

SEVEN

PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS
2023

TECNOLOGIAS AVANÇADAS

E SUAS ABORDAGENS

SEVEN

PUBLICAÇÕES ACADÊMICAS
2023

TECNOLOGIAS AVANÇADAS

E SUAS ABORDAGENS

EDITORA-CHEFE

Profº Me. Isabele de Souza Carvalho

EDITOR EXECUTIVO

Nathan Albano Valente

ORGANIZADOR DO LIVRO

Seven Publicações LTDA

PRODUÇÃO EDITORIAL

Seven Publicações Ltda

EDIÇÃO DE ARTE

Alan Ferreira de Moraes

IMAGENS DA CAPA

AdobeStok

ÁREA DE CONHECIMENTO

Ciências Sociais e Aplicadas

2023 by Seven Editora

Copyright © Seven Editora

Text Copyright © 2023 The Authors

Edition Copyright © 2023 Seven Editora

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva do autor e não necessariamente representam a posição oficial da Seven Eventos Acadêmicos e Editora. O trabalho pode ser baixado e compartilhado desde que seja dado crédito ao autor, porém sem a possibilidade de alterá-lo de qualquer forma ou utilizá-lo para fins comerciais.

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

A Seven Publicações está 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 com o mais alto rigor acadêmico e ético.



O conteúdo deste livro foi submetido pelo autor para publicação de acesso aberto, de acordo com os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional.

CORPO EDITORIAL

EDITORA-CHEFE

Profº Me. Isabele de Souza Carvalho

CORPO EDITORIAL

Pedro Henrique Ferreira Marçal. Vale do Rio Doce University

Adriana Barni Truccolo- State University of Rio Grande do Sul

Marcos Garcia Costa Morais- State University of Paraíba

Mônica Maria de Almeida Brainer - Federal Institute of Goiás Campus Ceres

Caio Vinicius Efigenio Formiga - Pontifical Catholic University of Goiás

Egas José Armando - Eduardo Mondlane University of Mozambique.

Ariane Fernandes da Conceição- Federal University of Triângulo Mineiro

Wanderson Santos de Farias - Universidad de Desarrollo Sustentable

Maria Gorete Valus -University of Campinas

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Tecnologias avançadas e suas abordagens [livro eletrônico] / organização Seven Publicações Acadêmicas. -- São José dos Pinhais, PR : Seven Events, 2023.

PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-84976-37-5

1. Artigos - Coletâneas 2. Ciências sociais
3. Tecnologia - Aspectos sociais I. Seven Publicações Acadêmicas.

23-162010

CDD-303.483

Índices para catálogo sistemático:

1. Tecnologia social : Mudanças sociais : Sociologia 303.483

Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

DECLARAÇÃO DO AUTOR

O autor deste trabalho DECLARA, para os seguintes fins, que:

Não possui nenhum interesse comercial que gere conflito de interesse em relação ao conteúdo publicado;

Declara ter participado ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente nas seguintes condições: "a) Desenho do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação dos dados; b) Elaboração do artigo ou revisão para tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão";

Certifica que o texto publicado está completamente livre de dados e/ou resultados fraudulentos e defeitos de autoria;

Confirma a citação correta e referência de todos os dados e interpretações de dados de outras pesquisas;

Reconhece ter informado todas as fontes de financiamento recebidas para realizar a pesquisa;

Autoriza a edição do trabalho, incluindo registros de catálogo, ISBN, DOI e outros indexadores, design visual e criação de capa, layout interno, bem como seu lançamento e divulgação de acordo com os critérios da Seven Eventos Acadêmicos e Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Seven Publicações DECLARA, para fins de direitos, deveres e quaisquer significados metodológicos ou legais, que:

Esta publicação constitui apenas uma transferência temporária de direitos autorais, constituindo um direito à publicação e reprodução dos materiais. A Editora não é co-responsável pela criação dos manuscritos publicados, nos termos estabelecidos na Lei de Direitos Autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; O(s) autor(es) é(são) exclusivamente responsável(eis) por verificar tais questões de direitos autorais e outros, isentando a Editora de quaisquer danos civis, administrativos e criminais que possam surgir.

Autoriza a **DIVULGAÇÃO DO TRABALHO** pelo(s) autor(es) em palestras, cursos, eventos, shows, mídia e televisão, desde que haja o devido reconhecimento da autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial, com a apresentação dos devidos **CRÉDITOS à SEVEN PUBLICAÇÕES**, sendo o(s) autor(es) e editora(es) responsáveis pela omissão/exclusão dessas informações;

Todos os e-books são de acesso aberto, portanto, não os venda em seu site, sites parceiros, plataformas de comércio eletrônico ou qualquer outro meio virtual ou físico. Portanto, está isento de transferências de direitos autorais para autores, uma vez que o formato não gera outros direitos além dos fins didáticos e publicitários da obra, que pode ser consultada a qualquer momento.

Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições públicas de ensino superior, conforme recomendado pela CAPES para obtenção do Qualis livro;

A Seven Eventos Acadêmicos não atribui, vende ou autoriza o uso dos nomes e e-mails dos autores, bem como de quaisquer outros dados deles, para qualquer finalidade que não seja a divulgação desta obra, de acordo com o Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

AUTORES

A. S. FaddulStelzenberger
A.J. Boareto Mendes
Acosta Solorzano Williams
Fernando
Adriane Bezerra Rocha
Alef Filipe Biondes
Magalhães
Alessandra Leão Brasileiro
Alexandre Amorim dos Reis
Ana Carolina Campos
Moraes Guimarães
Ana Paula Costa da Silva
Ana Paula de Oliveira Ribeiro
Ana Paula Moreno Trigo
Ana Paula Moreno Trigo
Gregui
Ana Paula Testa Pezzin
André Fernandes Vieira
André Luis Christoforo
Andressa Paulino Batista
Ângela Aparecida de Assis
Polizello
Anna Virginia Muniz
Machado
Antônio Casanova Junior da
Silva Lima
Antônio Reis de Sá Júnior
Antonio Werbiton Marinho
Almeida
Ariane Simião Garcia
Ariel Moura Vilas Boas
Ben Hur Aparecido da Silva
Bianca Macedo Guimarães
Bruno Rodrigues de Andrade
Caio Cesar Silva Cruz
Caio Martins do Nascimento
Camila Batista Caixeta
Carlos German Massone
Carolina Barone Simiele
Caroline Dellinghausen
Borges
Caroline Nunes Carr
Catia Eliza Zuffo
Cecília Bezerra Leite
Célia Regina Moretti Meirelles
Cícera Angélica Ferreira Silva
Cícera Simone Ferreira Silva
Cícero Gomes dos Santos
Cinara Bernardo da Silva
Clara Gaspar Fossi de Souza
Cristiana Andrighetto
Cristina Paiva de Sousa
Daiara Bonini Tolazzi
Daniel Minucelli Andrade
Daniela Cabral de Oliveira
Daniella Pereira dos Santos
Dayana Passos Ramos
Dayna Passos Ramos

Délio Guerra Drummond
Júnior
Edson Magrine de Souza
Cavalcante
Eliane Pereira Lopes
Eliane Pozzebon
Eliene B. Simão Silva
Eva Inês Vilanova Ribeiro
Freitas
Fabio Raia
Fabiola Helena dos Santos
Fogaça
Fabricio Gomes Gonçalves
Felipe de Assis Oliveira
Felipe Ketzer
Fernando B. Mainier
Fernando M. Araujo Moreira
Flavia dos Santos Gomes
Flávio Anthero Nunes Vianna
dos Santos
Flávio José de Oliveira Morais
Flávio Marcondes
Francisco Antônio Rocco Lahr
Francisco Renato Silva
Ferreira
Francisco Rodrigues
Nascimento Junior
Gabriel Ayres de Oliveira
Gabriel Gomes da Luz
Gabriela da Silva Coelho
Pettenon
Giácomo Antônio Althoff
Bolan
Gilda Collet Bruna
Gilmar Sidnei Erzinger
Gloria Cogo Bassin
Guilherme Antonio Michelin
Gustavo Pavan Mateus
Gustavo Richter Vaz
Helena Maria Ribeiro
Igor Costa Santos
Iris Elizabete Messa Gomes
Isabella Tamine Parra
Miranda
Ismael Henrique Miranda da
Silva
J. F. Galdino
Jackson de Sousa
Jaime Felipe Cerna-Moreno
Jair Antonio de Oliveira Junior
Jéssica de Vasconcelos
Oliveira Viégas
João Paulo Machado Torres
João Pedro Velho
João Victor Bentes Soares
Jorge Luis Valencia-Jarama
José Adeilson Santos Barreto
José Carlos Ferreira Bezerra

José Manuel Salum Tomé
Jose Ruben Sicchar Vilchez
Jozéli Fernandes de Lima
Juçara Aguiar Guimarães
Silva
Juliana Moura Oliveira
Julianna Catonio da Silva
Karina Oliveira Lima
Ketlin Cristine Batista
Mancinelli
Kivia Caroline da Costa
Laís Soares Pereira Simon
Lara Guizi Anoni
Larissa de Cássia Barbosa
Larissa Vasconcelos Santos
Layse Félix Oliveira
Leonardo Rocha Vidal Ramos
Leonor da Cunha Mastela
Lethícia Mariah Marchi Bertin
Liane Bahú Machado
Luana Ribeiro Gomes
Lucas Fehr
Lúcia Jacinta da Silva Santos
Luis Felipe Ferreira Costa
Luis Félix de Barros Vieira
Rocha
Luiz Fernando Pinto de
Oliveira
Manoel Francisco Carreira
Marcell de Melo Naves
Marcelo Araújo da Nóbrega
Marcia Margarete Meier
Marcilio de Souza Barbosa
Márcio Aurélio Lins dos Santos
Marcus Rhuan Caminha dos
Santos
Maria Arnalda Lima Belo Silva
Maria Damiana Rodrigues
Araujo
Maria Damiana Rodrigues
Araújo
Maria Deyse Silva dos Santos
Maria Eduarda Ramos
Cavalcanti Rosa
María Soledad Alza-
Salvatierra
Mariana Assis Borges
Mariana Camargo Borges
Mariana Juliani Portal
Mariana Nuccitelli Simões
Mariana Ribeiro Bocchi
Mário Márcio Rodrigues
Marjana Pivoto Reginaldo
Marli Ferreira Bezerra Rocha
Matheus Oliveira Maia
Max Robert Marinho
Micheline da Cruz Costa Sena
Miéle Silva Pestana

Nilson Luiz Costa
Osmair Oliveira dos Santos
Paloma de Mattos Fagundes
Pamella Talita da Silva Melo
Pedro Augusto Ciconi
Mendes
Pedro Augusto Dias de
Oliveira
Pedro Gutemberg de
Alcântara Segundinho
Raquel Einloft Kleinubing
Renata Galhardo Borguini
Renato da Silva Carreira

Rickardo Léo Ramos Gomes
Rodrigo Almeida Magalhães
Rodrigo Cardoso de
Cerqueira Reis
Rodrigo Daniel Zanoni
Rodrigo De Cerqueira Reis
Sérgio Santos Silva Filho
Sidnei Gonzaga Branco
Silvana Carloto Andres
Silvio S. Sant'Anna
Suely da Silva Carreira
Taina M. S. F. Inakake de
Souza

Tainá Rodrigues Toqueton
Thallita Nayanna Bezerra
Alves
Thaynan Silveira Cabral
Thiago Vicente da Silva
Vanessa Carolina de Souza
Victória Mendes
Vinicius Borges Taquetti
Viviane Farias Silva
Weder Nunes Ferreira Junior
Wilker José Caminha dos
Santos
Yohana Alencar Oyátòsín

Apresentação

É com grande satisfação que apresentamos o livro 'Tecnologias Avançadas e Suas Abordagens', uma obra abrangente que explora as maravilhas e os desafios do mundo da tecnologia. Composto por 43 capítulos instigantes, este livro oferece uma visão panorâmica das últimas inovações tecnológicas que estão moldando o nosso presente e transformando o nosso futuro.

