foram pesquisados 3.055 pacientes. Todos os pacientes foram tratados pelas técnicas IMRT ou radioterapia 3D-CRT. ORN mandibular foi registrada em 188 casos (6,15%). Conclui-se que os resultados desse estudo revisional estão de acordo com a tendência a diminuir o risco da ocorrência de ORN após tratamento com as técnicas de radioterapia modernas. O acompanhamento de longo prazo dos pacientes que receberam RT de cabeça e pescoço é essencial para prevenir a ocorrência de ORN.

PALAVRAS-CHAVE: Câncer de cabeça e pescoço. Radioterapia de intensidade modulada. Osteorradionecrose.

MANDIBULAR OSTEORADIONECCROSIS AFTER IMRT FOR HEAD AND NECK CANCER

ABSTRACT: Radiotherapy (RT) plays an important role in the treatment of patients with head and neck cancer (HNC). Deleterious effects in the surrounding health tissue are present. Osteoradionecrosis (ORN) is a serious oral complication in RT due to late toxicity caused by irradiation in bone tissue, characterized by the presence of exposed necrotic bone that does not undergo spontaneous healing for three months. The aim of this study was to evaluate the occurrence of mandibular ORN in patients with HNC undergoing modulated intensity radiotherapy (IMRT). The applied methodology involved an electronic search in the MEDLINE database during the last five years. We identified 18 scientific documents related to the following Terms MeSH: osteoradionecrosis, head and neck neoplasms and intensity modulated radiotherapy. Based on this sample, after selection criteria determined, six studies were selected and reviewed, composing this analysis. A total of 3,055 patients were surveyed. All patients were treated by the techniques: IMRT or 3D-CRT radiotherapy. Mandibular ORN was recorded in 188 cases (6.15%). It is concluded from this analysis there is a tendency to decrease the risk of the occurrence of ORN after treatment with modern radiotherapy techniques. Long-term follow-up of patients receiving head and neck RT is essential to prevent the occurrence of ORN.

KEYWORDS: Head and neck cancer. Modulated intensity radiotherapy. Osteoradionecrosis.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo estimativas GLOBOCAN, a incidência mundial para 2020 é de cerca de 19 milhões de casos de câncer em todo o mundo, com quase 10 milhões de mortes (SUNG *et al.*, 2021). No Brasil, o número de casos novos de câncer da cavidade oral, para cada ano do triênio 2020-2022, será de 11.180 casos em homens e de 4.010 em mulheres. Esses valores correspondem a um risco estimado de 10,69 casos novos a cada 100 mil homens, ocupando a quinta posição. Para as mulheres, corresponde a 3,71 para cada 100 mil mulheres, ocupando a décima terceira posição entre todos os cânceres. O número de casos novos esperados para o câncer da laringe será de 6.470 em homens e de 1.180 em mulheres, o risco estimado será de 6,20 casos novos a cada 100 mil homens e de 1,06 casos novos a cada 100 mil mulheres (INCA, 2019).

Os tratamentos utilizados no combate ao câncer envolvem três modalidades: cirurgia, radioterapia (RT) e quimioterapia, que podem ser administrados de forma exclusiva ou concomitante. A RT é o tratamento do câncer, que utiliza equipamentos e técnicas variadas para irradiar áreas do corpo humano, a duração total e o intervalo entre as frações podem variar de acordo com a técnica utilizada, a finalidade do tratamento e o regime de RT. Como a dose diária varia, de 1,8 a 2Gy/dia para fracionamento convencional e de 2,0 a 4Gy/dia em regime de hipofracionamento, o tempo médio de tratamento é de 4 a 5 semanas, sendo possível utilizar outros regimes de fracionamento (INCA, 2021).

ORN é uma complicação grave que pode acontecer após um paciente ser submetido

à RT para câncer de cabeça e pescoço, caracterizada por necrose do tecido ósseo e falha de cicatrização, o diagnóstico é baseado, principalmente, em sinais clínicos de ulceração da mucosa com exposição de osso necrótico, a maior suscetibilidade da mandíbula foi atribuída ao seu menor suprimento sanguíneo em reação à maxila (CHRCANOVIC *et al.*, 2010).

Dekker *et al.* (2018) fizeram um estudo quantitativo da vascularização da medula óssea em mandíbulas humanas irradiadas. A irradiação diminuiu significativamente o número e densidade dos vasos sanguíneos neste estudo. Em locais com dosagens superiores a 50 Gy e a longo período após a RT, a proporção de vasos de menor calibre diminuiu significativamente. A formação de novos vasos pode ser prejudicada causando uma situação de hipovascularização, mais acentuada na fase posterior a RT. Esses achados são de interesse para a patogênese da osteorradionecrose (ORN) mandibular.

Embora a patogênese dessa condição não seja totalmente compreendida, a teoria mais aceita, na atualidade, é a fibro-atrótica, esquematicamente, três fases clínicas e histopatológicas sucessivas podem ser distinguidas: uma fase inflamatória pré-fibrótica inespecífica, uma fase celular fibrótica constitutiva e uma fase de densificação e remodelação da matriz, podendo terminar em necrose tecidual terminal (DELANIAN; LEFAIX, 2004).

O presente estudo se baseia em uma revisão de literatura para responder à seguinte questão clínica: “Pessoas que fizeram radioterapia para câncer de cabeça e pescoço, utilizando radioterapia de intensidade modulada, são sujeitos a diminuição da incidência de osteorradionecrose mandibular?” Fatores de risco associados ao desenvolvimento da ORN foram analisados a fim de melhorar a capacidade de prevenir os danos ao tecido ósseo causados pela toxicidade tardia da radiação.

2 | METODOLOGIA

Para elaboração deste estudo revisional foi empregado a estratégia PICO (STONE, 2002), que permite estruturar uma pergunta específica com o foco de inclusão apropriado. Os elementos PICO relacionados a esta revisão foram os seguintes: P – População (pacientes submetidos à RT de cabeça e pescoço); I – Intervenção (IMRT); C – Comparador (não aplicado); O – Outcome (osteorradionecrose).

Foi realizada a busca eletrônica, em novembro de 2021, na base de dados MEDLINE (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), sem restrição de idioma, para recuperar os estudos relevantes publicados nos últimos cinco anos.

Os termos MeSH utilizados no construtor de pesquisa avançada Pubmed foram: osteoradionecrosis, head and neck neoplasms e intensity-modulated radiotherapy, cujo detalhamento da estratégia encontra-se no quadro 1.

A seguinte questão norteou o presente estudo: IMRT é efetiva para reduzir osteorradionecrose em pacientes submetidos a radioterapia de cabeça e pescoço, quais

fatores são associados a tal risco?

Foram incluídos estudos observacionais em seres humanos com câncer de cabeça e pescoço submetidos a RT utilizando a IMRT para tratamento primário do tumor. Foram excluídas as revisões, os relatórios, os estudos de caso e os estudos em pacientes recebendo tratamento radioterápico paliativo.

#	Termo MeSH	Consulta	Resultado
#1	Head and neck neoplasms	"head and neck neoplasms"[All Fields]	59.589
#2	Osteoradionecrosis	"osteoradionecrosis"[MeSH Terms] OR "osteoradionecrosis"[All Fields] OR "osteoradionecroses"[All Fields]	2.664
#3	Intensity-modulated radiotherapy	"intensity-modulated radiotherapy"[All Fields]	11.660
#4	#1 and #2	("head and neck neoplasms"[All Fields]) AND ("osteoradionecrosis"[MeSH Terms] OR "osteoradionecrosis"[All Fields] OR "osteoradionecroses"[All Fields])	612
#5	#4 and #5	((("head and neck neoplasms" AND (osteoradionecrosis)) AND ("intensity-modulated radiotherapy") "head and neck neoplasms"[All Fields]) AND ("osteoradionecrosis"[MeSH Terms] OR "osteoradionecrosis"[All Fields] OR "osteoradionecroses"[All Fields]) AND ("intensity-modulated radiotherapy"[All Fields])	39
#6	#5 and filtro in the last 5 years	((("head and neck neoplasms" AND (osteoradionecrosis)) AND ("intensity-modulated radiotherapy") Filters: in the last 5 years ("head and neck neoplasms"[All Fields] AND ("osteoradionecrosis" [MeSH Terms] OR "osteoradionecrosis"[All Fields] OR "osteoradionecroses"[All Fields]) AND "intensity-modulated radiotherapy"[All Fields]) AND (y_5[Filter])	18

QUADRO 1 – DETALHAMENTO DA PESQUISA.

Fonte: Pubmed (2021).

O processo de seleção dos estudos foi realizado por um revisor, após a aplicação das estratégias de busca, dezoito documentos científicos recuperados foram analisados na íntegra de acordo com os critérios de elegibilidade, uma amostra final de seis artigos foi selecionada. Doze estudos foram excluídos devido aos seguintes fatores: estudo revisional (n = 3); relatórios (n = 1); relatos de caso (n = 1); avaliação de fluxo salivar (n = 1); avaliação de status odontológico (n = 2); tratamento alternativo (n = 2) e avaliação de danos vasculares (n = 2).

Em cada um dos estudos incluídos, os seguintes dados foram extraídos e dispostos de forma comparativa: (1) autor / ano de publicação; (2) número de participantes; (3) pacientes que desenvolveram ORN (n, %); (4) tempo de duração da pesquisa; (5) técnica e dose de radiação utilizada, conforme disposto na tabela 1.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os seis estudos selecionados, de acordo com os critérios de inclusão e exclusão pré-determinados, são retrospectivos. O número total de participantes avaliados foi de 3.055 pacientes. Cento e oitenta e oito pacientes desenvolveram osteorradionecrose (6,15%). Em relação ao gênero, considerando o total de participantes, o estudo de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) não forneceu dados para esta análise. Assim, nos demais estudos incluídos, foram avaliados 1.831 (80%) participantes do gênero masculino e 368 (20%) do gênero feminino. Por outro lado, considerando o gênero para os pacientes que desenvolveram ORN, dois estudos, Willaert *et al.* (2019) e Hosni *et al.* (2021) não forneceram dados necessários para tal análise, entretanto nos demais estudos incluídos nessa pesquisa, dos 160 pacientes que desenvolveram osteorradionecrose, 126 (78,75%) pertencem ao gênero masculino. A idade dos pacientes dos estudos identificados variou de 16 a 93 anos.

Autor/ ano de publicação	Número de participantes	ORN* (n; %)	Duração	Técnica /dose (Gy)
Schweyen <i>et al.</i> (2017)	776	51; 6,6	2003 a 2013	3D-CRT ou IMRT / 64 a 70
Aarup-Kristensen <i>et al.</i> (2019)	1.224	56; 4,6	2007 a 2015	3D-CRT ou IMRT / 66 a 68
Willaert <i>et al.</i> (2019)	238	22; 9,2	2003 a 2010	3D-CRT ou IMRT / 50 a 72
Hosni <i>et al.</i> (2021)	108	6; 6	2005 a 2014	IMRT / 60 a 70
Kubota <i>et al.</i> (2021)	616	46; 7,5	2008 a 2018	3D-CRT ou IMRT / 50 a 70
Rosenfeld <i>et al.</i> (2021)	93	7; 7,52	2013 a 2016	IMRT / 40,3 a 101,9

Tabela 1 - Dados dos estudos incluídos

Fonte: Schweyen *et al.* (2017), Kristensen *et al.* (2019), Willaert *et al.* (2019), Hosni *et al.* (2021), Kubota *et al.* (2021), Rosenfeld *et al.* (2021).

Em Schweyen *et al.* (2017) o impacto do tratamento odontológico no desenvolvimento de ORN mandibular foi analisado. Este estudo, incluiu 776 pacientes submetidos à altas doses de 3D-CRT ou IMRT para HNC no Departamento de Radioterapia do Hospital Universitário de Halle, Alemanha. Entre os estudos selecionados, Aarup-Kristensen *et al.* (2019) foi o único caso-controle, este estudo teve como objetivo determinar a incidência de ORN mandibular após RT, possíveis fatores de risco e efeito dose-volume mandibular. Para tanto, foram incluídos 1.224 pacientes com HNC tratados com 66-68 Gy no Odense University Hospital, Dinamarca. Em outro estudo, Willaert *et al.* (2019) analisaram o impacto de diferentes técnicas de radiação no risco de ORN mandibular em pacientes com carcinoma de células escamosas de cabeça e pescoço tratados com IMRT ou 3D-CTR. Em

Hosni *et al.* (2021) foram analisadas as taxas de controle à distância locais e regionais de 5 anos, a sobrevida livre de doença, a sobrevida geral e específica do câncer e a toxicidade tardia em 108 pacientes com câncer de células escamosas da cavidade oral, tratados com RT / quimiorradioterapia concomitante primária por meio de IMRT. Hosni *et al.* (2021) foi o único estudo que não avaliou fatores relacionados a incidência de ORN, os dados foram coletados de pacientes tratados no Princess Margaret Cancer Centre, Universidade de Toronto, Canadá. O estudo de Kubota *et al.* (2021) avaliou os fatores associados à ORN mandibular em pacientes com carcinoma espinocelular de cabeça e pescoço tratados com 3D-CRT ou IMRT, no Kobe University Hospital, Kobe, Hyogo, Japão. O estudo de Rosenfeld *et al.* (2021) registrou o menor tempo de seguimento entre os estudos selecionados, entre os anos de 2013 a 2016, e também o menor número de participantes, n = 93. O objetivo do estudo de Rosenfeld *et al.* (2021) foi determinar a contribuição de fatores coexistentes para o risco de desenvolver ORN maxilar entre pacientes que receberam IMRT para HNC, sendo conduzido no Centro Davidoff para Pesquisa e Tratamento do Câncer no Rabin Medical Center - Beilinson Hospital, Petah-Tikva, Israel.