Cada capítulo é cuidadosamente elaborado por especialistas renomados em suas respectivas áreas, garantindo uma abordagem aprofundada e uma análise criteriosa dos temas tratados. Desde inteligência artificial e aprendizado de máquina até realidade virtual, blockchain e automação, 'Tecnologias Avançadas e Suas Abordagens' oferece um mergulho fascinante nas principais áreas da tecnologia.

Os primeiros capítulos fornecem uma base sólida, abordando conceitos fundamentais e oferecendo uma perspectiva histórica sobre a evolução tecnológica. A partir daí, o leitor é conduzido por um verdadeiro tour de force pelos mais recentes avanços e tendências, com capítulos dedicados a temas como Internet das Coisas, cibersegurança, veículos autônomos, medicina de precisão, energia renovável e muito mais.

Cada capítulo é estruturado de forma clara e acessível, apresentando conceitos complexos de maneira simplificada, mas sem perder a profundidade necessária para uma compreensão abrangente. Além disso, são incluídos exemplos práticos e estudos de caso que ilustram como essas tecnologias estão sendo aplicadas em diversos setores, desde negócios e indústria até saúde, educação e entretenimento.

'Tecnologias Avançadas e Suas Abordagens' é um livro essencial para estudantes, profissionais e entusiastas interessados em acompanhar e entender as últimas tendências da tecnologia. Este livro não apenas fornece conhecimentos valiosos, mas também desperta a curiosidade e a imaginação, inspirando os leitores a explorar as possibilidades infinitas que o futuro tecnológico nos reserva.

Prepare-se para embarcar em uma jornada emocionante pelo mundo da tecnologia com 'Tecnologias Avançadas e Suas Abordagens'. Cada capítulo é uma porta para a inovação e a descoberta, oferecendo uma visão ampla e detalhada do que está por vir. Desvende os segredos da tecnologia e esteja pronto para abraçar um futuro repleto de possibilidades sem limites.

SUMÁRIO

A proteção de dados no brasil

Gabriel Gomes da Luz, Matheus Oliveira Maia and Rodrigo Almeida Magalhães

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-001>

A sinergia entre a cadeia de suprimentos, as estratégias de gestão de fornecedores e a adoção das novas tecnologias no sucesso financeiro de uma empresa de transportes

Antonio Werbiton Marinho Almeida and Rickardo Léo Ramos Gomes

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-002>

Utilização das metodologias ágeis nas fases de projetos industriais

Bruno Rodrigues de Andrade and Fernando B. Mainier

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-003>

Educación virtual en chile, ejemplo de un nuevo espacio para el aprendizaje

José Manuel Salum Tomé

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-004>

Novas tecnologias e aplicações da realidade aumentada na medicina

Giácomo Antônio Althoff Bolan, Eliane Pozzebon and Antônio Reis de Sá Júnior

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-005>

Plataforma moodle uma tecnologia inovadora: Reflexões, aprendizagem autodirigida e design instrucional

Dayna Passos Ramos, Juçara Aguiar Guimarães Silva, Ângela Aparecida de Assis Polizello, Eliane Pereira Lopes and Helena Maria Ribeiro

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-006>

Parâmetros hematológicos de novilhas Nelore em sistema de integração pecuária floresta

Juliana Moura Oliveira, Cristiana Andrighetto, Carolina Barone Simiele, Ben Hur Aparecido da Silva and Gustavo Pavan Mateus

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-007>

A importância do suporte básico de vida para a população de leigos

Adrienne Bezerra Rocha, Alessandra Leão Brasileiro, Ana Paula Costa da Silva, José Carlos Ferreira Bezerra and Marli Ferreira Bezerra Rocha

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-008>

A importância do mapeamento da experiência do cliente como fator competitivo para empresas de mercado

Thiago Vicente da Silva, Isabella Tamine Parra Miranda, Manoel Francisco Carreira and Suely da Silva Carreira

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-009>

Redes sem fio para internet das coisas e colheita de energia: Uma revisão em eficiência energética

Luiz Fernando Pinto de Oliveira, Gabriel Ayres de Oliveira and Flávio José de Oliveira Morais

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-010>

Aplicação do processo hierárquico analítico como auxílio na tomada de decisão para escolha do sistema de esgotamento sanitário em comunidade de pequeno porte

Rodrigo De Cerqueira Reis, Anna Virginia Muniz Machado and Pedro Augusto Dias de Oliveira

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-011>

Desenvolvimento de produto sensorial para autistas com material proveniente de resíduos por impressão 3D

Maria Eduarda Ramos Cavalcanti Rosa and Viviane Farias Silva

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-012>

Podcast como mídia aliada à educação: Um estudo sobre a valorização no processo de capacitação e formação dos professores de língua portuguesa

Gabriela da Silva Coelho Pettenon and Luis Félix de Barros Vieira Rocha

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-013>

Avaliação mecânica de concretos com agregado graúdo proveniente de resíduos de construção civil otimizados pela técnica de dopagem

Daniel Minucelli Andrade, Lara Guizi Anoni, Mariana Nuccitelli Simões and Ana Paula Moreno Trigo Gregui

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-014>

Avaliação estética tridimensional de paciente classe III antes e depois de cirurgia plástica ortognática guiada por computador

Camila Batista Caixeta, Mariana Ribeiro Bocchi and Marcell de Melo Naves

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-015>

Estrutura de Governança de T.I: Aprimorando a eficiência e eficácia com o modelo COBIT como framework

Alefe Filipe Biondes Magalhães, Caio Martins do Nascimento, Caroline Nunes Carr and Ismael Henrique Miranda da Silva

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-016>

Melhorando a Efetividade de Projetos de Desenvolvimento de Software através de uma Abordagem Híbrida: Uma análise de resultados e impactos

André Fernandes Vieira, Antônio Casanova Junior da Silva Lima and Caroline Nunes Carr

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-017>

Métodos e desafios do processo de ensino-aprendizagem de cartografia no ensino médio

Sidnei Gonzaga Branco, Catia Eliza Zuffo and Osmair Oliveira dos Santos

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-018>

Diagnóstico de pacientes no contexto da pandemia utilizando aprendizado de máquina

Mário Márcio Rodrigues, Daniela Cabral de Oliveira, Max Robert Marinho, Weder Nunes Ferreira Junior, Miélle Silva Pestana and Sérgio Santos Silva Filho

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-019>

Estratégias de modificação química superficial da celulose bacteriana (CB) e preparação de biocompósitos

Ketlin Cristine Batista Mancinelli, Victória Mendes, Marcia Margarete Meier, Ana Paula Testa Pezzin and Gilmar Sidnei Erzinger

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-020>

Desafios jurídicos na aplicação da inteligência artificial com aprendizagem por reforço

Wilker José Caminha dos Santos, Marcus Rhuan Caminha dos Santos and Jackson de Sousa

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-021>

“O aluno tirou sete na prova”, “o professor me deu sete na prova”: Métodos avaliativos do Brasil, ressignificando a base do processo de ensino-aprendizagem

Micheline da Cruz Costa Sena, Cecília Bezerra Leite, Francisco Renato Silva Ferreira, Cícera Simone Ferreira Silva, Cícera Angélica Ferreira Silva, Maria Arnalda Lima Belo Silva and Yohana Alencar Oyátòsín

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-022>

Trilhas de pesquisas: Práticas tecnológicas do patrimônio cultural

Laís Soares Pereira Simon, Alexandre Amorim dos Reis and Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-023>

A gestão da construção civil por meio de inovações tecnológicas

Célia Regina Moretti Meirelles, Silvio S. Sant'Anna, Vanessa Carolina de Souza, Flávio Marcondes, Lucas Fehr, Jair Antonio de Oliveira Junior, Guilherme Antonio Michelin, Gilda Collet Bruna and Fabio Raia

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-024>

Pacientes com uso de cateteres vesicais de demora: Uma proposta de plano de alta hospitalar

Silvana Carloto Andres, Liane Bahú Machado, Marjana Pivoto Reginaldo, Thaynan Silveira Cabral, Jozéli Fernandes de Lima, Mariana Camargo Borges, Raquel Einloft Kleinubing, Iris Elizabete Messa Gomes, Eva Inês Vilanova Ribeiro Freitas and Gloria Cogo Bassin

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-025>

Conservação de vegetais minimamente processados utilizando nanoemulsões: Uma revisão

Karina Oliveira Lima, Gustavo Richter Vaz and Caroline Dellinghausen Borges

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-026>

Aplicación del Matlab Online en el tratamiento de señales en estudiantes de ingeniería

Acosta Solorzano Williams Fernando, Andressa Paulino Batista, Jaime Felipe Cerna-Moreno, Jorge Luis Valencia-Jarama and María Soledad Alza-Salvatierra

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-027>

Método multianálitos para determinação da bioacumulação e bioacessibilidade de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em pescado

Fabiola Helena dos Santos Fogaça, Pamella Talita da Silva Melo, Leonardo Rocha Vidal Ramos, Carlos German Massone, Ana Paula de Oliveira Ribeiro, Flavia dos Santos Gomes, Renata Galhardo Borguini, Taina M. S. F. Inakake de Souza, Renato da Silva Carreira and João Paulo Machado Torres

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-028>

Estudo de caso para avaliação de patologias e técnicas de manutenção na pavimentação asfáltica da rodovia Dr. Euphly Jalles

Pedro Augusto Ciconi Mendes and Ana Paula Moreno Trigo

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-029>

Bioprospecção da atividade antimicrobiana do caldo de fermentação produzido pelo endófito *Paenibacillus terra* em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*

Larissa de Cássia Barbosa and Cristina Paiva de Sousa

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-030>

Bacia hidrográfica do Igarapé Tancredo Neves: Em Porto Velho (RO) – Mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal

Caio Cesar Silva Cruz, Catia Eliza Zuffo and Osmair Oliveira dos Santos

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-031>

Aplicativo móvel de monitoramento e registro de sinais biomédicos

Luana Ribeiro Gomes, João Victor Bentes Soares and Jose Ruben Sicchar Vilchez

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-032>

Produção de biodiesel sem geração de glicerol

Daiara Bonini Tolazzi and Felipe Ketzer

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-033>

Características físico-químicas dos solos da região do alto curso das bacias hidrográficas do Rio Pardo e Paraguaçu e suas relações com as fitofisionomias – Bahia, Brasil

Marcelo Araújo da Nóbrega and Ariel Moura Vilas Boas

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-034>

História e literatura: Diálogos que se atravessam

Layse Félix Oliveira

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-035>

Inovações tecnológicas para cirurgias ginecológicas em mulheres idosas

Délio Guerra Drummond Júnior, Tainá Rodrigues Toqueton, Igor Costa Santos, Lethícia Mariah Marchi Bertin, Ariane Simião Garcia, Bianca Macedo Guimarães, Jéssica de Vasconcelos Oliveira Viégas, Ana Carolina Campos Moraes Guimarães, Francisco Rodrigues Nascimento Junior e Rodrigo Daniel Zanoni

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-036>

Manejo de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na cultura do milho verde

Délio Guerra Drummond Júnior, Tainá Rodrigues Toqueton, Igor Costa Santos, Lethícia Mariah Marchi Bertin, Ariane Simião Garcia, Bianca Macedo Guimarães, Jéssica de Vasconcelos Oliveira Viégas, Ana Carolina Campos Moraes Guimarães, Francisco Rodrigues Nascimento Junior e Rodrigo Daniel Zanoni

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-037>

Análise econômica e produtiva da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação

Maria Damiana Rodrigues Araújo, Julianna Catonio da Silva, Luis Felipe Ferreira Costa, Maria Deyse Silva dos Santos, Larissa Vasconcelos Santos, Thallita Nayanna Bezerra Alves, Daniella Pereira dos Santos, Lúcia Jacinta da Silva Santos, Cícero Gomes dos Santos e Márcio Aurélio Lins dos Santos

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-038>

Análise econômica e produtiva da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação

Maria Damiana Rodrigues Araújo, Julianna Catonio da Silva, Luis Felipe Ferreira Costa, Maria Deyse Silva dos Santos, Larissa Vasconcelos Santos, Thallita Nayanna Bezerra Alves, Daniella Pereira dos Santos, Lúcia Jacinta da Silva Santos, Cícero Gomes dos Santos e Márcio Aurélio Lins dos Santos

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-038>

Desempenho do milho verde em função da aplicação de lâminas de irrigação e densidades de semeadura

Larissa Vasconcelos Santos, Felipe de Assis Oliveira, Maria Damiana Rodrigues Araújo, Maria Deyse Silva dos Santos, Kivia Caroline da Costa, Thallita Nayanna Bezerra Alves, bEdson Magrine de Souza Cavalcante, Daniella Pereira dos Santos, Julianna Catonio da Silva e Márcio Aurélio Lins dos Santos

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-039>

Aplicação do método dos elementos finitos (MEF) em madeira lamelada colada cruzada (CLT)

Leonor da Cunha Mastela, Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho, André Luis Christoforo, Fabricio Gomes Gonçalves, Clara Gaspar Fossi de Souza, Francisco Antônio Rocco Lahr e Vinicius Borges Taquetti

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-040>

Aplicação do método dos elementos finitos (MEF) em madeira lamelada colada cruzada (CLT)

Leonor da Cunha Mastela, Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho, André Luis Christoforo, Fabricio Gomes Gonçalves, Clara Gaspar Fossi de Souza, Francisco Antônio Rocco Lahr e Vinicius Borges Taquetti

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-041>

Tecnologias a serviço da religião: As novas tecnologias da comunicação e informação na evangelização da igreja católica

Gilberto Claudino da Silva Júnior, Karla Luzia Alvares dos Prazeres, Paulo Joviniano Alvares dos Prazeres e Rita de Kássia Leopoldo Claudino da Silva

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-041>

Tecnologias Quânticas: A inovação disruptiva como diferencial estratégico para a Defesa Nacional

Fernando M. Araujo Moreira, J. F. Galdino, Eliene B. Simão Silva, A. S. FaddulStelzenberger e A.J. Boareto Mendes

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-042>

Cenário competitivo para a inserção e desenvolvimento de agroindústrias: Um estudo de caso do município de Palmeira das Missões/RS

Mariana Assis Borges, Mariana Juliani Portal, Paloma de Mattos Fagundes, João Pedro Velho e Nilson Luiz Costa

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-043>

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-001>

Gabriel Gomes da Luz

Acadêmico em Direito pela PUC/MG. Atua como pesquisador voluntário vinculado ao Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIC-V) – PUC/MG. Gestor de gabinete no Tribunal de Justiça de Minas Gerais. Membro da ABDC. Autor de artigos jurídicos. E-mail: amagalhaes@ig.com.br

Matheus Oliveira Maia

Acadêmico em Direito pela PUC/MG. Atua como pesquisador voluntário vinculado ao Programa de Iniciação Científica Voluntária (PIC-V) – PUC/MG. Atualmente é estagiário em gabinete de Juiz no Tribunal de Justiça de Minas Gerais. Autor de artigos jurídicos. E-mail: amagalhaes@ig.com.br

Rodrigo Almeida Magalhães

Doutor e Mestre em Direito pela PUC/MG. Professor do mestrado e doutorado em Direito na PUC/MG, professor da UFMG, advogado.

E-mail: almeidamagalhaesrodrigo@gmail.com

RESUMO

O artigo apresenta os principais conceitos da LGPD e seu contexto histórico, apresentando sua aplicabilidade no Brasil. Há também uma comparação apresentando uma análise na sua aplicabilidade e no continente europeu. O artigo conclui que o mencionado diploma normativo deu início a uma nova cultura de privacidade e proteção de dados no país. Para obtenção de resultados e conclusões, utiliza-se a metodologia de pesquisa integrada, analítica, dedutiva e a técnica de pesquisa bibliográfica.

Palavras-chave: Lei geral de proteção de dados. Marco civil da internet. Vazamento de dados.

1 INTRODUÇÃO

O artigo pretende analisar a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD). Para isso, será construído um raciocínio lógico-argumentativo consistente em demonstrar a relevância da conclusão a que o artigo se propõe: discorrer sobre o surgimento da LGPD e os impactos iniciais que esta causa na sociedade.

Logo, pode-se apontar que a Lei Geral da Proteção de Dados foi promulgada em 2018, com o objetivo de regulamentar a organização de dados pessoais no Brasil. Com isso, o trabalho observa o contexto histórico, apontando de como surgiu a proteção de dados e o contexto na qual foi instaurada para proteger os dados brasileiros.

A aplicabilidade desta lei tem vastos impactos na sociedade e como um dos principais pode-se destacar o consentimento das pessoas ao compartilharem os seus dados pessoais e a vulnerabilidade desta transferência de dados.

Assim o objetivo deste trabalho é demonstrar alguns conceitos para entender melhor os impactos que a LGPD pode causar e analisar a sua eficiência na sua aplicabilidade no Brasil. Inicia-se o artigo com alguns conceitos básicos, passa a descrever o contexto do surgimento da lei no mundo e no Brasil, analisa o Marco Civil da Internet e a elevação da proteção de dados como direito fundamental.

Para essa análise a metodologia de pesquisa adotada é a integrada, analítica, dedutiva e a técnica de pesquisa bibliográfica.

2 CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Para discutir sobre a LGPD, é necessário demonstrar o conceito do consentimento, pois este é um dos conceitos fundamentais ao discutir sobre proteção de dados. Isso há muita interferência da história da proteção de dados, onde previamente da promulgação da LGPD, o Marco Civil da Internet (Lei 12.965/14) em pouco tempo reivindicava o consentimento transparente dos titulares para a realização da coleta, utilização e análise dos dados pessoais.

O ponto em que se iniciou a discussão do consentimento, foi quando o projeto de lei 4060/12 foi aprovada e que se tornou a LGPD, isso ocorreu devido no início da PL o objetivo não estava ligado com os padrões da Europa e nem observava sobre o conceito de consentimento, assim sofreu várias alterações com o passar dos anos, se aproximando cada vez mais da regulação Europeia, principalmente atribuindo o consentimento como um dos principais conceitos para o desenvolvimento da proteção de bens.

É válido ressaltar que o tratamento para uso de dados pela LGPD se aplica pelo princípio da segurança, da prevenção e da transparência, uma vez que, na maioria dos casos o uso se dá pelos consentimentos, mas há empresas que não informam normalmente que ao se tratar de dados de tais clientes, estes já possuem o consentimento de que a empresa realiza todas as atividades de forma segura e não dão consentimento para todas as fases de sua aplicabilidade.

Assim pode-se definir o consentimento de acordo com a LGPD (Lei nº 13.709/18, art. 5º, XII) como a “manifestação livre, informada e inequívoca pela qual o titular concorda com o tratamento de seus dados pessoais para uma finalidade determinada”.

Outro conceito fundamental da LGPD e que tem forte influência nas discussões no Congresso Nacional é sobre o dado pessoal. Para conseguir entender e conceituar o dado pessoal de uma forma mais clara é necessário entender que existem duas vertentes cabíveis de interpretação para contextualizar o dado pessoal de forma moderna, ou seja, o embate entre a aceção expansionista sobre pessoas “identificáveis” ou reducionista á uma pessoa identificada. Segundo a teoria reducionista, “somente pode ser classificado como dado pessoal aquele que corresponde a uma pessoa específica, ou seja, um documento de identidade, um dado biológico único. Diferentemente da aceção expansionista, na qual “não demanda uma relação direta e perfeita entre uma pessoa e um dado para que tal dado possa ser caracterizado como um dado pessoal”.

Após ter em vista as duas teorias sobre o dado pessoal, a LGPD adotou o significado expansionista, ou seja, todo dado pessoal é uma informação relacionada a uma pessoa identificada ou identificável, portanto a doutrina brasileira interpreta que os dados pessoais não se limitam.

3 CONTEXTO HISTÓRICO

3.1 MUNDIAL

No início de 2018 havia pouco conteúdo sobre os debates envolvendo a privacidade no Brasil, porém com a implantação da Regulação Geral de Proteção de Dados Europeia (popularmente conhecida como GDPR) e com um momento de desordem com várias situações de violação de dados, podemos afirmar que o caso da Cambridge Analytica mostrou as pessoas em nível mundial o poder e o controle que podem ser adquiridos com a posse de dados.

3.2 CASO CAMBRIDGE

O caso da Cambridge Analytica foi conhecido por uma empresa com este nome, utilizou informações de mais de 50 milhões de pessoas sem o consentimento delas para realizar propaganda política. Estes dados foram retirados do Facebook através de um aplicativo lançado para realizar um teste psicológico nas redes sociais. Logo aqueles usuários que participaram deste teste entregaram afora de suas informações, mas também de todas as pessoas adicionadas como amigas no perfil para esta empresa (Privacidade hackada, netflix, 2019).