Todos os estudos relataram acompanhamento de rotina para permitir registro adequado das complicações tardias do tratamento radioterápico, exceto o estudo de Rosenfeld *et al.* (2021). No estudo de Schweyen *et al.* (2017) antes da RT, os pacientes foram encaminhados ao Departamento de Medicina Dental, Oral e Maxilofacial (Martin Luther University Halle-Wittenberg, Germany) para controle de focos infecciosos seguindo as recomendações da Sociedade Alemã de Ciências Odontológicas, Orais e Crânio-mandibulares para o tratamento odontológico de pacientes com câncer de cabeça e pescoço submetidos a RT. Durante a RT a cavidade oral foi inspecionada semanalmente por um oncologista de radiação. As instruções de higiene oral eram reforçadas. Após a RT os pacientes receberam limpeza profissional trimestralmente. No estudo de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) os pacientes foram encaminhados ao Departamento de Cirurgia Bucomaxilofacial antes do início da RT. As diretrizes para tratamento dentário seguiram as diretrizes dinamarquesas. Durante a RT, os pacientes foram acompanhados semanalmente no Departamento de Cirurgia Bucomaxilofacial com orientação e tratamento profilático odontológico adequado. Após a RT foi realizado acompanhamento odontológico a cada três meses por dois anos, depois a cada seis meses até cinco anos. No estudo de Willaert *et al.* (2019) antes da RT os pacientes foram submetidos a avaliação odontológica, aqueles com a saúde bucal debilitada foram encaminhados a clínica odontológica do hospital para reabilitação oral, melhoria da higiene oral e planejamento das extrações dentárias, quando necessário. Após o tratamento com radiação os pacientes foram inscritos em um programa de acompanhamento multidisciplinar com visitas regulares. Na pesquisa de Hosni *et al.* (2021) os pacientes foram atendidos em clínica multidisciplinar de cabeça e pescoço a cada 3 meses nos 2 anos iniciais, a cada 4-6 meses durante o 3º, 4º e 5º ano e, em seguida, a cada 12 meses. No estudo de Kubota *et al.* (2021) para higiene bucal e avaliação

odontológica, os pacientes foram geralmente acompanhados em 3 e 6 meses e 1, 1,5 e 2 anos após a conclusão do RT no Departamento de Cirurgia Bucomaxilofacial do hospital.

Em Schweyen *et al.* (2017) ORN foi definida como um efeito adverso da irradiação terapêutica de tumores da região de cabeça e pescoço. O diagnóstico e tratamento da ORN foi conduzido por um especialista em cirurgia oral e maxilofacial da University Clinic Halle. O estágio ORN avançado foi classificado como grau 3, 4 ou 5 de acordo com a classificação do Grupo de Oncologia de Radioterapia / Organização Europeia para Pesquisa e Tratamento do Câncer ou como grau 3 ou 4 de acordo com a escala SOMA (subjetivo, objetivo, manejo médico, avaliação analítica).

Em Aarup-Kristensen *et al.* (2019) a avaliação de ORN foi conduzida por um cirurgião bucomaxilofacial. Os registros são baseados por meio do código de diagnóstico do hospital local, que categoriza ORN como um evento binário independentemente da sua extensão. Neste estudo, Aarup-Kristensen *et al.* (2019) considerou que a definição mais aceita para ORN é osso exposto após RT que não cicatriza em um período de três meses sem evidência de tumor persistente ou recorrente. Em Willaert *et al.* (2019) ORN foi definida como exposição do osso por mais de 3 meses ou evidência radiológica sem rompimento da mucosa oral ou pele. As lesões ORN foram classificadas de acordo com os critérios de Terminologia Comum para Eventos Adversos v4.0 (CTCAE).

Em Kubota *et al.* (2021) ORN mandibular foi definido como uma área de osso necrótico clinicamente exposta, por um período de 3 meses, que estava presente nos campos de radiação, e / ou necessitou de tratamento com intervenção cirúrgica ou oxigenoterapia hiperbárica (HBO), sem evidência de recorrência do tumor, e também, como um subconjunto de ORN mandibular que se apresenta com mucosa clinicamente intacta, juntamente com evidências radiográficas, incluindo evidências derivadas de TC. Em Rosenfeld *et al.* (2021) ORN foi definida como sendo uma toxicidade de radiação tardia caracterizada pela ulceração do tecido mole e exposição de osso necrótico que não sofre cura espontânea. Nenhuma classificação para ORN foi declarada por Rosenfeld *et al.* (2021). Em Hosni *et al.* (2021) as lesões ORN foram classificadas de acordo com os critérios de CTCAE, os resultados de toxicidade tardia por RT foram coletados prospectivamente no ponto de atendimento. Nenhuma definição para ORN foi declarada por Hosni *et al.* (2021).

A localização do tumor primário na cavidade oral ou orofaringe é considerado um fator de risco para o desenvolvimento de ORN mandibular, pois representa a localização anatômica no campo de irradiação. Os estudos de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) e Hosni *et al.* (2021) não consideraram a localização do tumor, porém a maioria dos estudos encontraram diferença significativa. No estudo de Schweyen *et al.* (2017) o risco de desenvolver ORN foi observado em pacientes que tinham um tumor na cavidade oral (HR = 4,84; IC 95% 1,37–17,11). Kubota *et al.*, (2021) mostraram em análise multivariada que ocorrência de ORN foi mais frequente em pacientes com tumor na cavidade oral ou orofaringe (HR = 3,577; IC 95% 1,443–8.866, p = 0,0059). Willaert *et al.* (2019) mostrou

evidência de um maior risco de ORN para pacientes com tumor na cavidade oral / orofaringe em comparação com nasofaringe / laringe (HR = 5,20; IC 95% 1,207–22,435; $p = 0,0269$). Rosenfeld *et al.* (2021) consideraram o local do tumor altamente significativo ($p = 0,006$) para o risco de desenvolver ORN, 50% dos pacientes ORN⁺ tinham o tumor localizado na mandíbula.

Procedimentos odontológicos no pré e pós-irradiação são constantemente relatados como fatores associados à ocorrência da ORN. No estudo de Schweyen *et al.* (2017) o risco de desenvolver ORN foi observado em pacientes que se submeteram a cirurgia óssea primária durante a remoção do tumor (HR = 5,58; IC 95% 2,91–10,7). O estudo de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) mostrou na análise univariável que cirurgia mandibular ou extração dentária pré-radioterapia (HR = 2,76; 1,48-5,14, $p = 0,001$) foram significativamente correlacionados com o desenvolvimento de ORN. Kubota *et al.* (2021) mostraram na análise univariada que cirurgia de mandíbula pré radioterapia foi um fator de risco associado a ORN (HR = 3,053; 1,356-6,875, $p = 0,0070$), porém na análise multivariada não houve diferença significativa. Além disso, na análise univariável pacientes com extração dentária pós-RT mostraram associação significativa com o risco de desenvolver ORN (HR = 2,630; IC 95% 1,350–5,125; $p = 0,0045$), mas em análise multivariada essa diferença não permaneceu significativa. Pacientes com extração dentária pré-RT e cirurgia pré-RT, no estudo de Kubota *et al.* (2021) não mostrou diferença significativa entre os grupos. No estudo de Willaert *et al.* (2019) pacientes com triagem odontológica intra-hospitalar ($p = 0,0226$) e pacientes com extração dentária pós-RT (HR 3,599; IC 95% 1,506–8,603; $p = 0,004$) mostraram um risco maior de desenvolver ORN, entretanto exodontia pré-RT não foi associado significativamente com o risco de desenvolver ORN (HR = 2,012; IC 95% 0,819–4,939; $p = 0,1272$).

Exodontias são frequentemente consideradas no planejamento odontológico de pacientes com câncer de cabeça e pescoço antes da radioterapia para evitar complicações dentárias e ORN. No estudo de Schweyen *et al.* (2017) a condição dentária dos pacientes antes e após a RT não diferiu estatisticamente entre os grupos ORN⁻ e ORN⁺ (HR = 1,18; IC 0,66-2,13; $p = 0,58$). Os autores consideraram que um esquema de tratamento odontológico consequente não reduziu significativamente a ocorrência de ORN, entretanto reduziu significativamente o número de pacientes dentados e parcialmente dentados. Com base nos resultados deste estudo, os autores questionam se um esquema de tratamento odontológico mais moderado não será mais aconselhável aos pacientes com risco moderado de desenvolver ORN. Em Willaert *et al.* (2019) paciente edêntulo não foi significativamente associado ao risco de desenvolver ORN ($p = 0,246$).

Através das modernas técnicas de RT, grande parte dos ossos da face podem ser poupados, conseqüentemente o risco de ORN mandibular tende a diminuir. Quando comparado o grupo tratado com 3D-CRT e o grupo tratado com IMRT, o estudo de Willaert *et al.* (2019) encontrou diferenças estatísticas significativas em quatro fatores de risco para

ORN: local do tumor ($p = 0,034$), triagem odontológica intra hospitalar ($p = 0,004$), estado edêntulo ($p = 0,002$) e idade ($p = 0,013$). Sem contar as diferenças entre os grupos, os pacientes que receberam 3D-CRT tenderam a aumentar o risco de desenvolver ORN em comparação com o grupo de pacientes tratados com IMRT (HR = 3,01; IC 95%, 1,00-9,05; $p = 0,05$). Entretanto, após as correções das diferenças dos grupos nenhuma diferença estatisticamente significativa no risco foi observada (HR = 1,685; IC 0,540-5,263; $p = 0,3691$). O estudo de Kubota *et al.* (2021) não mostrou diferença significativa entre o risco de desenvolver ORN e o tipo de técnica RT utilizada (3D-CRT vs. IMRT) ($p = 0,7789$).

Avaliações dosimétricas da mandíbula, na era IMRT para tratamento de HNC, são consideradas em vários estudos. Em Aarup-Kristensen *et al.* (2019) o grupo de pacientes com ORN resultou em níveis de dose mais elevados para volumes mandibulares em comparação com o grupo controle, diferenças estatisticamente significativas foram observadas para as doses médias entre 30 Gy a 60 Gy. Kubota *et al.* (2021) também observaram diferenças estatisticamente significativa entre pacientes com e sem ORN mandibular no V30 a V70 (volume relativo de mandíbula exposta para 30 a 70 Gy) e V60 superior a 14% representou um risco significativamente aumentado de desenvolver ORN como parâmetro dosimétrico nos modelos multivariados ($p = 0,0065$). No estudo de Rosenfeld *et al.* (2021) doses médias e máximas de radiação foram analisadas para o risco de desenvolver ORN e não houve diferença estatisticamente significativa.

Idade e gênero do paciente no desenvolvimento de ORN foi avaliado em três estudos. No estudo de Schweyen *et al.* (2017) o gênero do paciente não diferiu estatisticamente entre os grupos ORN⁻ e ORN⁺ ($p = 0,80$). Willaert *et al.* (2019) o risco de ORN aumentou com idade (idade +1 ano, HR = 0,95; IC 95% 0,91-1,00; $p = 0,049$), entretanto, o gênero do paciente não diferiu significativamente (0,4987). Kubota *et al.* (2021) assim como Rosenfeld *et al.* (2021) não encontraram correlação entre idade ou sexo e o risco aumentado para desenvolver ORN.

O tabagismo contínuo e o consumo de álcool foram associados com ORN. O estudo de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) mostrou na análise univariável que tabagismo (HR = 1,69; IC 1,14-12,5; $p = 0,009$) foi significativamente correlacionado ao risco de desenvolver ORN. No estudo de Rosenfeld *et al.* (2021) tabagismo foi analisado para o risco de desenvolver ORN e não houve diferença estatisticamente significativa ($p = 0,828$). Willaert *et al.* (2019) pacientes com uso contínuo de álcool (HR = 4,30; 95% CI 1,00–18,41; $p = 0,049$) foram significativamente maiores para o risco de desenvolver ORN, embora, pacientes fumantes não foram significativamente associados ao risco de desenvolver ORN (HR = 1,744; 95% CI 0,407–7,468; $p = 0,4533$). Em Kubota *et al.* (2021) não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos na análise univariada para o risco de desenvolver ORN na mandíbula para histórico de tabagismo e ingestão de álcool ($p = 0,3336$ e 0,9178), respectivamente.

A quimioterapia concomitante a RT oferece melhoria no controle local e sobrevida

geral, contudo não está claro se quimioterapia concomitante aumenta o risco de desenvolver ORN. Apenas um estudo, Kubota *et al.* (2021) mostrou diferença significativa marginal entre o risco de desenvolver ORN e o uso de quimioterapia concomitante ($p = 0,051$). No estudo de Schweyen *et al.* (2017) e Willaert *et al.* (2019) quimioterapia concomitante não diferiu estatisticamente entre os grupos ORN⁻ e ORN⁺ (HR = 1,18; IC 0,66-2,13; $p = 0,58$) e (HR = 0,585; IC 0,213-1,605; $p = 0,2983$), respectivamente. O estudo de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) mostrou na análise univariável que cisplatina (HR = 0,97; IC 0,53-1,75; $p = 0,91$) não foi significativamente associada ao risco de desenvolver ORN.