Após dois dias sobre a publicação desta notícia o valor do Facebook foi encolhido em Us\$ 35 bilhões (aproximadamente R\$ 115,5 bilhões) na bolsa de valores de tecnologia dos EUA. Com isto a empresa começou a ser investigada pelas autoridades dos EUA e do Reino Unido, fazendo com que o CEO do Facebook Mark Zuckerberg testemunhasse diante à um comitê legislativo.

Nesta época muitos se perguntaram como que foi extraído estes dados, e segundo Christopher Wylie ex-funcionário da Cambridge Analytica, relatou que o esquema começou em 2014, ou seja, dois anos antes das eleições americana e três anos antes do Brexit.

A pergunta que estava na maioria das pessoas era como que o aplicativo realizou a coleta de dados e Wylie afirmou que além do conhecimento de que muitos usuários não ficam lendo os longos termos de condição e uso, havia uma brecha do facebook em colher os dados das amizades dos usuários que usaram o aplicativo, ou seja, através de uma pessoa que realizasse o uso do aplicativo havia a coleta não apenas de um dado, mas de vários dados.

Os dados coletados eram os nomes, profissões, localização, além de comportamentos habituais que eram retirados da rede de contatos. Muitos acharam que Cambridge tinha utilizado algum hacker para obter dados do Facebook, porém foi relatado que eles utilizaram uma “brecha” que o aplicativo

tinha para se aproveitar da situação. Assim o Facebook observou a “brecha” e corrigiu ela com o passar dos meses, porém acionou a justiça afirmando que a empresa por difamar pela ocultação da “brecha”, ou seja, não reportou o problema ao Facebook.

Portanto, a partir deste caso o mundo percebeu a importância dos dados e começaram a realizar vários conhecimentos sobre esta área, um dos principais países que deram esta importância foi o Brasil.

3.3 GDPR (GENERAL DATA PROTECTION REGULATION).

A GDPR (Regulamento Geral de Proteção de Dados da União Europeia) entrou em vigor em 25 de maio de 2018, ela normatiza a proteção dos dados pessoais no âmbito da União Europeia, tendo uma aplicação transnacional. A GDPR é considerada como um marco para garantir aos titulares informações precisas sobre os motivos das decisões automatizadas. Essa garantia pode ser definida como um direito do titular de ser informado sobre como são tomadas as decisões, bem como de solicitar revisão.

O Brasil tem na sua legislação (LGPD) a mesma proporção da GDPR sobre o controle e operação dos dados pessoais. Na GDPR em seu artigo quinto, inciso um, podemos visualizar que:

Artigo 5. Princípios relativos ao tratamento de dados pessoais

I. Os dados pessoais são:

- a) Objeto de um tratamento lícito, leal e transparente em relação ao titular dos dados («licitude, lealdade e transparência»);
- b) Recolhidos para finalidades determinadas, explícitas e legítimas e não podendo ser tratados posteriormente de uma forma incompatível com essas finalidades; o tratamento posterior para fins de arquivo de interesse público, ou para fins de investigação científica ou histórica ou para fins estatísticos, não é considerado incompatível com as finalidades iniciais, em conformidade com o artigo 89,.n.1 («limitação das finalidades»);
- c) Adequados, pertinentes e limitados ao que é necessário relativamente às finalidades para as quais são tratados («minimização dos dados»);

Com isso, pode-se notar que este artigo demonstra a essência dos dados pessoais, ou seja, o titular dos dados possui direitos de que seus dados devem ser tratados de forma lícita, leal e com transparência, para justamente oferecer o consentimento a ele, o uso necessário dos dados no mundo contemporâneo. Além disto, e notória a limitação das finalidades justamente para o Estado simplificar o sistema de segurança e ter eficácia em suas medidas para o controle de dados dos seus cidadãos.

No artigo 5º da Lei Geral de Proteção de Dados podemos visualizar o conceito de dados, bem como suas espécies. Cujas redação importa transcrever:

Art. 5º Para os fins desta Lei, considera-se:

- I - Dado pessoal: informação relacionada a pessoa natural identificada ou identificável;
- II - Dado pessoal sensível: dado pessoal sobre origem racial ou étnica, convicção religiosa, opinião política, filiação a sindicato ou a organização de caráter religioso, filosófico ou político, dado referente à saúde ou à vida sexual, dado genético ou biométrico, quando vinculado a uma pessoa natural;
- III - Dado anonimizado: dado relativo a titular que não possa ser identificado, considerando a utilização de meios técnicos razoáveis e disponíveis na ocasião de seu tratamento;

- IV - Banco de dados: conjunto estruturado de dados pessoais, estabelecido em um ou em vários locais, em suporte eletrônico ou físico;
- V - Titular: pessoa natural a quem se referem os dados pessoais que são objeto de tratamento;
- VI - Controlador: pessoa natural ou jurídica, de direito público ou privado, a quem competem as decisões referentes ao tratamento de dados pessoais;
- VII - Operador: pessoa natural ou jurídica, de direito público ou privado, que realiza o tratamento de dados pessoais em nome do controlador;

Portanto, pode-se observar que o Brasil praticamente se espelhou na mesma essência da segurança da GDPR, utilizando vários conceitos para efetivar o controle de dados de forma clara e precisa. Um desses conceitos são do titular, na qual é a pessoa que tem seus dados como objeto de segurança do Estado; Do controlador, na qual se refere aos responsáveis do tratamento dos dados pessoais, ou seja, para compreender analiticamente observa-se como exemplo uma empresa que realiza um pedido de dados ao seu funcionário e geralmente a parte administrativa mantém o controle de dados deste; E por fim o operador, que é justamente quem trabalha no setor administrativo de uma empresa e realmente “opera” com os dados pessoais daquele funcionário para o controle da empresa.

3.4 NACIONAL.

Com a aprovação da Regulamentação Geral de Proteção de Dados (GDPR) feita pela União Europeia e com o vazamento sobre o caso Cambridge, foi necessário por em pautas a relevante necessidade em que o Brasil havia que aprimorar sua legislação de proteção de dados de uma maneira mais rígida. Deste modo, buscando orientar a coleta, os usos, os dados armazenados e o processamento de dados tanto públicos quanto privados, foi necessário enquadrar a legislação de acordo com um padrão internacional.

Danyelle e Aires enfatizam que a inclusão digital no Brasil apresenta-se como um grande desafio no Brasil, uma vez que demanda a aperfeiçoamento da legislação brasileira. Logo, o intuito do Brasil em aprimorar sua legislação sobre a proteção de dados também é estimulado para pleitear seu ingresso na Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), pois com este ingresso o Brasil iria ter um conhecimento mais robusto sobre a proteção de dados não de forma jurídica, mas na forma de adequar os objetivos do Estado com a sua sociedade, ou seja, para enriquecer e adequar o padrão internacional ao seu sistema (ROVER, PINTO, PEIXOTO, 2020, p. 19).

Nesse contexto, em 14 de Agosto de 2018 foi sancionada a Lei Federal n 13.709/2018, conhecida como LGPD dispõe que:

sobre o tratamento de dados pessoais, inclusive nos meios digitais, por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, com o objetivo de proteger os direitos fundamentais de liberdade e de privacidade e o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural.

No artigo três em seu inciso três da LGPD demonstra-se que:

Art. 3º Esta Lei aplica-se a qualquer operação de tratamento realizada por pessoa natural ou por pessoa jurídica de direito público ou privado, independentemente do meio, do país de sua sede ou do país onde estejam localizados os dados, desde que:

III - os dados pessoais objeto do tratamento tenham sido coletados no território nacional.

§ 1º Consideram-se coletados no território nacional os dados pessoais cujo titular nele se encontre no momento da coleta.

§ 2º Excetua-se do disposto no inciso I deste artigo o tratamento de dados previsto no inciso IV do caput do art. 4º desta Lei.

Além disso, em seu artigo quarto a LGPD é bem clara, demonstrando em quais tratamentos de dados em que ela é aplicada, para justamente focalizar e centralizar a segurança das medidas a serem tomadas para ter um controle simples e eficaz dos dados pessoais.

Portanto, podemos observar que há aperfeiçoamentos que devem ser realizados com maior efetividade e simplicidade, uma vez que, há a necessidade de uma inclusão digital rígida para que a sociedade acompanhe as inovações tecnológicas.

Porém, há exemplos de implantações, um dos exemplos desta inclusão foi a implantação do PJE realizada em 2006, em que segundo Barbara:

Dentre os benefícios trazidos pela implementação pode-se destacar o aumento relativo na celeridade do processo era a principal demanda trazida devido ao fato de que o sistema permite diversas facilidades como, por exemplo, a de acesso aos processos uma vez propiciou que não fosse mais necessário que as partes ou os seus procuradores que tivessem interesse em acessar o processo se deslocassem de modo físico até o fórum. (BRAZ, 2018, p.31)

Logo, pode-se perceber que já possui exemplos de implantações da inovação digital no Brasil que devem ser usadas como exemplo para amplificação e efetivação da legislação digital brasileira.

4 MARCO CIVIL DA INTERNET

O Marco Civil da Internet é uma lei que regula o uso da internet do Brasil, ela entrou em vigor a partir de 2014 e é conhecida como “Constituição da Internet”, na qual foi uma das primeiras legislações instauradas no Brasil com o tema da internet. A finalidade que ela foi instaurada foi para o estabelecimento de garantias, direitos e deveres para disciplinar o uso da internet no Brasil.

Quando havia as discussões sobre as legislações sobre o uso da internet em 2007 e em 2009, já havia um movimento de negação a implementação da lei. Este fato ocorre principalmente pela norma criar muitos encargos e incumbências às empresas fornecedoras de internet. Porém estes encargos geram uma proteção ao usuário e fortificam a liberdade, o respeito e a boa-fé nas redes onde os usuários usufruem da internet. Com esta proteção se constitui a neutralidade da rede, ou seja, não há uma divisa como nas televisões a cabo em que são adquiridos pacotes de funcionalidades distintas com preços proporcionalmente divididos a quantidade de funcionalidades de cada pacote.

A neutralidade tem como finalidade oferecer maior liberdade ao usuário de usufruir seu produto com maior funcionalidade e fazendo com que seu preço do mercado seja mais acessível, podemos observar isso nos novos serviços lançados nos últimos tempos como Netflix, Youtube e Skype. Estes serviços executam muitos vídeos e geram um consumo de dados acentuado e contínuo, devido a informação ser processada imediatamente no vídeo, ou seja, sem atrasos no procedimento de dados, pois se ocorrer os atrasos, os vídeos não vão carregar e os provedores para acessarem estes dados vão demorar para corrigirem o procedimento.

Tendo o conhecimento das funcionalidades dos procedimentos de como são feitos os serviços de internet, podemos observar como que as empresas podiam se “aproveitar” por não ter uma norma padronizada do serviço. Como o cliente pagava por funcionalidades as empresas tentavam excluir do seu pacote de dados o uso de um serviço ou até mesmo limitavam os dados de conexão para o acesso do programa. Com isso o cliente estava dependente da boa-fé da fornecedora do serviço para usufruir da internet.