O estágio do tumor não foi significativamente associado ao risco de desenvolver ORN nos estudos de: Aarup-Kristensen *et al.* (2019), Willaert *et al.* (2019), Kubota *et al.* (2021) e Rosenfeld *et al.* (2021), (HR = 1,12; IC 0,87-1,45; $p = 0,37$), (HR = 0,898; IC 0,366-2,206; $p = 0,8149$), (HR = 0,937; IC 0,497-1,768; $p = 0,8410$) e ($p = 0,633$), respectivamente.

Rosenfeld *et al.* (2021) avaliaram o estado diabético e a pontuação ASA dos pacientes. A diferença entre grupos ORN⁻ e ORN⁺ não foi estatisticamente significativa, ($p = 0,43$ e $p = 0,48$), respectivamente.

Nos seis estudos incluídos, os autores declararam que não houve conflito de interesse nas pesquisas. Apenas em um estudo, os autores declararam recebimento de financiamento através de bolsa de estudo, Aarup-Kristensen *et al.* (2019). Os seis estudos incluídos relataram aprovação dos protocolos de pesquisa pelo comitê de ética local. No estudo de Aarup-Kristensen *et al.* (2019) a permissão para registrar e manipular dados foi concedida pela Agência de Proteção de Dados Dinamarquesa e pela Autoridade Dinamarquesa para a Segurança do Paciente. Dois estudos, Schweyen *et al.* (2017) e Willaert *et al.* (2019) declararam que os estudos foram conduzidos de acordo com a Declaração de Helsinque sobre Princípios Éticos para Pesquisa Médica. Os dados para as análises do estudo de Hosni *et al.* (2021) foram fornecidos pela própria instituição, que mantém atualizado sistema prospectivo no ponto de atendimento. No estudo de Kubota *et al.* (2021) os pacientes tratados consentiram com o uso anônimo de seus dados para fins de pesquisa. Nos estudos de Schweyen *et al.* (2017) e Rosenfeld *et al.* (2021) o consentimento do paciente foi dispensado devido à natureza retrospectiva do estudo, desde que todas as informações pessoais sejam totalmente anônimas. No estudo de Willaert *et al.* (2019) o consentimento do paciente não foi requerido.

4 | CONCLUSÃO

ORN da mandíbula é uma complicação oral grave para pacientes com câncer de cabeça e pescoço submetidos a RT. O fator de risco para o desenvolvimento do ORN está relacionado principalmente à localização do tumor. Os resultados deste estudo revisional estão de acordo com a tendência de diminuir o risco de ORN após tratamento com técnicas modernas de RT. O acompanhamento de longo prazo de pacientes que recebem RT cabeça

e pescoço é essencial para prevenir a ocorrência de ORN.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior - Brasil (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) pela ajuda.

REFERÊNCIAS

AARUP-KRISTENSEN, S. *et al.* Osteoradionecrosis of the mandible after radiotherapy for head and neck cancer: risk factors and dose-volume correlations. **Acta Oncol**, v.58, n.10, p. 1373-1377, Oct 2019.

CHRCANOVIC, B.R.; REHER, PR.; SOUZA, A.A.; HARRIS, M. Osteoradionecrosis of the jaws – a current overview – part 1. **Oral Maxillofacial Surg**, v. 14, n.1 p. 316, 2010.

DEKKER, H. *et al.* The irradiated human mandible: A quantitative study on bone vascularity. **Oral Oncology**, v. 87, p. 126-130, 2018.

DELANIAN, S.; LEFAIX, J.L. The radiation-induced fibroatrophic process: therapeutic perspective via the antioxidant pathway. **Radiotherapy and Oncology**, v. 73, n. 2, p. 119-31, 2004.

HOSNI, A. *et al.* Non-operative management for oral cavity carcinoma: Definitive radiation therapy as a potential alternative treatment approach. **Radiother Oncol**, v. 15, p. 70-75, Jan 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Estimativa / 2020 Incidência de câncer no Brasil**. Rio de Janeiro: INCA; 2019. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/estimativa-2020-incidencia-de-cancer-no-brasil>. Acesso em: 06 de julho de 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER. **Manual de bases técnicas da oncologia – SAI/SUS**. Brasília: MS. SAS/DRAC/CGSI, 2021. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/manuais/manual-de-bases-tecnicas-da-oncologia-sia-sus>. Acesso em: 23 de maio de 2022.

KUBOTA, H. *et al.* Risk factors for osteoradionecrosis of the jaw in patients with head and neck squamous cellcarcinoma. **Radiat Oncol**, v. 16, n. 1, p. 1, Jan 2021.

PUBMED. **History and search details**. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>. Acesso em: 12 de novembro de 2021.

ROSENFELD, E. *et al.* Is the Risk to Develop Osteoradionecrosis of the Jaws Following IMRT for Head and Neck Cancer Related to Co-Factors? **Medicina**, v. 57, n. 5, p. 468, May 2021.

SCHWEYEN, R. *et al.* The influence of dental treatment on the development of osteoradionecrosis after radiotherapy by modern irradiation techniques. **Clin Oral Investig**, v. 21, n.8, p. 2499-2508, Nov 2017.

STONE, P. Popping the (PICO) question in research and evidence-based practice. **Nurs Res**, v. 15, n. 3, p. 197-198, 2002.

SUNG, H. *et al.* Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, v. 71, edição 3, p. 209-249, 2021.

WILLAERT, R. *et al.* Does intensity-modulated radiation therapy lower the risk of osteoradionecrosis of the jaw? A long-term comparative analysis. **Int J Oral Maxillofac Surg**, v. 48, n. 11, p. 1387-1393, Nov 2019.

CAPÍTULO 14

ANÁLISE PARA ATENUAÇÃO DE RISCOS DE CHOQUE ELÉTRICO E INCÊNDIOS EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM MORADIAS DE BAIXA RENDA EM CIDADE UNIVERSITÁRIA

Data de aceite: 04/07/2022

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Marta Rúbia Pereira dos Santos

ETEC – Jacinto Ferreira de Sá
Ourinhos – SP
<http://lattes.cnpq.br/3003910168580444>

Fábio Rodrigo Milanez

Faculdade da Indústria SENAI Londrina
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

Wagner Fontes Godoy

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/7337482631688459>

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/0838678901162377>

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/8619727190271505>

Carlos Alberto Paschoalino

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

Francisco de Assis Scannavino Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/4513330681918118>

Vicente de Lima Gongora

Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/6784595388183195>

Lucas Botoni de Souza

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5938489268359300>

Michele Eliza Casagrande Rocha

Universidade Norte do Paraná -Unopar
Engenheira projetista elétrica
Londrina-Pr
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

José Augusto Fabri

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Informática
(DAINF) - UTFPR
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1834856723867705>

RESUMO: O conceito de responsabilidade social na engenharia é a obrigação de seus profissionais avaliarem o impacto de seu trabalho no bem-estar público. Apesar de ser um conteúdo apresentado em sala de aula, os alunos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Cornélio Procópio (UTFPR-CP) não têm contato com situações do mundo real de risco de choque elétrico e incêndios causados por instalações elétricas inadequadas. Para atenuar esse déficit, foi criado o projeto de extensão de graduação “Análise e Correção de Instalações Elétricas em Habitações de Baixa Renda na cidade de Cornélio Procópio” na UTFPR-CP. Este trabalho tem como foco a inspeção das condições de segurança de instalações elétricas e ações corretivas em habitações de baixa renda em Cornélio Procópio, Brasil. A inspiração é a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), na qual os alunos são inseridos em ambientes do mundo real para apontar e analisar problemas de instalações elétricas. No projeto, um grupo de alunos e um professor supervisor inspecionam as situações de risco de acordo com uma árvore de decisão e reparam as instalações elétricas nas habitações visitadas. Ao final, os alunos responderam a um formulário qualitativo que verificou o impacto do projeto no aprendizado e nas habilidades práticas e na consciência da responsabilidade social como engenheiros. Além disso, verificou-se que os reparos melhoraram a qualidade de vida dos moradores. Finalmente, trabalhos futuros quantitativos são abordados.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia Elétrica, Aprendizagem Baseada em Projetos, Responsabilidade Social, Atenuação de Riscos.

ANALYSIS FOR MITIGATION OF RISKS OF ELECTRIC SHOCK AND FIRE IN ELECTRICAL INSTALLATIONS IN LOW-INCOME HOUSING IN UNIVERSITY CITY

ABSTRACT: The concept of social responsibility in engineering is the obligation of its professionals to assess the impact of their work on public welfare. Despite being content presented in the classroom, students at the Federal Technological University of Paraná – Cornélio Procópio (UTFPR-CP) have no contact with real-world situations of risk of electric shock and fires caused by inadequate electrical installations. To alleviate this deficit, the graduation extension project “Analysis and Correction of Electrical Installations in Low-Income Housing in the city of Cornélio Procópio” was created at UTFPR-CP. This work focuses on the inspection of the safety conditions of electrical installations and corrective actions in low-income housing in Cornélio Procópio, Brazil. The inspiration is Project Based Learning (PBL), in which students are inserted in real-world environments to point out and analyze electrical installation problems. In the project, a group of students and a supervising teacher inspect the risky situations according to a decision tree and repair the electrical installations in the houses visited. At the end, students answered a qualitative form that verified the project’s impact on learning and practical skills and awareness of social responsibility as engineers. Furthermore, it was found that the repairs improved the residents’ quality of life. Finally, future quantitative work is addressed.

KEYWORDS: Electrical Engineering, Project-based Learning, Social Responsibility, Risk Attenuation.

1 | INTRODUÇÃO

As condições de vida e moradia de uma grande quantidade de pessoas no Brasil é um tema que demanda atenção. O direito humano à moradia é um dos direitos sociais assegurado constitucionalmente, no artigo 6º da Constituição Federal. Além disso, deve-se considerar a responsabilidade social do engenheiro ser crucial é crucial para o desenvolvimento sustentável e a prevenção de acidentes ambientais que causam danos à natureza e até matam, dependendo do caso, seres humanos.

A Figura 1 mostra a realidade da população brasileira em termos de renda. Nela, o pico ocorreu em 2014 seguido por uma tendência negativa até 2020. Uma melhoria ocorre apenas em 2021, em especial após o período mais crítico da pandemia no país. Com uma renda mais baixa diversos fatores diminuem a qualidade de vida dessa população. Neste contexto, 6,5 milhões de brasileiros não possuem acesso a uma moradia digna, muitas vezes sem saneamento básico e com acesso ilegal à energia elétrica. Uma análise estatística acurada da renda no Brasil é apresentada em Neri (2018).

A piora nas condições de vida da população brasileira, principalmente como visto na Figura 1, é uma das motivações do presente trabalho, que objetiva uma análise dos riscos de incêndio e choque devido à baixa qualidade das moradias.

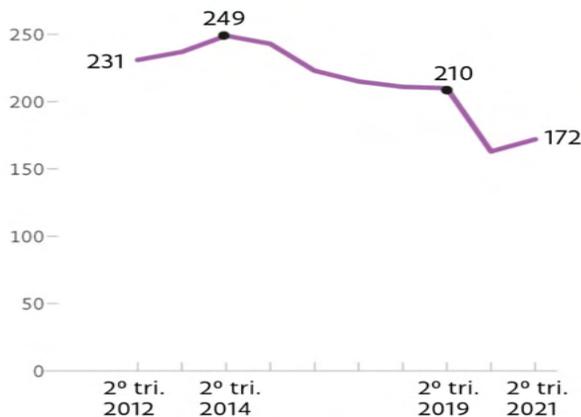


Figura 1 – Renda da população brasileira

A eletricidade é na atualidade um bem indissociável da sociedade, na qual seu acesso é visto como qualidade de vida. Entretanto, mesmo inerente aos modos de vida da sociedade, nem sempre tal acesso se dá de maneira organizada e segura para toda população, principalmente em regiões carentes: tanto das grandes cidades como no campo. É possível afirmar que, dentre este grupo citado, boa parte das instalações são executas pelos próprios cidadãos de maneira não organizada e pautado em normas de segurança. Desta forma, os cidadãos ficam submetidos a situações de risco, expondo-se a acidentes.

Nesse contexto, noções de segurança são importantes para que pessoas em condições de vulnerabilidade social não sejam expostas ao acesso precário à energia elétrica. Assim, para evitar riscos de incêndio e choques elétricos, um ambiente seguro deve obedecer às regulamentações de circuitos elétricos, como a NBR-5410 e a NR-10 (ABNT, 2008; MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2016).

Entretanto, na execução do trabalho, as condições eram tão precárias que as normas foram aplicadas para orientações das ações a serem tomadas. Nesse sentido a prefeitura da cidade foi notificada da situação para uma ação de construção de casas populares, as quais poder-se-ia aplicar as normas nas suas integralidades. Ressalta que os estudantes por falta de experiência ou prática em instalações reais devem ser assistidos pelo orientador, como por exemplo o trabalho de (JUHANA; PRIHATMANTO, 2020), o qual objetiva atenuar essa real dificuldade de forma simulada.

Conseqüentemente, o choque elétrico pode ser caracterizado como uma perturbação de natureza e efeitos diversos que se manifestam no organismo humano ou animal quando este é percorrido por uma corrente elétrica (KINDERMANN, 2013). Em outras palavras, é o efeito patofisiológico resultante da passagem de uma corrente elétrica, a chamada corrente de choque, através do corpo de uma pessoa ou de um animal (ABNT, 2008). Essa situação, além de poder causar sustos, também pode causar queimaduras, parada cardíaca ou a morte em casos mais graves (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2016).

Durante o período de 2007 a 2011, a *National Fire Protection Association* (NFPA) estimou que um corpo de bombeiros nos EUA respondeu, em média, 3,34 incêndios em escritórios comerciais por ano. Distribuição elétrica e equipamentos de iluminação foi o segundo maior causador de incêndios (12%), acarretando em 15% de danos às propriedades analisadas (CAMPBELL, 2013).

Assim, diversos fatores podem contribuir para a utilização de instalações elétricas precárias, como escassez de recursos, falta de conhecimento de normas técnicas e construção de casas improvisadas em terras expropriadas ou invadidas, sem saneamento básico etc. Desse modo, a necessidade de energia elétrica para iluminação e tarefas de uso diário induzem a prática de instalações que proporcionam risco de vida.

De maneira a ilustrar tal fato, trazemos o incêndio do edifício Joelma (São Paulo, Brasil), ocorrido em 1974, que fora causado por um curto circuito elétrico, devido à má instalação de um ar condicionado, um exemplo de riscos de instalações não padronizadas e supervisionadas (SHARRY, 1974). Recentemente, o edifício Wilton Paes de Almeida, também cidade de São Paulo, alvo de invasões desde a década de 2000, sofreu um incêndio devido à má instalação elétrica, o que causou o colapso do prédio, com mortes e prejuízos para a União (DARLINGTON, 2018).

Com base na problemática apresentada, o objetivo do presente estudo é apresentar o trabalho realizado no projeto de extensão “Análise e Correção de Instalações Elétricas em Habitações de Baixa Renda na cidade de Cornélio Procópio-PR”. Nele, um grupo de quatro

estudantes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-CP), sob a orientação de um professor supervisor, realizaram visitas a cada duas semanas a moradias de baixa renda, durante dois semestres letivos, com aproximadamente dez meses de duração.

A motivação dessa pesquisa consiste em aprimorar e incentivar o ensino de habilidades práticas na UTFPR-CP proporcionando ao estudante uma visão mais ampla dos conceitos científicos aliados à realidade e às problemáticas sociais. Partindo de tal pressuposto, compreende-se que a missão da universidade é a excelência na educação tecnológica por meio de projetos de ensino, pesquisa e extensão. Entretanto, os projetos de extensão que visam a engenharia de responsabilidade social não são facilmente encontrados no ambiente acadêmico da UTFPR-CP.

Devido à dificuldade de quantificar os riscos de choques elétricos e incêndios, as atividades inicialmente foram analisadas qualitativamente. O estudo pautou-se na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), inspirada em técnicas inovadoras de aprendizado em ambientes reais, como em (FONSECA; GÓMEZ, 2017; MARTINEZ-RODRIGO et al., 2017; WELTMAN, 2007).

A estrutura do trabalho é descrita como segue. Na Seção 2 são apresentados os fundamentos teóricos e a metodologia usada no trabalho. A Seção 3 mostra o desenvolvimento do projeto, apresentando também os dados das famílias e das habitações. Na Seção 4 são analisados alguns dos casos encontrados, mostrando os reparos e as considerações sobre as ações tomadas. Finalmente, a Seção 5 conclui o artigo e aborda futuros trabalhos.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção abordará conceitos para a elaboração do projeto de extensão.

2.1 Choques elétricos e acidentes decorrentes

No projeto de extensão, a análise das habitações levou em consideração a ocorrência de choques elétricos e suas consequências nos seres humanos, assim como o possível aumento no risco de incêndios decorrente da instalação incorreta de circuitos elétricos. Entretanto, não é escopo desse trabalho a análise do risco de incêndios, devido à necessidade de consulta de normas locais e do levantamento da carga de incêndio.

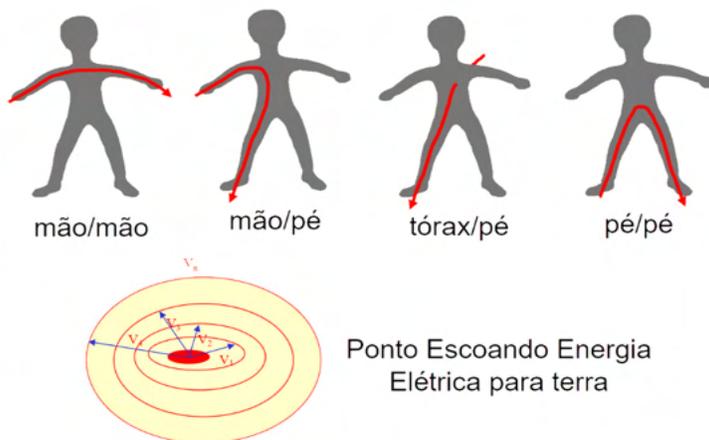


Figura 2 – Percurso da corrente elétrica no corpo humano de acordo com contato

A passagem de corrente elétrica pelo corpo humano o torna parte de um circuito energizado. Os choques elétricos podem causar diversos danos fisiológicos e patológicos ao organismo. Seus efeitos estão relacionados a intensidade da corrente elétrica que circula pelo organismo, o valor da tensão elétrica, a área de contato, a umidade presente na superfície de contato e o percurso da corrente e a resistência elétrica do corpo humano, Figura 2 (DIMOPOULOS et al., 2012).

Do total de acidentes, 822 são casos envolvendo choques elétricos, com 627 fatalidades. Ocorreram 311 acidentes decorrentes de curto-circuito, com alguns casos evoluindo para incêndios, causando 20 mortes. Os acidentes causados por descargas atmosféricas foram 89, com 46 vítimas fatais (ABRACOPEL, 2018).

2.2 Técnicas de aprendizado

Um dos conceitos abordados neste trabalho é a Aprendizagem Ativa (AA), introduzido por R. W. Revans (WELTMAN, 2007). Em suma, a AA é um método de aprendizagem na qual os alunos estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem. Conseqüentemente, o conhecimento adquirido depende do envolvimento do aluno (BONWELL; EISON, 1991). De forma sucinta, a AA é definida por um conjunto de práticas pedagógicas que abordam a questão da aprendizagem do aluno a partir de uma perspectiva diferente das técnicas clássicas de aprendizagem, como aulas expositivas em que aluno é visto como ser passivo no processo de aprendizagem.

No presente trabalho a inspiração principal é a ABP. Nela, a proposta de atividade pedagógica é direcionada pela apresentação de problemas aos alunos, que devem buscar ativamente métodos para sua resolução. Seu uso é particularmente interessante em disciplinas de engenharia e ciências.

Para apresentar em um ambiente real a necessidade de utilizar padrões técnicos

e de segurança, a ABP é utilizada para sugerir e aplicar soluções práticas baseadas em conceitos científicos para atenuar problemas. É importante salientar que as experiências de ensino que levam em conta a realidade multifacetada possuem potencial para contribuírem de maneira efetiva na aprendizagem em diversos níveis e modalidades de ensino. O diferencial de tal prática em relação às metodologias de ensino mais tradicionais refere-se principalmente ao contato direto com o contexto e à forma de abordagem do conteúdo técnico/científico problematizando, levantando hipóteses e soluções colocando o estudante como sujeito de sua própria aprendizagem.

Outro aspecto a ser destacado é o caráter social da aprendizagem. Parte-se do pressuposto que os conteúdos não são neutros e que a sociedade é perpassada por contradições. Nesta perspectiva, a aprendizagem estimula o desenvolvimento do pensamento crítico tendo como ponto de partida a realidade (FELDER; SILVERMAN, 1988).

2.3 Trabalhos correlatos

Na literatura pode-se encontrar trabalhos que apresentam aplicações de metodologias ativas, como AA e ABP. Em (OLEAGORDIA et al., 2014) foram descritos os aspectos de um conjunto de ABP e aprendizagem cooperativa na área do ensino superior na Europa. O uso de metodologias ativas é apresentado em (FONSECA; GÓMEZ, 2017) para o ensino de engenharia de software em engenharia da computação no Chile. Nesse caso, os autores procuraram melhorar as notas dos alunos com a integração dos conteúdos aprendidos com o desenvolvimento de projetos dentro de um contexto industrial.

No Brasil, o uso de metodologias ativas pode ser observado em (GAZZONI; MIYOSHI; DE LIMA, 2017) com o ensino de Cálculo em engenharia. O objetivo do artigo foi inserir conteúdo técnico na rotina dos alunos, facilitando a associação de conceitos com as matérias, permitindo que os alunos façam suas próprias contribuições e alcancem níveis mais altos de compreensão.

Também se pode mencionar (PRASAD; WICKLOW; TRAYNOR, 2018). Esse projeto interdisciplinar utilizou um grupo de estudantes e professores dos departamentos de Ciência da Computação e Biologia para resolver um problema social. Em (FONSECA; GÓMEZ, 2017; GAZZONI; MIYOSHI; DE LIMA, 2017; OLEAGORDIA et al., 2014) os alunos alcançaram melhores notas e apresentando uma ampliação de sua consciência crítica.

3 | DESENVOLVIMENTO

Por meio do ensino dos conceitos da AA e ABP, um grupo de quatro estudantes realizou visitas técnicas periódicas, a cada duas semanas, em quatro habitações na periferia do município de Cornélio Procópio (Paraná, Brasil), investigando a situação dos circuitos elétricos das habitações com o intuito de identificar possíveis riscos em instalações elétricas. Nos casos considerados mais severos, procurou-se atenuar a precariedade segundo os padrões de segurança da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

A priori, as ações foram conduzidas de forma corretiva, visando atenuar a segurança dos moradores, objetivando diminuir o risco de choques elétricos e incêndios. Assim, o professor orientador analisava as propostas de melhorias e correções, concluindo as ações e reparos realizados com o grupo de alunos em reuniões antecedentes as visitas técnicas.

Além disso, uma palestra foi realizada pelo grupo de extensão e apresentada pelo coordenador do projeto, oferecida para toda a universidade. A exigência de participação foi a doação de alimentos.

A ontologia completa das vistas e reparos é composta de quatro etapas, observadas na Tabela 1. Elas sumarizam os principais conceitos abordados. Dessa forma, como metodologia de avaliação e validação do projeto de extensão, assumiu-se que um formulário era capaz de fornecer os dados necessários para a interpretação do impacto do projeto nos alunos.

Etapa	Ação
1	Visita a habitação para verificar os problemas elétricos
2	Verificação das possíveis soluções de acordo com ABNT e ANEEL
3	Definição das ações de reparação total ou parcial dos problemas encontrados
4	Execução das ações em pares, explorando os conceitos de AA e ABP
5	Conscientização dos moradores dos riscos encontrados

Tabela 1 – Ontologia do projeto de extensão

A análise de dados acompanhou a dinâmica e a construção de indicadores qualitativos e quantitativos, que auxiliaram na tomada de decisão e no planejamento estratégico das etapas deste trabalho. A primeira etapa do projeto consistiu em uma análise realizada por professor e alunos dos problemas encontrados através da viabilidade das soluções pelos padrões técnicos.

As correções foram feitas formalmente de acordo com uma árvore de decisão proposta pelo professor supervisor, mostrada na Figura 3. Em suma, uma árvore de decisão consiste em nós (atributos) e folhas (decisões ou ações) ligadas através dos resultados possíveis dos ramos (WANG et al., 2018).

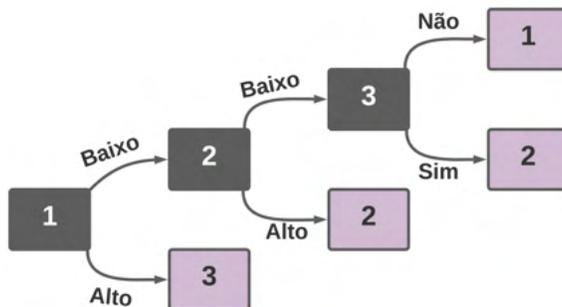


Figura 3 – Árvore de decisão utilizada nas visitas

Neste trabalho, abordaram-se os atributos da precariedade das fiações e equipamentos de iluminação, risco de incêndio (1) e choque elétrico (2), composto pela qualidade do isolamento e quantidade de remendos de fiação. O último atributo é a falta de iluminação adequada (3). Vale ressaltar que o atributo 1 corresponde automaticamente à substituição completa das instalações elétricas. A Tabela 2 mostra um exemplo de conjunto de dados para orientar o processo de tomada de decisão do grupo de alunos.

Id	Atributos			Ação
	1	2	3	
1	baixo	baixo	sim	2
2	baixo	baixo	não	1
3	baixo	alto	sim	2
4	alto	baixo	sim	3
5	alto	alto	não	3

Tabela 2 – Exemplo de conjunto de dados

Os riscos de incêndio e choque elétrico foram divididos em “baixo” e “alto”, e a falta de iluminação adequada é composta de “sim” ou “não”. Assim, as folhas da árvore de decisão são as ações de correção do grupo, descritas a seguir.