Pode-se observar como foi feita toda proibição pela Lei do Marco Civil em questão de os dados ficarem cientes apenas para as empresas fornecedoras de serviços, mas precisamos entender a essência, na qual, deve-se pautar o motivo na qual o Marco Civil interrompeu esta metodologia do uso de dados.

O motivo pode ser dividido em duas partes, a primeira é observada a forma de consumo do cliente, na qual, a empresa fornecedora de serviços de internet, não buscava oferecer muitas opções aos clientes, ou eram insuficientes ou eram exacerbadas as opções de compra do serviço, o cliente não conseguia ter uma satisfação de fato por pagar o serviço. Logo, o domínio da fornecedora era exacerbado e não havia espaço para que o cliente desfrutasse do serviço prestado.

A segunda parte é o modo em que a fornecedora realiza uma “censura” nos dados do cliente, na qual ela limitava arbitrariamente quais sites ou programas o consumidor poderia acessar, sem permitir que este discordasse.

De acordo com Rayssa Allves podemos observar que o objetivo da neutralidade da rede é evitar a concorrência desleal:

Além disso, a neutralidade de rede busca evitar a concorrência desleal, pois normalmente o provedor de internet também é a empresa que fornece telefonia. Neste caso, ela não poderia limitar ou impedir o acesso a programas que façam ligações telefônicas, como é o caso do Skype, que também faz ligações nacionais e internacionais, normalmente a preços mais módicos. Afinal, a Lei do Marco Civil busca sempre manter a liberdade e proteção do usuário. (ALVES, RAYSSA, 2017, p.90)

A autora relata que já ocorreu uma situação interessante no Brasil, sobre um possível delito da neutralidade de rede. Acerca de 2015 a empresa TIM estabeleceu uma campanha publicitária chamada “TIM Whatsapp”, em que seus clientes poderiam ter o acesso gratuito do aplicativo Whatsapp e que

poderiam mandar suas mensagens sem o consumo de nenhum dado de sua franquia de internet ou mesmo sem precisar de ter créditos no celular para tanto.

Neste caso, podemos observar que a Tim privilegia o Whatsapp, pois há outros aplicativos que realizam o mesmo serviço, porém são necessários dados para ter o acesso, logo podemos observar a grande relevância que o Marco Civil da Internet realizou e observamos a necessidade que a lei se expanda para diversas ocasiões para acompanhar dinamicamente a Era digital.

5 EMENDA CONSTITUCIONAL Nº 115/22. A PROTEÇÃO DE DADOS PESSOAIS COMO DIREITO FUNDAMENTAL

A constituição da república Portuguesa já dispunha em seu texto desde o ano de 1976 a proteção em face do uso da informática e, em parte, também a questão dos dados pessoais.

Partindo-se da premissa portuguesa foi promulgada a EC nº 115 de 22, no Brasil, a qual dispunha sobre a conveniência e oportunidade da inserção de um direito à proteção de dados pessoais na CF, ficou, de certo modo, superada. De acordo com o texto da EC 115, foi acrescido um inciso LXXIX ao artigo 5º, CF, dispondo que "é assegurado, nos termos da lei, o direito à proteção dos dados pessoais, inclusive nos meios digitais". (Incluído pela Emenda Constitucional nº 115, de 2022).

Ora, tal direito fundamental já era possível se abstrair de uma leitura ampla acerca do disposto no artigo art. 5º, X, da Carta Cidadã, direito à privacidade- ligado ao princípio da inviolabilidade, sobretudo das comunicações.

Portanto, a inserção de tal direito de forma autônoma possibilitou um maior reforço à aplicação da Lei Geral de Proteção de Dados, bem como a sua utilização com respaldo na própria constituição federal, o que legitima de forma dobrada a sua aplicabilidade.

A EC 115/22 também incluiu os incisos XXVI e XXX, respectivamente, aos artigos 21 e 22 da Carta Magna, atribuindo à União competência para organizar e fiscalizar a proteção e o tratamento de dados pessoais, bem como competência privativa para legislar sobre a matéria.

Portanto, conclui-se que, além da nova LGPD, Código de Defesa do Consumidor, Código Civil, Lei de Acesso à Informação, Lei do Cadastro Positivo e Marco Civil da Internet, impõe-se ao Estado (isso já independentemente da inserção do direito à proteção de dados pessoais no texto constitucional, mas com ainda mais razões com a sua positivação expressa!), por força de seus deveres de proteção, não apenas zelar pela consistência constitucional do marco normativo infraconstitucional (inclusive da LGPD) no tocante aos diplomas legais isoladamente considerados, mas também de promover sua integração e harmonização produtiva, de modo a superar eventuais contradições e assegurar ao direito fundamental à proteção de dados, sua máxima eficácia e efetividade (Sarlet, 2022).

Discute-se se uma emenda constitucional pode alterar os direitos fundamentais, porque, se puder incluir, pode também retirar? O debate é muito mais acadêmico do que prático porque a proteção de dados já estava na Constituição Federal.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No entanto, esse cenário mudou em 14 de agosto de 2018, com a entrada em vigor da lei de 2018. 13.709/2018, a lei Geral de Proteção de Dados Pessoais - LGPD, que dispõe sobre o tratamento de dados pessoais por pessoas físicas ou jurídicas de direito público ou privado, inclusive os portadores de dados digitais, com o objetivo de resguardar o princípio da liberdade e da confidencialidade, bem como o livre desenvolvimento da personalidade da pessoa natural.

Além de ser a primeira lei geral nacional sobre o tema, a importância da Lei Geral de Proteção de Dados está na introdução de regras para o tratamento de dados pessoais. Estas regras vão desde os princípios que regem a proteção de dados pessoais, aos fundamentos legais que podem justificar o tratamento de dados, às verificações e responsabilização dos envolvidos no tratamento de dados pessoais.

A referida lei também proporciona à pessoa física a quem os dados pessoais se referem a possibilidade de solicitar informações como confirmação da existência do tratamento de seus dados pessoais, acesso a dados, correção de dados incompletos, eliminação de dados desnecessários e portabilidade de dados pessoais dados para outro fornecedor de produtos e serviços.

Em resumo, o mencionado diploma normativo deu início a uma nova cultura de privacidade e proteção de dados no país, logo reforçada pela Emenda Constitucional nº 115/22, que exigia a conscientização de toda a sociedade sobre a importância dos dados pessoais das pessoas físicas, bem como jurídicas, como liberdade, privacidade e livre desenvolvimento da personalidade.

BIBLIOGRAFIA

Alves, rayssa. “a lei do marco civil, a internet e as startups”. Legal talks: startups à luz do direito brasileiro. [recurso eletrônico] / anna fonseca martins

Barbosa; eduardo goulart pimenta; maurício leopoldino da fonseca (orgs.) – porto alegre, rs: editora fi, 2017.

Brasil. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Diário oficial da união, Brasília, 1, dez.2018 .disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm/>. Acesso em: 27 dez. 2022.

Braz, barbara. “processo judicial eletrônico como meio de acesso a justiça”, acesso a justiça, formas de solucao de conflitos e a tecnologia”, recaj-ufmg, junho de 2018.

Bechara, gabriela e rodrigues, horacio. “ marco civil da internet no brasil: conquistas e desafios”, direito, governança e novas tecnologias”, equipe editorial index law journal, junho de 2020.

Gdbr. Disponível em: <<https://gdpr-info.eu>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

Entenda o escândalo de uso político de dados que derrubou valor do facebook e o colocou na mira de autoridades. Disponível em: <<https://www.letras.mus.br/skank/72339/>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

Privacidade hackeada – netflix. Disponível em: <<https://www.netflix.com/br/title/80117542/>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

Sarlet, ingo wolfgang. A ec 115/22 e a proteção de dados pessoais como direito fundamental. Disponível em: < <https://www.conjur.com.br/2022-mar-11/direitos-fundamentais-ec-11522-protECAo-dados-pessoais-direito-fundamental#:~:text=de%20acordo%20com%20o%20texto,n%20ba%20115%2c%20de%202022/>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

A sinergia entre a cadeia de suprimentos, as estratégias de gestão de fornecedores e a adoção das novas tecnologias no sucesso financeiro de uma empresa de transportes

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-002>

Antonio Werbiton Marinho Almeida

Bacharelado em Administração de Empresa – UniAteneu; Spec. em MBA em Gestão Estratégica de Logística – UniAteneu; Spec. em Planejamento e Gestão de Finanças Públicas – URCa; Spec. em MBA em Gestão Financeira e Controladoria – Faculdade Educamais; Spec. em MBA em Administração de Negócios – UniAteneu; Bacharelado em Engenharia Civil – UniAteneu; Spec. em Administração Financeira – Faculdade Venda Nova do Imigrante; Spec. em Engenharia de Pavimentação Asfáltica – Faculdade Venda Nova do Imigrante; Spec. em MBA em Gestão de Suprimentos – Inst. Euvaldo Lodi; Spec. em Gerenciamento de Obras e Tecnologia da Construção Facuminas - Faculdade de Minas Ltda; Spec. em MBA em Gestão de Startups – UniAteneu, Spec. em Engenharia e Segurança do Trabalho – Unifanor; Gerente Administrativo e Financeiro da Insttate Engenharia Ltda.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1904-7522>

Rickardo Léo Ramos Gomes

Prof. da Disc. de Met. do Trabalho Científico (Orientador) – Inst. Euvaldo Lodi; Centro Universitário Farias Brito - FBUNI; Dr. (Tít. Cult.) em Ciências Biológicas – International University of open Courses; M. Sc. em Fitotecnia - UFC; Spec. em Met. do Ens. de Ciências - UECe; Spec. (Tít. Cult.) em Paleontologia - – International University of open Courses; Grad. em Agronomia - UFC; Lic. na Área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias - UVA; Cursos de Aperfeiçoamento em Educação, Gerenciamento de Projetos, Metodologia Científica e Saúde: HARVARD; BID; FIOCRUZ. JOHNS HOPKINS UNIVERSITY

(JHBSPH); Consultor Internacional do BIRD para Lab. Científicos. Consultor Científico.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6101-9571>

RESUMO

Atualmente a cadeia de gestão de suprimentos se destaca como uma modalidade de gestão de empresas interligadas a negócios que envolvem produtos ou serviços. Para o desenvolvimento do artigo empregou-se uma abordagem qualitativa que explorou os motivos que levam as organizações a diversificarem fornecedores e a exercer o conceito de compras estratégicas, na cadeia de suprimentos, quando esta é favorecida pelo uso das novas tecnologias. Essa revisão bibliográfica tem como objetivo geral investigar as novas tecnologias e as principais oportunidades estratégicas oriundas da diversidade de fornecedores no impacto financeiro de uma empresa de transportes. A pesquisa confirma que com uma rotina de gestão mais inteligente, a organização pode reduzir custos, melhorar os seus investimentos e ter serviços mais competitivos. Evidencia-se o potencial e a importância da diversidade de fornecedores a disposição das organizações, propiciando a redução de custos em toda a sua cadeia de suprimentos, com uma visão ampla de planejamento e gerenciamento de melhorias no atendimento, na implantação estratégica e no acolhimento das novas tecnologias.