- (i) *Aconselhamento*: condições sem riscos alarmantes para os moradores.
- (ii) *Pequenos reparos*: condições com risco iminente de choques elétricos
- (iii) *Substituição total*: condições graves, quando as instalações elétricas podem imediatamente prejudicar várias vidas humanas e causar incêndios.

3.1 Aspectos socioeconômicos

De acordo com os dados coletados a partir da observação e documentação das habitações, verificou-se que nenhuma delas estava dentro dos padrões das normativas utilizadas (NBR-5410 e NR-10). As habitações não possuíam instalação elétrica adequada,

tampouco algum dispositivo de proteção contra descargas elétricas, devido à falta de condições financeiras e/ou técnicas dos moradores. As diretrizes para instalações, cálculo da bitola dos fios, disjuntores, demanda, aterramento, entre outros, foram feitas de acordo com os padrões da ABNT e ANEEL.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições estruturais das habitações analisadas eram precárias, com paredes frágeis que dificultavam a reparação dos componentes elétricos. Consequentemente, foi presenciada grande quantidade de situações de risco iminente de choques elétricos e incêndios. Nesta seção, foram relatadas as principais situações encontradas.



Figura 4 – Interruptor de luz não afixado

Por questões éticas, não serão revelados nomes e nem dados das moradias e sim alguns problemas nevrálgicos nas instalações elétricas. Conforme discutido anteriormente, selecionaram-se quatro habitações pelo projeto de extensão. Neste ponto será mostrado e discutido os casos encontrados, sugerindo as correções e soluções de segurança realizadas pelos alunos. Na Figuras 4 e 5, observa-se os terminais de fiação expostos, causando um risco elevado de choques elétricos, especialmente para crianças.

As Figuras 4 e 5 mostram outras situações de risco. Nestes casos, o grupo de alunos dedicava-se a melhorar os pontos de risco isolando adequadamente os condutores desencapados, fixando-os sempre que possível em tomadas, interruptores e pontos de iluminação. A fiação solta e/ou excedente foi removida ou realocada para minimizar o risco de choque elétrico ou curtos-circuitos. Para uma melhoria do conforto visual, em alguns casos, foram implementados novos pontos de iluminação e realocados os comutadores para outros locais para melhor acesso dos idosos e crianças.



Figura 5 – Fiação exposta, alto número de emendas

Como visto na Figura 5, foi instalado um novo conjunto de interruptor de luz no banheiro. No entanto, as paredes estavam em más condições, impossibilitando a reparação correta e efetiva. A fiação que conectava o interruptor à lâmpada foi substituída, enquanto a fiação derretida do chuveiro foi reparada, removendo as partes danificadas.

A falta de disjuntores e de separação dos circuitos foi observada nas habitações. Foram encontrados disjuntores em apenas duas, quando os padrões indicam um disjuntor por circuito. Além disso, todas as habitações visitadas tinham algum tipo de conserto de fiação inadequada e nenhuma possuía aterramento.

Devido à baixa luminosidade, cuidados adicionais de segurança foram tomados durante as visitas, feitas principalmente ao entardecer, de acordo com a disponibilidade dos alunos. Esse fato foi agravado pela falta de disjuntores, já que induziu o desligamento total para a realização das correções e melhorias.

A estrutura das habitações também caracterizou um obstáculo para a realização do trabalho. Paredes frágeis, acabamentos de má qualidade e falta de tetos impediram a fixação dos elementos em alguns casos.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados pelo trabalho desenvolvido foram promissores e proporcionaram a melhoria nas instalações elétricas das casas abordadas. Ao vivenciarem uma experiência de ensino e aprendizagem de cunho técnico, os alunos também são capazes de uma tomada de consciência acerca do contexto da sociedade que vive abaixo da linha da pobreza, exaltando que problemas de riscos de segurança eram presentes.

Os ganhos visíveis a partir da experiência vão além da apropriação de conteúdos científicos, ao permitirem uma análise da realidade em suas diferentes dimensões. Os estudantes claramente tomaram consciência de que os problemas diagnosticados não se restringem somente aos aspectos técnicos, mas são imbricados na cultura, nas condições

materiais e históricas do grupo analisado.

Finalmente, após as orientações do professor responsável pelo projeto de extensão e os alunos, observaram que as famílias se mostraram cientes acerca dos riscos de acidentes causados pelo uso de energia elétrica. Nos trabalhos futuros ações serão direcionadas nesse sentido, além da busca de empresas que auxiliem na aquisição de dispositivos elétricos, como lâmpadas, interruptores, fios e cabos entre outros necessários para ações de melhorias para atenuação de risco de choques elétricos e até incêndios.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Cornélio Procopio e a todos que apoiaram a realização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR-5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, Brasil: [s.n.].

ABRACOPEL. **Anuário Estatístico Abracopel de Acidentes de Origem Elétrica - Ano Base 2017**. Salto, SP, BR: [s.n.]. Disponível em: <http://www.abrinstal.org.br/docs/abracopel_anuario18.pdf>.

BONWELL, C. C.; EISON, J. A. **Active Learning: Creating Excitement in the Classroom**. 1. ed. Washington, USA: School of Education and Human Development, The George Washington University, 1991.

CAMPBELL, R. **U.S. Structure Fires in Office Properties** National Fire Protection Association - Fire Analysis and Research Division. Quincy, MA, USA: [s.n.].

DARLINGTON, S. **Fire in São Paulo, Brazil, Brings Down a High-Rise Building**. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2018/05/01/world/americas/sao-paulo-brazil-fire-collapse.html>>. Acesso em: 15 abr. 2019.

DIMOPOULOS, A. et al. Probability Surface Distributions for Application in Grounding Safety Assessment. **IEEE Transactions on Power Delivery**, v. 27, n. 4, p. 1928–1936, 2012.

FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. **Engineering education**, v. 78, n. 7, p. 674–681, 1988.

FONSECA, V. M. F.; GÓMEZ, J. Applying Active Methodologies for Teaching Software Engineering in Computer Engineering. **Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje**, v. 12, n. 3, p. 147–155, 2017.

GAZZONI, W. C.; MIYOSHI, J.; DE LIMA, V. D. P. Active Methodologies for Calculus in Engineering Courses (December 2016). **Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje**, v. 12, n. 4, p. 193–198, 2017.

JUHANA, A.; PRIHATMANTO, A. S. Basic Electrical Installation Trainer Boards. n. Icidm, 2020.

KINDERMANN, G. **Choque elétrico - 4ª edição modificada e ampliada**. 4. ed. Florianópolis, SC, Brasil: Do autor/FPOLIS, 2013.

MARTINEZ-RODRIGO, F. et al. Using PBL to Improve Educational Outcomes and Student Satisfaction in the Teaching of DC/DC and DC/AC Converters. **IEEE Transactions on Education**, v. 60, n. 3, p. 1–9, 2017.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Rio de Janeiro, BR: [s.n.]. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>.

NERI, M. **Desigualdade, Democracia e Desenvolvimento**. Disponível em: <https://www.cps.fgv.br/cps/bd/docs/FGV_Social_Desigualdade_Democracia_e_Developolvimento_Marcelo_Neri.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2021.

OLEAGORDIA, I. J. et al. Active methodology applied in engineering by PBL. I-Approach. **Proceedings of XI Tecnologias Aplicadas a la Ensenanza de la Electronica (Technologies Applied to Electronics Teaching), TAAE 2014**, 2014.

PRASAD, R.; WICKLOW, B.; TRAYNOR, C. **Practical Problem-Based Learning: An Interdisciplinary Approach**. 2018 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC). **Anais...**Princeton, NJ, USA: IEEE, 2018

SHARRY, J. A. South America Burning. **Fire Journal**, v. 68, n. 4, p. 23–33, 1974.

WANG, L. et al. Region compatibility based stability assessment for decision trees. **Expert Systems with Applications**, v. 105, p. 112–128, 1 set. 2018.

WELTMAN, D. **A Comparison of Traditional and Active Learning Methods: An Empirical Investigation Utilizing a Linear Mixed Model**. [s.l.] The University of Texas at Arlington, 2007.

CAPÍTULO 15

A RESIDÊNCIA EM SOFTWARE NO BRASIL

Data de aceite: 04/07/2022

Alessandro Silveira Duarte

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Mecânica PPGEM-CP/PG
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/2495821863734479>

José Augusto Fabri

Departamento Acadêmico de Computação
(DACOM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1834856723867705>

Alexandre L'Erario

Departamento Acadêmico de Computação
(DACOM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/7312882427932239>

Rodrigo Henrique Cunha Palácios

Departamento Acadêmico de Computação
(DACOM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/0838678901162377>

José Antonio Gonçalves

Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/2462076923342107>

Marta Rubia Pereira dos Santos

Departamento Matemática Aplicada – (ETEC –
Jacinto de Sá)
Ourinhos - SP
<http://lattes.cnpq.br/3003910168580444>

Márcio Mendonça

Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Departamento de Engenharia Elétrica
(UNOPAR)
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

Emanuel Ignacio Garcia

Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/8501809850590859>

RESUMO: No Brasil, a ideia da residência em software (transposição da residência médica para a produção de software) sofreu uma grande proliferação nos últimos anos. A aplicação dessa residência busca promover a disseminação de conceitos de qualidade, processos de produção e gestão em projetos na área de engenharia de software. O processo de criação de ambientes tende a preparar os residentes interessados se especializar nos conceitos citados. Assim, esse artigo busca responder a duas questões: 1) Existe um processo formalizado para criação de um ambiente de residência em software? 2) A aplicação da residência em software pode trazer resultados positivos para uma empresa que a utiliza? Para tais respostas, apresenta-se um processo para criação de um ambiente e os resultados de uma aplicação.

PALAVRAS-CHAVE: Residência em *software*, Engenharia de *Software*, Requisitos de *Software*.

THE SOFTWARE RESIDENCY IN BRAZIL

ABSTRACT: In Brazil, the idea of software residency (transposition of medical residency for software production) has undergone a great proliferation in recent years. The application of this residence aims to promote the dissemination of quality concepts, production processes and management in projects in the software engineering area. The process of creating environments tends to prepare interested residents to specialize in the concepts cited. Thus, this article seeks to answer two questions: 1) Is there a formalized process for creating a residence environment in software? 2) The application of residence in software can bring positive results for a company that uses it? For such responses, a process for creating an environment and the results of an application are presented.

KEYWORDS: Software Residency, Software Engineering, Software Requirements.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, poucas empresas brasileiras produzem software com padrões de qualidade reconhecidos por algum modelo. Esta afirmação pode ser constatada ao ser analisada a quantidade de empresas certificadas no Modelo Referencial baseado em Maturidade, Capacidade e Integração (CMMI), CMMI-DEV e CMMI-SVC. O Brasil possui 221 empresas certificadas. Para efeitos comparativos, a China possui 3.316, os Estados Unidos da América 2186 e a Índia 959 (CMMI Institute, 2019).

Este fato, aliado a alta carga tributária e a deficiência na formação da mão obra na área de tecnologia da informação, mais precisamente na área de engenharia de software, caracteriza-se como fonte inibidora no processo de expansão externa do Brasil neste setor. Universidade, empresa e governo devem desenvolver mecanismos que alterem este cenário. Assim, com o intuito de minimizar a deficiência na formação da mão de obra para a área de engenharia de software, algumas empresas e universidade criaram a ideia da residência em software (algo semelhante à residência médica) (Fabri, Trindade, & Pessôa, 2008).

A ideia de residência médica foi criada no Brasil pelo decreto número 80.281 de 05 de setembro de 1977, e se caracteriza como uma modalidade de ensino de pós-graduação. Esta pós visa o aperfeiçoamento dos médicos sob a forma de um curso de especialização, na qual este está inserido em uma instituição ligada à área de saúde. Ao concluir o curso, o médico adquire o título de especialista em alguma área da medicina. O tempo de residência médica irá variar de acordo com a especialização. Especialistas em cirurgias ficam 4 anos imersos no ambiente de residência. Já para obter as especialidades de ginecologista, o tempo de residência é de 3 anos. Outras especialidades possuem residência de dois anos. Na medicina o residente vive, na maioria das vezes, em um ambiente hospitalar, situações

reais dentro de seu escopo de conhecimento. Tal experiência é monitorada por um corpo de especialistas (MEC, 2019).

A residência em software tende a tomar mesma linha de raciocínio: proporcionar uma vivência ao aluno de pós-graduação ou ao profissional inserido na indústria, dentro de um ambiente real, que possua políticas de qualidade bem definidas, com o objetivo de promover a disseminação dos conceitos de qualidade, processo de produção e gestão em projetos na área de engenharia de software (Santos & Soares, 2013).

No Brasil, a ideia da residência em software (transposição da residência médica para a produção de software) sofreu uma grande proliferação nos últimos anos. Será que todos os ambientes que surgiram possuem o processo definido e institucionalizado? As políticas de gestão da qualidade e do projeto podem ser caracterizadas dentro dos pressupostos estabelecidos pela teoria de residência?

Para Fabri *et al.* (2010) a residência em software proporciona dentro de um ambiente real de desenvolvimento de software, uma experiência prática aos alunos de graduação, pós-graduação e/ou profissionais inseridos na indústria. Estes ambientes reais são preparados para que os residentes possam se especializar uma determinada área.

Para Sampaio *et al.* (2005) a residência em software como no contexto de residência médica, deve ser desenvolvida em centro de ensino, abordar conhecimentos específicos, conceitos relevantes e apresentar características de ensino formal. O desenvolvimento das práticas previstas nas indústrias de software deve ser o foco da atenção dos tutores, que acompanham os residentes.