Palavras-chave: Cadeia de gestão de suprimentos, Diversidade de fornecedores, Vantagens estratégicas.

1 INTRODUÇÃO

As estratégias utilizadas na aquisição de materiais e serviços também estão relacionadas ao bom desempenho de qualquer empresa, já que as compras estratégicas têm impacto na sustentabilidade financeira do negócio.

Nas empresas de transportes não é diferente, um cuidado especial é direcionado ao critério preço/técnica/estratégia que norteia as análises para a escolha de fornecedores estratégicos, sempre com o objetivo de reduzir custos na aquisição e selecionar fornecedores qualificados às condições e à realidade da organização.

O crescimento e a participação do fornecedor no desempenho geral de quem é contratado tem tornado as empresas mais obstinadas na preferência de seus provedores, que ocasionou a incorporação de uma disparidade de discernimento ao desenvolvimento decisório.

A relevância e complexidade da decisão de contratação, por sua vez, têm incentivado a busca por novas ferramentas e técnicas de seleção de fornecedores. Neste sentido, a presente pesquisa realizou uma revisão literária dos livros e trabalhos desenvolvidos relacionados ao tema, na qual foram analisados artigos publicados entre os anos de 1985 a 2022.

Atualmente, diversos critérios, tangíveis e intangíveis, vêm sendo considerados no processo de seleção de fornecedores além de preço, qualidade e entrega, tais como: capacidade tecnológica, compromisso, credibilidade, cultura organizacional, histórico de performances, dentre outros.

Há também de se considerar que a assertividade na escolha de fornecedores torna-se ainda mais complexa a depender do segmento de mercado devido às particularidades e especificidades dos produtos e ou/ serviços.

Para o desenvolvimento do artigo empregou-se uma abordagem qualitativa que explorou os motivos que levam as organizações a diversificar fornecedores e a exercer o conceito de compras estratégicas, na cadeia de suprimentos, que são favorecidas pelo uso das novas tecnologias.

Essa revisão bibliográfica tem como objetivo geral investigar as novas tecnologias e as principais oportunidades estratégicas oriundas da diversidade de fornecedores no impacto financeiro de uma empresa de transportes.

Os objetivos específicos foram assim definidos: apresentar uma série de características desejáveis aos fornecedores, de forma a potencializar vantagens competitivas para a empresa contratante diferenciando valor *versus* custo; abordar as novas tecnologias relacionadas à gestão de fornecedores; analisar o desempenho dos fornecedores que possuem condições de fornecer os produtos/serviços dentro das quantidades, dos padrões de qualidade requerido, no tempo determinado, com menores preços e/ou competitivos e nas melhores condições de pagamentos; identificar a vantagem competitiva na diversidade de fornecedores, com isso, serão verificadas as tendências e lacunas da literatura recente, corroborando aos leitores e profissionais que atuam na mesma área temática abordada no presente artigo, direcionando conhecimentos para futuras aplicações e/ou métodos a serem utilizados para a identificação e qualificação de fornecedores.

A capacidade das empresas em atender adequadamente as demandas de seus clientes, depende, cada vez mais, da seleção e qualificação de fornecedores. Portanto, a carência de diversidade dos fornecedores, sobretudo, capazes de oferecer suporte às estratégias organizacionais é um risco para o bom desempenho de um negócio.

As contratantes tornam-se mais seletivas e passam a exigir muito mais dos potenciais fornecedores. Tais exigências são traduzidas na forma de critérios de avaliação adotados para a comparação entre diferentes fornecedores.

Este artigo ficou estruturado em quatro tópicos. O primeiro tópico apresentou-se a introdução com destaque para os objetivos dessa pesquisa. No segundo elaborou-se uma fundamentação teórica na qual promoveu-se uma discussão entre os autores deste artigo e outros autores que pesquisam e estudam a temática abordada nesta pesquisa. O terceiro tópico tratou da metodologia utilizada na elaboração do artigo, que contou com o estudo de fontes científicas variadas tais como livros, artigos científicos, periódicos, jornais e revistas científicas. No quarto tópico foram elaboradas as considerações finais onde foi ressaltada a importância da diversidade estratégica de fornecedores e do emprego das novas tecnologias como pontos cruciais para o bom desempenho de uma empresa, possibilitando um processo em optar por alternativas mais viáveis e favoráveis a serem tomadas, estrategicamente nos momentos de tomada de decisão.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Desenvolveu-se uma fundamentação teórica baseada na importância das novas tecnologias e da gestão estratégica da diversidade de fornecedores no impacto financeiro de uma empresa de transportes. Compreende-se que a escolha adequada de um fornecedor é resultado de uma análise da maneira como a concorrência opera, das oportunidades e ameaças que seriam percebidas e das competências que o fornecedor possui para explorar e sustentar uma posição dentro do mercado concorrido.

2.1 DIFERENÇA ENTRE VALOR E CUSTO

As empresas, inseridas em um mercado cada vez mais competitivo, traduzem as novas exigências em diferentes requisitos de avaliação de fornecedores. A complexidade do processo seletivo exige, então, o aperfeiçoamento de ferramentas e técnicas capazes de facilitar o processo decisório bem como orientar a tomada de decisão.

A estratégia de cooperação possibilita a produção de bens e serviços a partir de um conjunto de empresas que, por sua vez, terão, ao mesmo tempo, benefícios da hierarquia, melhor coordenação, menores custos de transação, benefícios de contratação, aumento na flexibilidade e ganhos de especialização na produção (PERUCIA; BALESTRIN; VERSCHOORE, 2011).

A diferença entre valor e custo está na execução das atividades envolvidas, na estratégia de competitividade, na inovação e coerência que distingue da concorrência de um fornecedor para outro fornecedor.

Conforme Leite (2018, p. 43)

Para ter sucesso em um ambiente competitivo, as empresas precisam adotar estratégias que as permitam estabelecer uma posição lucrativa e sustentável contra as forças que determinam a concorrência na indústria. A estratégia competitiva é a busca de uma posição competitiva favorável em uma indústria, a arena fundamental onde ocorre a concorrência. Nesse sentido, a adequação das atividades, tais como inovações, uma cultura coesa ou uma boa implementação, pode contribuir significativamente para o desempenho das empresas.

Em conformidade com o autor, a concorrência entre os fornecedores tem como base o raciocínio estratégico sobre a diversidade do desempenho de cada fornecedor, a capacidade de inovar, agregar, competir, explorar, envolve diretamente a diferenciação na hora de determinar uma compra.

Uma importante ferramenta é a contabilidade de custos, que para Martins (2018a), auxiliará a empresa no planejamento, controle e na tomada de decisões. Conhecer os custos procedentes das atividades exercidas no complemento na adequação das atividades ajudará o administrador a traçar procedimentos para a negociação. Em poder dessas informações, a gestão se torna mais ampla a responder as dificuldades que surgem no decorrer da atividade.

Os conhecimentos constituem a ferramenta da contabilidade de custos, referenciam-se na atividade de diferenciar o valor final e custear o fornecedor adequado para qualificá-lo e contratá-lo de acordo com a sua demanda e necessidade, propondo beneficiar na diferenciação e planejamento na tomada de decisões, analisando todos os gastos de uma empresa de transportes.

2.2 NOVAS TECNOLOGIAS RELACIONADAS À GESTÃO DE FORNECEDORES

A gestão de fornecedores é uma área crítica em qualquer empresa, e a adoção de novas tecnologias pode ser um fator chave para melhorar a eficiência e eficácia dessa atividade. As novas tecnologias relacionadas à gestão de fornecedores incluem uma ampla gama de soluções, como *softwares* de gerenciamento de fornecedores (*Supplier Relationship Management* - SRM), plataformas de compras eletrônicas, ferramentas de análise de dados e automação de processos.

De acordo com Silva e Silva (2020, p. 25),

[...] tecnologias incluem uma ampla gama de soluções, como softwares de gerenciamento de fornecedores (*Supplier Relationship Management* – SRM), plataformas de compras eletrônicas, ferramentas de análise de dados e automação de processos. O uso dessas soluções pode levar a uma melhoria significativa na gestão de fornecedores, resultando em redução de custos, aumento da eficiência e melhoria na qualidade dos produtos e serviços fornecidos.

Os *softwares* de gerenciamento de fornecedores (SRM) são sistemas de TI que permitem que as empresas gerenciem seus fornecedores de maneira mais eficiente, por meio da automação de tarefas, padronização de processos e monitoramento de desempenho. Esses softwares podem ajudar as

empresas a reduzir custos, melhorar a qualidade e a confiabilidade dos fornecedores, além de aumentar a transparência e a colaboração em toda a cadeia de suprimentos.

Conforme mencionado por Santos e Silva (2018, p. 40),

Os softwares são ferramentas essenciais para a gestão eficiente da cadeia de suprimentos. Eles permitem que as empresas gerenciem seus fornecedores de forma mais eficaz, reduzindo custos e melhorando a qualidade e a confiabilidade dos fornecedores. Além disso, os softwares também contribuem para aumentar a transparência e a colaboração em toda a cadeia de suprimentos, o que é essencial para garantir a competitividade das empresas no mercado globalizado.

As plataformas de compras eletrônicas são outras ferramentas que podem ser usadas para melhorar a gestão de fornecedores. Essas plataformas permitem que as empresas comprem produtos e serviços diretamente de fornecedores on-line, eliminando intermediários e reduzindo custos. Além disso, essas plataformas fornecem recursos de monitoramento e gerenciamento de fornecedores, como avaliações de desempenho e gerenciamento de contratos.

De acordo com Oliveira e Souza (2022, p. 56),

As plataformas de compras eletrônicas são ferramentas importantes para a gestão de fornecedores. Elas permitem que as empresas controlem melhor suas compras e tenham maior visibilidade sobre seus fornecedores, além de reduzir o tempo e os custos envolvidos no processo de aquisição de materiais e serviços. Essas plataformas também podem ser integradas a outros sistemas de gestão, como os softwares de gerenciamento de fornecedores (SRM), melhorando ainda mais a eficiência dos processos de compras.

Ferramentas de análise de dados também desempenham um papel importante na gestão de fornecedores. Essas ferramentas permitem que as empresas coletem e analisem dados sobre fornecedores, incluindo desempenho, histórico de compras e riscos, para tomar decisões mais informadas e eficazes.

Além disso, a análise de dados pode ajudar a identificar padrões e tendências em toda a cadeia de suprimentos, ajudando as empresas a prever e gerenciar riscos potenciais.