Considerando Fabri *et al.* (2010) e Sampaio *et al.* (2005), pode-se dizer que a residência em software tem um paralelismo estreito com a residência médica, pois, ambas têm a mesma finalidade: especializar os alunos/profissionais interessados em uma determinada área.

As referidas residências apresentam semelhanças na forma de execução, por exemplo as das indústrias de software, elas oferecem chamadas de vagas para colaboradores trainee para um período de experiência, estes passam por testes de avaliações antes do ingresso e são acompanhados durante a fase de treinamento pelo(s) tutor(es) até a possível contratação.

Já a residência médica inicia-se quando um edital é lançado. Assim, os médicos interessados, que já concluíram a graduação, se inscrevem na especialidade desejada. Após a validação das inscrições, os interessados passam por avaliações eliminatórias. Quando ou se aprovados recebem acompanhamento de médicos supervisor(es) ou tutor(es) durante todo o tempo da residência, e ao término de 2 ou 3 anos dependendo do tempo da residência escolhida são novamente avaliados. Por fim, os residentes recebem o título de especialista na área escolhida.

Um comparativo entre a residência médica e a residência em software pode ser verificada no Quadro 1.

Medicina	Software
Hospital	Empresas produtoras de software atuando no mercado (o hospital da residência em software)
Residentes (médicos)	Residentes (alunos do último ano de graduação ou profissionais da área de engenharia de software (aluno de pós-graduação))
Pacientes	Clientes/empresas que necessitam de software (o paciente da residência em software)
Médicos/Professores (tutores no ambiente de residência médica)	Engenheiros de Software/Professores (tutores no ambiente de residência em software)
Laboratórios (utilizado para realização de exames e diagnóstico)	Laboratório, Ambiente de produção de software (utilizado para construção do software e gestão do projeto)

Quadro 1: Residência Médica e Residência em Software.

Dentro do contexto apresentado, este trabalho tem dois objetivos: 1º) apresentar por meio de estudo de caso um panorama de residência em software no Brasil; e 2º) relatar a aplicação do conceito de residência em software em uma empresa do setor produtivo.

Para atender os objetivos traçados, o trabalho foi desdobrado em 7 seções. A Seção 2 apresenta os métodos e procedimentos utilizados para mapear os ambientes de residência no Brasil. Os ambientes mapeados por este trabalho são apresentados na Seção 3. A Seção 4 provê subsídios para que as empresas criem programas de residência em software. A Seção 5 propõe a criação de um modelo de residência em software, a partir prerrogativas delineadas na Seção 4. Com isso, a Seção 6 apresenta os resultados obtidos. Por fim, a Seção 7 conclui o texto e endereça trabalhos futuros.

2 | MÉTODOS E PROCEDIMENTOS PARA MAPEAR OS AMBIENTES DE RESIDÊNCIA EM SOFTWARE NO BRASIL

Para retratar os ambientes de residência em software, os autores deste trabalho analisaram, via estudo de caso, alguns ambientes de residência em software implementados no Brasil.

2.1 O estudo de caso

Segundo Yin (2014), o método estudo de caso é aderente às pesquisas cujo objetivo é relatar por meio da observação do ambiente, análise de documentos, de artefatos e fatos históricos como estão estruturados os ambientes econômicos, sociais, educacionais e produtivos. Tendo em vista que um dos objetivos do trabalho é verificar como estão estruturados os ambientes de residência de software implementados no Brasil, a escolha do referido método é justificada.

<p>Tipo: Casos Múltiplos. Justificativa: O trabalho proposto irá realizar estudo de casos múltiplos, pois o mesmo não está sendo desenvolvido sob uma circunstância exclusiva ou o caso não representa um teste crucial à teoria existente.</p>	Etapa 1
<p>Unidades de Análise: Foram analisados ambientes de residência em software espalhados de norte a sul do país. Justificativa: A escolha destes ambientes se baseou nos seguintes critérios: a) Formalização do ambiente de residência e disponibilidade de informações sobre o mesmo. b) Possibilidade de acesso aos residentes. Os autores deste trabalho não possuem autorização para relacionar as informações mapeadas no estudo com os ambientes de residência em software, o trabalho cita (aleatoriamente) apenas os nomes dos ambientes, ou seja, a ordem de mapeamento das informações difere da ordem citação dos ambientes. Ambientes: 1) Programa de Residência da Universidade Federal da Bahia. 2) Centro de Residência do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 3) Residência em Teste de Software do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco. 4) Proposta de Residência Software em um Curso de Pós-Graduação – Faculdade de Tecnologia de Ourinhos. 5) Programa de Residência em Software da Fundação Educacional do Município de Assis. 6) Programa de Residência em Software do Centro de Análise, Pesquisa e Inovação Tecnológica - Manaus. 7) Programa de Residência Alcatel-Lucent e Centro de Estudos e Sistemas Avançados de Recife. 8) Programa de Residência em Software da B2ML e da Universidade Federal de Itajubá.</p>	Etapa 2

Quadro 2: Estrutura do Estudo de Caso.

<p>Protocolo: Início (da análise das unidades de análise): dezembro de 2011 Término (da análise das unidades de análise): janeiro de 2014 (26 meses)</p>			
Objetos observados:			
Ambiente	Objetos Pesquisados (Residente ou Documentos)	Forma – Presencial; – Distância (via <i>call conference</i>)	Tempo de observação
A	Residente.	Distância (via <i>call conference</i>)	1h
B	Residente.	Distância (via <i>call conference</i>)	2h30
C	Publicações que relatam a estrutura do ambiente. Residente. Ambiente.	Presencial	8h
D	Publicações que relatam a estrutura do ambiente. Residente. Ambiente.	Presencial	7h30
E	Publicações que relatam a estrutura do ambiente. Residente. Ambiente.	Presencial	9h
F	Residente	Distância (via <i>call conference</i>)	1h30
G	Residente	Distância (via <i>call conference</i>)	2h
H	Residente	Distância (via <i>call conference</i>)	2h
<p>Roteiro utilizado na observação dos objetos: 1 – Caracterização do ambiente (foco, objetivo, implementação da residência). 2 – Processo: 2.1. estrutura - Segundo Fabri <i>et. al.</i> (2010) a estrutura do processo pode ser caracterizada em três níveis: 1) processos curtos: produção e teste de código; 2) processos médios: produção de artefatos do projeto, código fonte e teste e; 3) processos longos: produção de toda modelagem de negócio, artefatos do projeto código fonte, teste e implantação; 2.2. aplicação da PML (<i>Process Modeling Language</i>); 2.3. documento de modelagem do processo (processo institucionalizado); 2.4. seleção de ferramentas; 2.5. treinamento nas ferramentas e no processo;</p>			

- 3 – Paradigma utilizado (ágil, tradicional, híbrido).
- 4 – Atividades de gestão do projeto.
- 5 – Atividades ligadas a gestão da qualidade.
- 6 – Produto gerado (orientação geral – desenvolver produtos para vários segmentos de mercado, orientação a domínio – desenvolver produtos para um único segmento de mercado, orientação a produto – desenvolver um único produto).

Validação:

A validação das informações foi efetuada somente para os ambientes **C, D e E**. Ambientes que os autores deste trabalho tiveram acesso direto. A validação foi consolidada pela verificação de evidências entre a opinião do residente e a forma de organização produtiva do software implementada no próprio ambiente.

Quadro 2: Estrutura do Estudo de Caso (continuação).

Para executar um estudo de caso consistente necessário percorrer as seguintes etapas:

- 1) Definir tipo de estudo de caso (caso único ou casos múltiplos?);
- 2) Definir as unidades de análise (quais casos serão analisados?);
- 3) Estruturar o protocolo (conjunto de regras) para realização do estudo de caso (o protocolo tem como objetivo auxiliar o pesquisador na coleta dos dados).
- 4) Executar o estudo respeitando as diretrizes mapeadas no protocolo. A execução do estudo irá mostrar um relato dos ambientes de residência em software.

O Quadro 2 apresenta as informações que caracterizam as etapas 1, 2 e

3 I RESIDÊNCIA EM SOFTWARE NO BRASIL

3.1 Caracterização dos ambientes de residência em software

O ambiente **A** tem como foco o treinamento em diversas tecnologias para alunos do último ano e/ou recém-formados, promovendo formação teórica e orientação para desenvolvimento de atividades de pesquisa em tópicos avançados relacionados ao tema de Governo Eletrônico. Neste ambiente 15 estudantes participaram. Destes, 8 se caracterizaram como residentes. Durante o programa, os residentes desenvolveram uma monografia ligada a algum tópico de pesquisa visto durante o programa.

As disciplinas: governo eletrônico (a); engenharia de software para aplicações web (b); arquiteturas para o desenvolvimento de aplicações distribuídas (c); integração de aplicações distribuídas (d); computação móvel (e); gestão do conhecimento (f); ontologias e web semântica (g); análise e modelagem de processos I (h); e análise e modelagem de processos II (i), totalizando 200 horas, foram ministradas para especialização dos residentes.

O ambiente **B** tem como foco o treinamento em diversas tecnologias. Busca formar especialista em arquitetura, gerência de configuração, análise de negócios e testes. Tem por objetivo a melhoria e aumento na formação de mão de obra na região norte do país. O projeto foi financiado pelo CNPq, desenvolvido dentro de uma fábrica de software

internalizada pelo proponente. Os residentes recebiam bolsa de aproximadamente R\$ 1.000,00 (um mil reais).

O programa se divide em duas fases: primeira – formação Teórica; segunda – formação prática. Na primeira fase os residentes participam de cursos teóricos modulares, totalizando uma carga horária de 578 horas, com disciplinas relacionadas a: tecnologias Java (a); banco de dados (b); análise (c); arquitetura (d); teste e qualidade de software (e); e gerência de projetos de software (f). Na segunda, é iniciado o módulo de vivência prática na qual os residentes serão inseridos diretamente nas atividades de desenvolvimento de software. A vivência prática se dá em três etapas:

- 1ª Identificação do perfil dos residentes e distribuição destes em grupos de acordo com a linha de formação específica dos orientadores;
- 2ª compreende um período de dois meses de simples observação e acompanhamento das atividades executadas pelos analistas, arquitetos e desenvolvedores seniores participantes desta proposta;
- 3ª execução das atividades práticas de desenvolvimento acompanhadas pelos orientadores com duração de seis meses.

O ambiente **C** tem como foco o treinamento em diversas tecnologias. Busca formar especialistas em teste de software. O projeto foi financiado por alguns órgãos de fomento nas esferas pública e privada, desenvolvido dentro de uma organização focada em teste de software, este projeto tem por objetivo a melhoria contínua da qualidade do produto. Neste ambiente o residente é inserido em um ambiente real de teste, projetos advindos da indústria de software são testados e certificados quanto à qualidade do produto. As políticas de qualidade de projeto e processo são bem estabelecidas.

O ambiente **D** tem como foco o treinamento em diversas tecnologias. Busca melhorar a formação na área de engenharia de software. Tem por objetivo implementar um ambiente simulado e uma formação diferenciada aos alunos que possuem curso superior na área de produção de software. O ambiente simulado é implementado em uma fábrica de software, com políticas qualidade de processo bem definidas. Os residentes são alunos de um curso de pós-graduação e projetos advindos da indústria de software são desenvolvidos neste ambiente.

O ambiente **E** tem como foco o treinamento em diversas tecnologias. Busca inserir alunos da graduação na indústria de software. Tem por objetivo implementar um ambiente simulado e uma formação diferenciada aos alunos da graduação. O ambiente é implementado em um ambiente simulado, com políticas de qualidade de processo previamente estabelecidas. Os residentes são alunos de um curso de graduação e os tutores são professores que promovem a construção de projetos simulados.

O ambiente **F** tem como foco o treinamento na solução dos problemas relacionados a processo de software. O ambiente atua em áreas como análise de dados e

desenvolvimento para produção de relatórios, programação de unidade de resposta audível (URA), desenvolvimento de estratégias e roteamento para encaminhamento de chamadas e integrações com as plataformas de *contact center* do cliente, além de soluções para centrais de atendimento, o ambiente tem como objetivo captar mão de obra qualificada.

Este programa admite somente profissionais formados com mais de 3 anos de experiência ou mestres, os residentes geralmente são bolsistas. Durante a execução do projeto, residentes serão acompanhados por tutores e inseridos no próprio ambiente. A plataforma de trabalho habilita o profissional a prestar serviços ou potencialmente ser contratado por clientes reais e seus parceiros, tanto no Brasil quanto no exterior.

O ambiente **G** tem como foco o treinamento em desenvolvimento de software. Tem por objetivo capacitar mão de obra especializada em desenvolvimento de software *web-based*. Os residentes possuem bolsa de R\$ 1.045,89, e participam de um curso de Especialização em Engenharia WEB trabalhando juntos em um projeto dentro do próprio ambiente.

O ambiente **H** tem como foco o treinamento em diversas tecnologias. Busca especializar profissionais da área de software. Tem por objetivo prover uma formação sólida para os profissionais de TI, principalmente sob a ótica da qualidade de software. O programa admite somente profissionais formados. Durante a execução do projeto, residentes serão acompanhados por tutores e inseridos no próprio ambiente. O ambiente habilita o profissional a prestar serviços ou potencialmente ser contratado por clientes reais e seus parceiros.