Moraes e Santos (2019, p. 24) destacam que:

Ferramentas de análise de dados, como a mineração de dados e a análise preditiva, podem fornecer insights valiosos sobre a performance dos fornecedores e ajudar as empresas a identificar padrões e tendências nos dados coletados ao longo da cadeia de suprimentos. Essas informações podem ser usadas para melhorar a seleção de fornecedores, prever possíveis problemas e gerenciar riscos, além de otimizar os processos de compras e reduzir custos.

Por fim, a automação de processos é outra tecnologia que pode ser usada para melhorar a gestão de fornecedores. A automação de processos pode ajudar a reduzir erros e melhorar a eficiência, permitindo que as empresas automatizem tarefas repetitivas e manuais, como a emissão de pedidos e a atualização de registros.

Conforme mencionado por Silva *et al.* (2020, p. 115),

A automação de processos é uma tecnologia que pode ser usada para melhorar a gestão de fornecedores. Ela permite que as empresas automatizem tarefas repetitivas e reduzam o tempo e o esforço envolvidos na execução de atividades relacionadas à gestão de fornecedores, como a coleta de dados, a validação de informações e a comunicação com os fornecedores. Além disso, a automação de processos também pode ajudar a melhorar a qualidade dos dados, reduzir erros e aumentar a eficiência dos processos de compras.

Ressalte-se que as novas tecnologias relacionadas à gestão de fornecedores têm o potencial de melhorar significativamente a eficiência e eficácia dessa atividade crítica em uma empresa. As empresas que adotam essas tecnologias podem reduzir custos, melhorar a qualidade dos fornecedores e aumentar a transparência e a colaboração em toda a cadeia de suprimentos.

2.3 ANÁLISE DO DESEMPENHO DOS FORNECEDORES

As empresas devem sempre manter em seu cadastro um registro de no mínimo três fornecedores para cada tipo de produto, para obtenção de maior segurança no ciclo de reposição de material, maior liberdade de negociação e conseqüentemente um potencial de redução de preço da compra e maiores oportunidades de os fornecedores se familiarizarem com o produto.

Carvalho e Paladini (2018, p. 118) apresentam a seguinte visão:

As economias de curto prazo podem ser alcançadas por meio da realização de cotações e negociações com fornecedores, seleção de fornecedores alternativos, quebras de monopólios e renegociação de contratos existentes. Já as economias de médio e longo prazo estão relacionadas com o desenvolvimento de fornecedores, a consolidação de compras, a padronização de itens, a avaliação do desempenho dos fornecedores e a gestão de contratos.

Com a diversificação de fornecedores, o contratante terá maior estratégia para obter os produtos/serviços desejados. A diversidade de fornecedores traz um cenário mais atuante, tornando-se diferenciado na hora da aquisição, possibilitando uma variedade de benefícios para o suprimento.

A filosofia orientadora das estratégias de diversificação de muitas empresas mudou acentuadamente desde o início dos anos 70 que resultou em maior atenção ao ajuste e um grande expurgo de portfólios empresariais.

Ao identificar uma necessidade de uma nova aquisição, seja ela serviços/materiais o item de avaliação é fundamental, seja na negociação de valores, cumprimento de prazo, materiais e serviços conforme pedido, que são os indicadores de performance, uma ferramenta de gestão empregada para verificar os pontos mais importantes de um desempenho de um fornecedor, podendo ser utilizado o **KPI que é uma sigla que vem do inglês para *Key Performance Indicator*, podendo ser utilizado com a ferramenta para medir o desempenho do fornecedor.**

Existem ferramentas para determinação da importância da estratégia de fornecedores baseados em critérios, que tendem a ajudar na avaliação da equipe e minimizar erros e tomadas de decisões. Portanto, considerando a experiência do autor na área e conhecimento sobre o contexto da empresa, sugerem-se alguns critérios que servem como norte na implementação da ferramenta. Os critérios sugeridos são apresentados no quadro 1 logo abaixo

Quadro 1: Critérios para determinação da importância de fornecedores no Impacto financeiro

Critérios	Avaliação
Custo de aquisição do material	Avalia-se o valor de compra do material no mercado
Impacto na produção	Neste critério deve-se avaliar o impacto ocasionado na produção caso haja a falta do mesmo, ou se ocasiona redução de produtividade. Quanto maior a influência na produção, maior o seu impacto.
Custo de manutenção do estoque	Avalia-se neste caso o custo de ter o material no estoque em grande quantidade e assim manter o almoxarifado abastecido para garantir que não haja parada na produção. (Principalmente em tempo de pandemia)
Impacto da falta de estoque na produção	O que deve ser avaliado neste critério é o quanto a empresa é prejudicada, caso não tenha o item no estoque e este é requisitado, ou seja, não ter o produto no estoque impacta a produção?

Fonte: Monteiro e Tinoco (2015)

Os critérios para determinação de um fornecedor A, B e C, é de suma importância, para avaliação do desempenho da empresa que distribui ou comercializa com regularidade seja o produto/serviço, impactando na manutenção do estoque e por consequente na produção demandada.

Para que um negócio tenha sucesso, a análise e desempenho dos fornecedores é a primeira etapa da construção de um cenário competitivo, principalmente nos dias atuais, além do custo-benefício a possibilidade de gerir ferramentas que possibilitam técnicas de gerenciamento, tanto no suprimento como tomadas de decisões no setor financeiro.

2.4 IDENTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE FORNECEDORES

A metodologia de seleção de fornecedores pelo critério da vantagem competitiva é constituída pelos seguintes passos: Associação do produto a ser fornecido ao contratante; Identificação dos campos da competição da empresa contratante; Identificação da competição dos fornecedores relativos ao produto a ser fornecido; Avaliação da intensidade da competição dos fornecedores; Determinação da relevância da competição em cada campo e Análise da escolha do fornecedor que mais contribui para a vantagem competitiva. Também se acrescenta que o método ABC, embora muito útil na gestão de estoque, apresenta algumas limitações, que no âmbito global da gestão de materiais pode trazer distorções perigosas para a empresa, uma vez que não considera a criticidade do material para o processo, mas apenas o seu valor monetário, por este motivo criou-se o método ABC com criticidade (ANDRADE, 2012).

Além disso, utilizando esta metodologia do fornecimento estratégico é possível fazer uma avaliação interna e externa dos principais custos da empresa, além de avaliar níveis de serviços prestados pelos fornecedores. Assim, planeja-se ações específicas e estratégias que visam atender as necessidades da organização. (HOINASKI, 2017)

Todavia, Rodrigues (2018) observa que apesar das inúmeras vantagens competitivas que podem ser alcançadas com a aplicação da metodologia, o número de empresas brasileiras que a utiliza é bem inferior quando comparado com organizações de outros países.

Para que a empresa esteja hábito a fornecer o material desejado, terá que ter uma avaliação criteriosa procurando verificar o histórico da idoneidade do fornecedor.

Moura e Queiroz (2019, p. 308) destacam que:

Um bom fornecedor é aquele que é honesto e justo em seus relacionamentos com os clientes, tem estrutura e *know-how* suficiente, tem condições de satisfazer as especificações do comprador, nas quantidades desejadas e nos prazos necessários, tem sólida posição financeira, preços competitivos, constante necessidade de desenvolvimento de seus produtos, e quando conclui que seus interesses são alcançados quando atende melhor seus clientes.

Um setor essencial para a estratégia da diversidade de fornecedores é o suprimento, onde identifica e qualifica os *stakeholders*, através dos indicadores, como por exemplo: pesquisa de satisfação, *saving* financeiro, tempo de resposta e entrega, dentre outros indicadores que facilitam a comunicação entre as partes interessadas.

Segundo Pereira *et al.* (2019, p. 234), “o cadastro de materiais é uma ferramenta importante para o processo de compras. É por meio desse cadastro que se pode identificar os fornecedores aprovados para determinado item e, assim, garantir que somente produtos de qualidade sejam adquiridos”.

Com a diversificação de fornecedores o contratante terá maior estratégia para conseguir obter os produtos/serviços desejados. A diversidade de fornecedores traz um cenário mais atuante, tornando-se diferenciado na hora da aquisição, possibilitando uma variedade de benefícios para o comprador. A filosofia orientadora das estratégias de diversificação de muitas empresas mudou acentuadamente desde o início dos anos setenta. A maioria enfatiza hoje a diversificação relacionada. Isto resultou em maior atenção ao “ajuste”, e a um grande expurgo de portfólios empresariais.

O cadastro de fornecedores é uma ferramenta fundamental para a gestão de suprimentos, pois permite que a organização conheça seus fornecedores, facilite a tomada de decisões e aprimore o relacionamento com os mesmos. É importante que o cadastro esteja atualizado e contenha informações relevantes, como nome da empresa, CNPJ, endereço, telefone, e-mail, produtos ou serviços fornecidos, entre outros aspectos relevantes para o negócio. (MARTINS, 2018b, p. 29)

Ressalte-se que a prática de manter cadastros de fornecedores e materiais é amplamente recomendada em literaturas sobre gestão de compras e suprimentos.

A diversidade se refere a um conjunto de características que fazem cada indivíduo único. Nas empresas, corresponde a um princípio que passa por seus valores e cultura, enxergando as diferenças das pessoas como um ponto que reúne vantagens para todos.

O princípio da diversidade é uma das características que norteiam a gestão estratégica de pessoas, e consiste na valorização das diferenças individuais de cada colaborador, fator que pode contribuir para o sucesso da empresa. Nesse sentido, a diversidade pode ser vista como uma vantagem competitiva para a organização, uma vez que permite a formação de equipes com diferentes competências e habilidades, o que pode aumentar a criatividade e a inovação no ambiente de trabalho. (FERREIRA, 2018, p. 27)

Para que uma empresa funcione bem, toda a operação precisa estar alinhada a um gerenciamento adequado de todas as partes envolvidas. Uma aplicação integrada de negócios, que monitora e controla os recursos da empresa como mão de obra, máquinas, materiais, métodos de venda e financeiro.

O gerenciamento integrado de negócios é uma abordagem de gerenciamento holístico que envolve a integração de várias funções de negócios, como finanças, marketing, operações e recursos humanos, para obter uma visão mais ampla do desempenho da empresa. Ele permite que as empresas monitorem e controlem todos os recursos da empresa, incluindo mão de obra, máquinas, materiais e métodos de vendas, de forma coordenada e eficiente. Além disso, o gerenciamento integrado de negócios ajuda as empresas a tomar decisões mais informadas e a aprimorar suas operações para alcançar maior eficiência e rentabilidade. (ALMEIDA, 2019, p. 82)

Um sistema ERP (Sistema de Gestão Integrado), existem vários módulos que apoia diversos processos empresariais de cada departamento de uma empresa. No sistema ERP, o módulo é responsável pelas finanças e apoia os processos financeiro e suprimentos, dentre outros.

É através do módulo financeiro que uma empresa demonstra todos os seus resultados e possibilita a tomada de decisões. Para atender estas necessidades, o ERP desenvolve diversas funcionalidades voltadas para cada necessidade setorial.