3.2 Caracterização do processo de software nos ambientes de residência em software

A caracterização do processo de software seguiu o roteiro utilizado na observação dos objetos (vide Quadro 2). A observação do processo foi dividida em:

- a) Estrutura;
- b) Aplicação da PML (*Process Modeling Language*);
- c) Documento de modelagem do processo (institucionalização do processo);
- d) Seleção de ferramentas;
- e) Treinamento nas ferramentas e no processo.

O ambiente **A**, apesar de se intitular como ambiente de residência, não possui ao menos um ambiente de produção de software simulado. Perceba, por meio da descrição do ambiente (vide 3.1) que somente treinamentos são desenvolvidos pelos supostos residentes. Este fato levou os autores deste trabalho a não classificar o ambiente **A**, dentro da ótica da residência em software.

O ambiente **B** caracteriza seu processo como longo. Nele, ocorre a produção de

toda modelagem de negócio, artefatos do projeto, código fonte, teste e implantação. A PML utilizada para modelar o processo possui uma estrutura informal e o documento do processo é modelado, mas não institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para gestão de projetos e da qualidade. Quanto ao treinamento, os residentes foram instruídos em Java, banco de dados, análise, teste, qualidade e gerência de projeto.

O ambiente **C** possui um processo curto. O processo possui produção e teste de código. O referido ambiente aplica a PML de maneira informal, possui processo modelado, atualizado e institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para gestão de projetos e de teste. Quanto ao treinamento, os residentes foram instruídos em teste, gestão de projetos e da qualidade.

O ambiente **D** possui um processo médio. O processo possui produção de artefatos do projeto, código fonte e teste. O referido ambiente aplica a PML de maneira informal, possui processo modelado, atualizado e institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para gestão de projetos, de métricas e da qualidade. Quanto ao treinamento, os residentes foram instruídos em processo de software, gestão de projetos, de métricas e da qualidade.

O ambiente **E** possui um processo longo. O processo possui produção de toda modelagem de negócio, artefatos do projeto, código fonte, teste e implantação. O referido ambiente aplica a PML de maneira informal, possui processo modelado, mas não institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para gestão de projetos e da qualidade. Quanto ao treinamento, os residentes foram instruídos em UML, garantia de qualidade, banco de dados e produção de software.

O ambiente **F** possui um processo médio. O processo possui produção de artefatos do projeto, código fonte e teste. O referido ambiente aplica a PML de maneira informal, possui processo modelado, mas não institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para gestão de projeto, de métricas e da qualidade. Quanto ao treinamento, os residentes foram instruídos em processo de software, gestão de projetos, de métricas e da qualidade.

O ambiente **G** possui um processo longo. O processo possui produção de toda modelagem de negócio, artefatos do projeto código fonte, teste e implantação. O referido ambiente aplica a PML de maneira informal, possui processo modelado, mas não institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para de gestão de projeto, de métricas e da qualidade. Quanto ao treinamento os residentes, foram instruídos diretamente no ambiente de produção.

O ambiente **H** possui um processo longo. O processo possui produção de toda modelagem de negócio, artefatos do projeto código fonte, teste e implantação. O referido ambiente aplica a PML de maneira informal, possui processo modelado, mas não institucionalizado. Quanto às ferramentas, o ambiente propõe a utilização para gestão de

projeto e da qualidade. Quanto ao treinamento, os residentes foram instruídos em processo de software, banco de dados, Java, tecnologia .NET, teste, análise e projeto de sistemas e qualidade.

É importante salientar, novamente, que todas as informações geradas nos estudos levaram em consideração as observações efetuadas pelos residentes. Somente para os ambientes **C**, **D** e **E** os autores tiveram acesso a publicações que relatam a estrutura do ambiente e ao próprio ambiente.

3.3 Caracterização do paradigma, da gestão de projetos, da gestão de qualidade e do produto gerado

O ambiente **B** utiliza o paradigma tradicional em seu processo de software. Gestões de projeto e de qualidade são previstas e o produto gerado tem a característica de orientação geral - desenvolver produtos para vários segmentos de mercado.

O ambiente **C** adota o paradigma ágil. As gestões de projeto e qualidade são aplicadas e o produto gerado tem a característica de orientação geral - desenvolver produtos para vários segmentos de mercado.

O ambiente **D** adota o paradigma tradicional. A gestão de projeto é aplicada. Contudo, a de qualidade é apenas prevista e o produto gerado tem a característica de orientação geral - desenvolver produtos para vários segmentos de mercado.

O ambiente **E** utiliza o paradigma tradicional em seu processo de software. As gestões de projeto e qualidade são aplicadas e o produto gerado tem a característica de orientação geral - desenvolver produtos para vários segmentos de mercado.

O ambiente **F** adota o paradigma ágil. As gestões de projeto e qualidade são aplicadas e o produto gerado tem a característica de orientado a domínio - desenvolver produtos para um único segmento de mercado.

O ambiente **G** adota o paradigma tradicional. As gestões de projeto e qualidade são previstas e o produto gerado tem a característica de orientação geral - desenvolver produtos para vários segmentos de mercado. O ambiente **H** apresenta a mesma caracterização do ambiente **G**.

Em suma, a Seção 3 mostrou um panorama da residência em software no Brasil. Nela, os autores apresentaram a caracterização de sete ambientes de residência em software e características fundamentais, tais como: o processo utilizado; o paradigma; a gestão do projeto; a gestão da qualidade; e o produto; foram descritas. Com o objetivo de contribuir no processo de criação de novos ambientes em residência em software, os autores deste trabalho apresentam na próxima seção um processo para criação de um ambiente de residência em software.

4 | PROCESSO PARA CRIAR UM AMBIENTE DE RESIDÊNCIA EM SOFTWARE

Um ambiente de residência em software é criado e/ou preparado para que os alunos/residentes participem de um processo de especialização na área de engenharia de software. Esta criação envolve uma série de elementos, tais como:

- a) Pessoas;
- b) Laboratórios de informática;
- c) Ferramentas;
- d) Processo estruturado para execução da residência em software;
- e) Qualidade no processo.

O processo para criar um ambiente de residência em software é estruturado em sete fases. A primeira fase é a chamada pública ou lançamento de edital, a segunda é a seleção ou avaliação eliminatória dos residentes, a terceira é ambientação ou inserção inicial, a quarta é o treinamento específico, a quinta é tutoria adjunta, a sexta é a tutoria assistida e a sétima é validação.

Primeira fase: Chamada Pública ou Lançamento de Edital. Nesta fase as indústrias de software ou centros de ensino que buscam promover o programa de residência em software, externam como e quando os interessados devem se proceder para participarem do programa. Esta fase detalha as condições de oferta, a inscrição, os pré-requisitos, a remuneração, o processo de seleção e a divulgação de resultados;

Segunda fase: Seleção. A seleção dos inscritos ocorre por meio de duas fases eliminatórias. Na primeira, os interessados passam por avaliações teóricas e práticas e, se aprovados, seguem para segunda (entrevista). Com os resultados das avaliações é possível diagnosticar o grau de preparação e/ou conhecimentos que os interessados apresentam antes de participarem da residência em software. Já na entrevista é possível observar a proatividade, a clareza no raciocínio, e capacidade de argumentação e comunicação;

Terceira fase: Ambientação ou Inserção Inicial. Nesta fase ocorre a apresentação das áreas e/ou departamentos, o processo de software e a política de gestão de qualidades utilizados nos ambientes de residência em software para os residentes;

Quarta fase: Treinamento Específico. Nesta fase busca-se treinar os residentes a fim de equalizar seus conhecimentos com os demais membros da equipe de produção. O(s) tutor(es) utilizam os resultados da fase de seleção para definir os conteúdos necessários a serem trabalhados no treinamento;

Quinta fase: Tutorial Adjunta. Nesta fase equipes de residentes são formadas para resolverem uma situação problema apresentada. O(s) tutor(es) trabalham ativamente juntos com as equipes na solução do problema;

Sexta fase: Tutorial Assistida. Nesta fase o(s) tutor(es) que na fase anterior trabalhavam ativamente passam apenas a acompanhar e/ou tutorear a equipe na resolução

do problema;

Sétima fase: Validação. Nesta fase o(s) tutor(es) validam ou avaliam o produto que residentes desenvolveram, aspectos relevantes, tais como: prazo (a), custo (b), organização (c), qualidade (d); eficiência (e); e eficácia (f) são fortemente observados.

A Figura 1 a seguir ilustra o processo para criar um ambiente de residência em software.

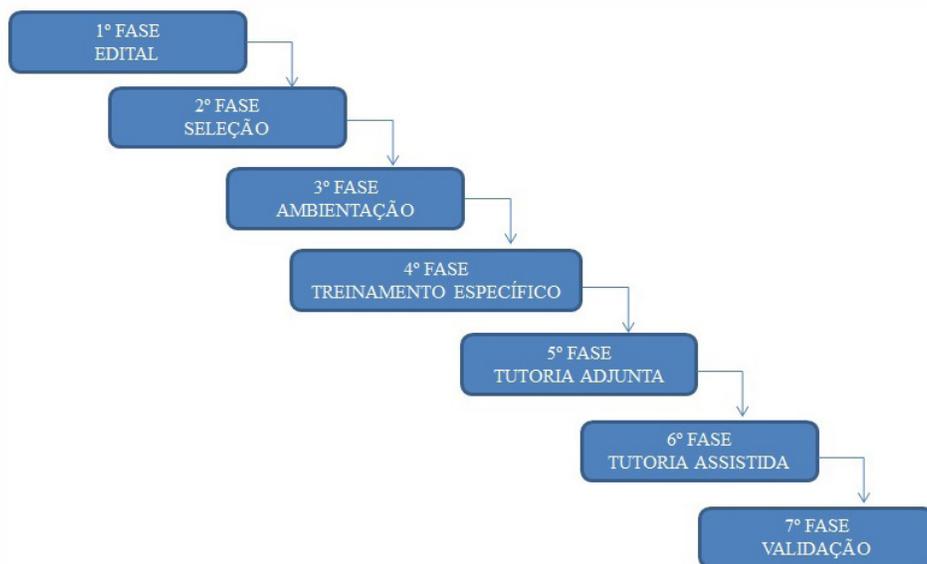


Figura 1: Processo para criar um ambiente de residência em software.

Fonte: Autoria própria.

Em suma, a criação de um ambiente de residência em software ocorre quando existe a seleção de pessoas interessadas em se especializar, pessoas capazes de treinar (tutor), ferramentas necessárias e um processo estruturado.

5 | RESIDÊNCIA EM SOFTWARE APLICADA EM EMPRESA

Os professores da área de engenharia de software da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) criaram o Grupo de Gestão da Tecnologia da Informação (GTI). O grupo tem como objetivo prover direcionamentos na área de melhoria de processo. Atualmente, o grupo é composto por seis professores que trabalham ativamente junto às empresas de produção de software na implantação de processo de software, auxiliando-as nas avaliações dos modelos CMMI e MPS-BR.

Durante as consultorias e treinamentos em empresas desenvolvedoras de software, o GTI implementa a residência em software para institucionalizar ou melhorar o

processo de produção de software de um determinado ambiente. Para o GTI, a melhoria ou institucionalização do processo é centrada em questões de ensino e aprendizagem. Os professores do GTI defendem a ideia que a residência nos ambientes produtivos de software podem promover resultados mais eficientes e eficazes durante a institucionalização e melhoria de um processo.

Nos próximos parágrafos será apresentado como ocorreu uma aplicação de residência em uma empresa do setor produtivo de software. É importante salientar que os autores deste trabalho não possuem uma autorização formal para divulgar o nome da empresa. Os autores se referem a empresa como Alfa.

Os diretores da Alfa, com o propósito de otimizar o processo de software já institucionalizado na empresa, contrataram os consultores do GTI. O objetivo dos trabalhos é alcançar patamares mais elevados na qualidade do processo e do produto software desenvolvido pela empresa.

O GTI, em sua primeira ação, desenvolveu uma pré-consultoria no segundo semestre de 2013. Nela, os consultores caracterizam a análise de SWOT (*Strengths, Weakness, Opportunities, Threats*), (Forças, Oportunidades, Fraquezas e Ameaças). A análise SWOT é considerada pelo GTI como um método de análise de um ambiente empresarial.

Com as informações obtidas pela análise SWOT, o GTI decidiu pela criação de um ambiente de residência em software na empresa. O GTI focou na aplicação do processo estruturado para execução da residência em software, e nos demais elementos envolvidos na criação do ambiente de residência em software, tais como:

- a) Pessoa;
- b) Laboratórios de informática;
- c) Ferramentas já foram observados na análise feita na pré-consultoria.

Conforme citado na Seção 3, a aplicação do processo estruturado para execução da residência em software é composta por sete fases. A seguir é apresentado como as fases foram desenvolvidas.

Na primeira, a chamada pública ou lançamento de edital, os consultores apresentaram aos diretores e colaboradores da empresa quais seriam detalhes da residência em software. Por exemplo, o que cada uma das fases faz, o cronograma, os treinamentos e os possíveis resultados esperados. Os consultores dispensaram a confecção de edital e a definição área da residência (processo de software), uma vez que todos os participantes eram da mesma empresa.

Na segunda, a seleção, os consultores junto aos diretores selecionaram colaboradores que participarem da residência. A seleção seguiu políticas previamente definidas, fatores como:

- a) Anos de trabalho na empresa;
- b) Formação: tecnólogos ou bacharéis, com ou sem especialização;

- c) Número participações em projetos desenvolvidos na empresa;
- d) Experiências antes do ingresso na empresa;
- e) Entrevista.

Nesta fase, nove colaboradores foram selecionados: os dois diretores, o gerente de vendas, o gerente de projetos de software e cinco analistas desenvolvedores.

Na terceira fase, chamada de ambientação ou inserção inicial, os consultores apresentaram a visão que observaram do processo de software e a política de qualidade atual da empresa. As fortalezas, as fragilidades, as ameaças e as oportunidades foram apresentadas aos residentes, juntamente com o plano a ser seguido para elevar o patamar da qualidade do processo e do produto software.

Na quarta, o treinamento específico, os residentes foram treinados para que houvesse a equilização dos conhecimentos específicos em Requisitos de Software. A escolha do referido treinamento partiu da conclusão obtida na análise SWOT. Os consultores, então, definiram os conteúdos que seriam ministrados nas 40 horas previstas para o treinamento e organizaram os referidos conteúdos nos seguintes tópicos: requisitos de usuário (a), de sistema (b), do domínio (c), requisitos funcionais (d) e não funcionais (e).

Na quinta, a tutorial adjunta, equipes de residentes foram formadas para resolverem uma situação problema apresentada. Os consultores criaram uma situação de desenvolvimento de um produto software, cuja a resolução da mesma envolvia os conhecimentos gerados na fase anterior. É importante salientar que os consultores, neste caso tutores, trabalham ativamente juntos com as equipes na solução do problema.

Na sexta, a tutorial assistida, equipes de residentes novamente foram formadas para o mesmo propósito. Contudo, nesta fase os consultores apenas acompanharam e/ou tutoram a equipe na resolução do problema.

Na sétima, a validação, consultores e/ou tutores validam e avaliam o produto software que residentes desenvolveram, a observação e o feedback sobre os aspectos relevantes, como citados prazo, custo, organização, qualidade, e a eficiência finalizam a aplicação da residência em software.

6 | RESULTADOS OBTIDOS

A relação dos resultados obtidos com a aplicação da residência em software na empresa Alfa pode ser constatada por meio de resultados qualitativos e quantitativos. Os itens abaixo apresentam tais resultados:

- 1) Qualidade do documento de levantamento de requisitos: Com a aplicação da residência em software na área de requisitos de software, os profissionais que atuam na empresa, realizaram algumas alterações no processo de coleta de requisitos. Várias delas promoveram um ganho de qualidade e produtividade, o tempo para o desenvolvimento dos artefatos (documento de especificação de requisitos) foi

reduzido e a qualidade do software e a satisfação do cliente foi maximizada.

2) A qualidade dos documentos de especificação de requisitos gerados pela empresa também é um ponto a ser destacado com a aplicação da residência em software. A cada novo projeto a qualidade, a objetividade e a clareza dos documentos tornavam-se características notáveis.

3) As orientações que o documento de especificações de requisitos passou a contribuir para o documento de composição de orçamentos. Houve aqui ganho de tempo na elaboração de orçamentos.

4) Menor número de retrabalho: com a maior qualidade dos documentos de especificação de requisitos, os analistas desenvolvedores recorriam menos aos clientes.

5) Por fim, o número de documento de coleta de requisitos respondidos pelos clientes aumentou significativamente. Relatos do gerente de vendas contam que antes da residência em software o número de documentos retornados dos clientes era bem menor que os pós residência em software.

É importante salientar que os autores não têm autorização formal para revelar os índices de crescimento ocorridos na empresa com a aplicação da residência em software.

7 | CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Este artigo apresentou como a aplicação de residência em software em uma empresa pode contribuir no processo de melhoria dos requisitos de software. Para validação deste trabalho, o GTI/UTFPR-CP aplicou um serviço de consultoria na empresa.

A residência em software no Brasil também foi objeto deste estudo. Os autores apresentaram um panorama dela, descrevendo as características de 7 ambientes preparados para aplicação da residência. A caracterização do processo de software, do paradigma, da gestão de projetos, da gestão da qualidade e do produto gerado parametrizam a descrição.

Neste trabalho, foi constatado que os conhecimentos gerados e internalizados pela residência em software foram importantes para otimização dos requisitos de software tratados pela empresa. Os envolvidos relataram aos consultores o quanto foi positivo para equipe a participação na residência.

Ao provocar as discussões sobre a melhoria dos requisitos de software por meio da residência, conseguiu-se a participação ativa todos os envolvidos. É importante salientar que foi a primeira vez que diretores, gerente de vendas, gerente de projeto de software e analistas desenvolvedores participaram da elaboração de um documento de especificação de requisitos de software.

A aplicação da residência promoveu e estimulou a capacidade de resolução de problemas em grupo, criando assim uma sinergia entre todos os participantes. Desta maneira, a construção e a interpretação de documentos de especificação de requisitos de software passaram a ser mais natural.

Finalmente, um ponto fraco identificado na análise SWOT foi tratado, e pode-se dizer que, após a residência passou a ser um ponto forte. Para a empresa, as mudanças no tratamento dos requisitos de software melhoraram significativamente a eficácia do gerenciamento do escopo do projeto.

O GTI/UTFPR-CP tem por certa a utilização do processo para criar um ambiente de residência em software, bem como a aplicação em futuras consultorias. Este fato contribuirá para um amadurecimento profissional dos residentes.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à Fundação Araucária pela bolsa de iniciação científica concedida para Emanuel Ignacio Garcia.

REFERÊNCIAS

CMMI Institute. **Published Appraisal Results**. 2019. Acesso em 20 de Maio, 2022, de <https://sas.cmmiinstitute.com/pars/pars.aspx>.

FABRI, J. A.; L'ERÁRIO, A.; BEGOSSO, L. C.; BEGOSSO, L. R.; DE LIMA, F. C. **Implementation of software residency at a graduation course**. IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). Washington, DC, USA: IEEE. p. 1-6, 2010.

FABRI, J. A.; TRINDADE, A. L. P.; PESSÔA, M. S. D. P. **Residência em Fábrica de Software: Um Caso Real e uma Proposta Genérica para a Normatização de Novos Programas**. Em VII Jornadas Iberoamericanas de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento - JIISIC'2008. Guayaquil, Equador: ESPOL. p. 207-214, 2008.

MEC. **Residência médica**. 2019. Acesso em 02 de Maio, 2022, de <http://portal.mec.gov.br/residencias-em-saude>.

SAMPAIO, A.; ALBUQUERQUE, C.; VASCONCELOS, J.; CRUZ, L.; FIGUEIREDO, L.; CAVALCANTE, S. **Software test program: a software residency experience**. Proceedings. 27th International Conference on Software Engineering. Saint Louis, MO, USA: IEEE. p. 611-612, 2005.

SANTOS, S. C. DOS; SOARES, F. S. F. **Authentic Assessment in Software Engineering Education Based on PBL Principles A Case Study in the Telecom Market**. ICSE '13 Proceedings of the 2013 International Conference on Software Engineering. San Francisco, CA, USA: IEEE. p. 1055-1062, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos** (5ª ed.). Porto Alegre, RS, Brasil: Bookman. 2014.

SOBRE OS ORGANIZADORES

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

JOÃO DALLAMUTA - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela UFPR. MBA em Gestão pela FAE Business School, Mestre em engenharia elétrica pela UEL. Doutorando em Engenharia Espacial pelo INPE.

ÍNDICE REMISSIVO

A

ABB 117, 118, 120

Aguapé 77, 78, 80, 81, 83, 85, 86, 87

Alumina 18, 19, 20, 21, 23, 24

Aprendizagem baseada em problemas 105, 107, 111, 112, 114, 120, 145, 146, 148

B

Barita 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 16

C

CA6 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24

Câncer de cabeça e pescoço 156, 158, 159, 161, 163, 165

Cervejas ácidas 67, 70, 71, 74, 75

Cervejas frutadas 67

Compósito 18, 19, 20, 24

Controladores lógicos programáveis 145, 146, 147, 148

D

Dano 1, 4, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 19

E

Efluentes 7, 8, 12, 13, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 85, 86

Engenharia de Produção 105, 106, 107, 108, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 124, 185, 197

Estradas de terra 88, 89, 90, 91, 103

I

Incrustação mineral 1, 3, 7, 13

L

LEGO 117, 122, 123

M

Macadame seco 88, 89, 91, 92, 98, 99, 103, 104

Melhoramento de vias 88, 95, 97, 98, 102, 103

Metodologias ativas 117, 118, 119, 120, 125, 174

Metodologias de ensino e aprendizagem 105, 112, 114

Modelagem de sistemas a eventos discretos 145, 146

O

Osteorradiocrose 156, 158, 160

P

Parâmetros físico-químicos 67, 69

R

Radioterapia de intensidade modulada 156, 158

Reservatório de petróleo 1

S

Saneamento 77, 78, 79, 86, 87, 170, 171

Sistemas a eventos discretos 145, 146, 147, 148

T

Teoria de controle supervisorio 145, 147, 148, 150

🌐 www.atenaeditora.com.br
✉ contato@atenaeditora.com.br
📷 @atenaeditora
📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

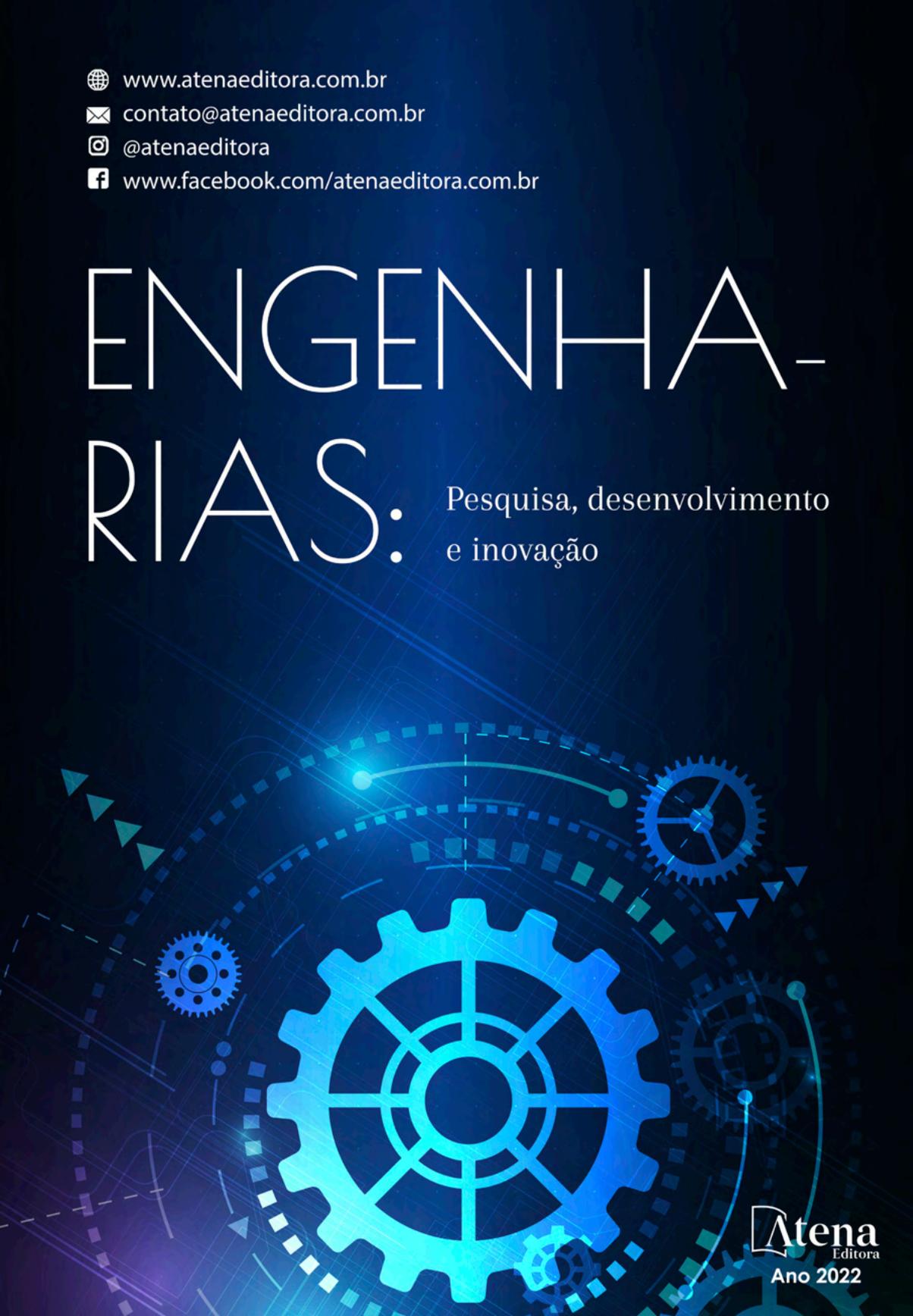
ENGENHARIA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação



Atena
Editora
Ano 2022

🌐 www.arenaeditora.com.br
✉ contato@arenaeditora.com.br
📷 @arenaeditora
📘 www.facebook.com/arenaeditora.com.br

ENGENHA- RIAS: Pesquisa, desenvolvimento e inovação



Atena
Editora
Ano 2022