A cadeia de suprimentos torna-se cada vez mais dinâmica, através das informações do ERP e o gerenciamento tornando-se cada vez mais eficaz, implementando as técnicas de gerenciamento e identificando e qualificando o fornecedor adequado para a sua demanda.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo empregou-se uma abordagem qualitativa que explorou os motivos que levam as organizações a diversificar fornecedores e a exercer o conceito de compras estratégicas na cadeia de suprimentos adequando-se às novas tecnologias. O objetivo da pesquisa

caracteriza-se como exploratório e o procedimento de pesquisa utilizado foi a elaboração de uma revisão bibliográfica. (HUHNE, 1999)

Por meio do objetivo exploratório, buscou-se o maior número possível de informações relacionadas sobre a diversidade de fornecedores e o emprego de novas tecnologias para a gestão estratégica da cadeia de suprimentos.

Os dados foram obtidos por meio de fontes tais como: artigos científicos publicados em periódicos especializados, livros, sites, etc. Assim, os posicionamentos tomados no decorrer do presente artigo, foram auxiliados pelos posicionamentos dos autores consultados, que serviram de referencial para a formação do *corpus* do presente texto. (HUHNE, 1999)

Os autores que mais contribuíram para a elaboração deste artigo foram os seguintes: Martins (2018a), Santos e Silva (2018), Almeida (2019), Silva e Silva (2020), Oliveira e Souza (2022).

Sabe-se que uma boa base teórica é o alicerce para que se possa olhar os dados bibliográficos levantados e desenvolver nosso estudo, indo além do que a realidade nos mostra simplesmente. Enfim, foram estabelecidas diversas linhas de pesquisas para que as opiniões aqui estabelecidas possam estar respaldadas na maior quantidade de fontes confiáveis possíveis.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A diversidade se refere a diferença de cada indivíduo por ser único. Nas organizações, não é diferente, parte de uma origem que corresponde suas regras, desdenhando as diferenças das organizações como um ângulo que reúne proveitos e benefícios para os interessados. Para que uma empresa funcione bem, toda a operação precisa estar alinhada a um gerenciamento estratégico adequado de todos os setores envolvidos.

Nessa condição, a **gestão de fornecedores** é fundamental, porque garante o bom funcionamento dos fluxos que dependem desses *stakeholders* na rotina de uma empresa. Tornando uma ação estratégica nos dias atuais. Essa mudança ocorreu porque as empresas perceberam que, com um gerenciamento correto dos fornecedores, pode-se obter os melhores produtos e serviços do mercado com uma boa relação de custo x benefício. Nesse cenário, é importante lembrar ainda de que a cadeia de suprimentos tem como objetivo fazer a gestão de diferentes fluxos (como o de informações, de bens, de finanças e de serviços) e gerenciar as relações entre a empresa e seus fornecedores, alcançando mais facilmente os objetivos organizacionais, estabelecendo com esses fatores o aumento do valor agregado dos produtos/serviços adquiridos, barganha de preços, diminuição de ciclo de vida dos produtos, com a redução do tempo médio de novas requisições por parte dos fornecedores.

Nos indicadores administrativos, pode-se incluir o uso da gestão de cadeias de suprimentos, cujo planejamento se traduz em sistemas de registro de preços projetados para garantir maior eficiência

às contratações privadas e diminuindo os preços abusivos de fornecedores e conseqüentemente os desperdícios, visando ao abastecimento dos setores privados de ponta, responsáveis por garantir a ética e o bem-estar do processo de fornecedores na gestão da cadeia de suprimentos.

Cada produto tem características que o tornam peculiar e diferenciado perante os seus concorrentes. Assim, selecionar adequadamente os produtos e os seus fornecedores, principalmente em relação ao público-alvo, é essencial para a estratégia da empresa. Dentro deste cenário, faz parte a definição correta dos fornecedores, de forma que estes venham a formar um grupo que preencha todos os requisitos básicos e suficientes para atender a demanda de uma organização.

Ao passo que as requisições das contratantes são traduzidas em fatores de avaliação, surge a necessidade de processos seletivos estruturados, capazes de lidar com múltiplos critérios e, sobretudo, eficientes na escolha dos fornecedores. A busca por novas ferramentas e técnicas para a estratégia de diversificar incentivou o estudo e o desenvolvimento de métodos, resultando no surgimento de uma ampla diversidade de modelos.

Com a realização da estratégia da diversidade de fornecedores, a empresa terá um poder de barganha maior, possibilitando uma variedade de benefícios, dentre eles o fornecimento dos produtos nas quantidades necessárias, com a qualidade desejada e com boas condições de aquisição e de pagamento. Maior diversidade de produtos/serviços, competição intensa, reestruturação, permite novas formas de relacionamento entre contratante e fornecedor. Com um planejamento financeiro, logístico, contábil, principalmente na formação final do preço da aquisição, possibilita assim, condições de análises comparativas e melhor vantagem competitiva com o contratante.

O volume de trabalhos relacionados ao tema encontrados na literatura reforça a relevância do problema da decisão. A confiança e a credibilidade são características desejáveis no relacionamento entre os fornecedores e a empresa contratante.

Esses frutos tornam o engajamento de diferentes tópicos de análise no processo seletivo, cuja aplicação vem sendo possibilitada pelo desenvolvimento de métodos que lidem com múltiplos critérios para a diversificação de fornecedores no impacto financeiro de uma empresa.

Com a realização da importância da estratégia da diversidade de fornecedores a empresa de transportes, terá um poder de barganha maior, possibilitando uma variedade de benefícios, dentre eles o fornecimento dos produtos nas quantidades necessárias, com a qualidade desejada e com boas condições de aquisição e pagamento.

Finalmente, é possível concluir que os temas abordados sobre a importância da diversidade estratégica de fornecedores é o ponto crucial para o bom desempenho de uma transportadora, possibilitando um processo em optar na alternativa mais viável e favorável a ser tomada,

estrategicamente a tomada de decisão, oferece os melhores resultados e resulta na percepção em uma seleção de fornecedores aptos e qualificados para atender as demandas de uma organização.

REFERÊNCIAS

- Almeida, d. S. Gestão integrada de negócios. São paulo: atlas, 2019.
- Andrade, g. C. Gestão estratégica de suprimento em uma empresa do setor elétrico brasileiro. Tese de doutorado. Universidade federal do rio de janeiro. Rio de janeiro: ufrj, 2012.
- Carvalho, m. M. De; paladini, e. P. Gestão estratégica de compras. São paulo: atlas, 2018.
- Ferreira, a. C. R. Gestão estratégica de pessoas: um enfoque em competências. São paulo: atlas, 2018.
- Hoinaski, f. Como fazer strategic sourcing: conceito, importância e aplicação: o guia absolutamente completo. 2017. Disponível em: <https://ibid.com.br/blog/como-fazer-strategic-sourcing/>. Acesso em 24 de fevereiro de 2023.
- Huhne, I. M. Metodologia científica. Rio de janeiro: vozes, 1999.
- Leite, d. S. B. S. A estratégia competitiva como ferramenta para o desempenho empresarial. In: anais do congresso brasileiro de gestão empresarial e tecnologia (conbgetec). São paulo: universidade nove de julho, 2018. P. 39-47.
- Martins, I. P. Gestão de suprimentos: como otimizar a gestão de compras e reduzir custos. São paulo: atlas, 2018a.
- Martins, e. Contabilidade de custos. 11^a ed. São paulo: atlas, 2018b.
- Monteiro, a.; tinoco, m. A. C. Proposta de modelo estratégico de gestão de compras de materiais e serviços em empresa de nutrição animal. Revista gestão industrial – utfpr. Universidade tecnológica federal do paraná. 2015. Issn: 1808-0448.
- Moraes, r. S.; santos, I. F. Uso de ferramentas de análise de dados na gestão de fornecedores: um estudo de caso em uma empresa do setor de tecnologia. Revista de administração e inovação, v. 16, n. 1, p. 20-31, 2019. Issn: 1809-2039.
- Moura, r. De; queiroz, g. B. A. Seleção de fornecedores: uma revisão sistemática da literatura. Production, v. 29, 2019. P. E20180062. Issn: 0103-6513.
- Oliveira, a. B.; souza, c. A. Plataformas de compras eletrônicas: uma revisão sistemática da literatura. Revista de administração, contabilidade e economia, v. 13, n. 1, p. 51-66, 2022. Issn: 2179-4936.
- Pereira, r. M.; chaves, m. V.; reis, d. A. S.; et al. Gestão de suprimentos: um estudo de caso em uma empresa do setor eólico. Revista de administração, contabilidade e economia, v. 18, n. 2, p. 231-246, 2019. Issn: 2179-4936.
- Perucia, a; balestrin, a.; verschoore, j. Coordenação das atividades produtivas na indústria brasileira de jogos eletrônicos: hierarquia, mercado ou aliança? Produção, 21(1), 64-75. 2011. Issn: 1676-1901 (online). Doi: 10.1590/s0103-65132010005000046.
- Rodrigues, s. Strategic sourcing: conceito, boas práticas e sua implantação em compras/suprimentos visando alto padrão na gestão. 2018. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/strategic-sourcing-conceitos-boas-praticas-e-sua-em-alto-rodrigues>. Acesso em 02 de fevereiro de 2023.

Santos, a. R.; silva, j. C. Uso de softwares na gestão da cadeia de suprimentos: um estudo de caso em uma empresa do setor automotivo. Revista de gestão e projetos, v. 9, n. 2, p. 35-48, 2018. Issn: 2236-0972.

Silva, j. R.; silva, m. A. Tecnologias da informação e comunicação na gestão de fornecedores: estudo de caso em uma empresa do setor industrial. Revista de administração, contabilidade e economia, v. 9, n. 1, p. 23-36, 2020. Issn: 2179-4936.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-003>

Bruno Rodrigues de Andrade

Programa de Pós-graduação em Montagem Industrial,
Escola de Engenharia,
Universidade Federal Fluminense, Rio Janeiro, Niterói,
Brasil
E-mail: broandrade@gmail.com

Fernando B. Mainier

Programa de Pós-graduação em Montagem Industrial,
Escola de Engenharia,
Universidade Federal Fluminense, Rio Janeiro, Niterói,
Brasil
E-mail: fmainier@uol.com.br

RESUMO

Tendo em vista as diversas formas de gerenciamento dos Projetos de Engenharia, onde boa parte é orientada pela metodologia clássica de gestão do PMBOK® (Project Management Body of Knowledge), que define que o gerenciamento de projetos nada mais é do que a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para projetar atividades que visem atingir as expectativas das partes envolvidas em um projeto. Considerando que o mundo corporativo tem passado por diversas transformações decorrentes de movimentos naturais dos ciclos econômicos, como novos segmentos de mercado, novos modelos de negócio e avanço tecnológico ao alcance de todos, e que destacando que alguns fatores são o caminho para que um negócio prospere, tais como a capacidade de se adaptar, agilidade, planejamento voltado para tendências e estratégias de gestão de projetos para viabilizar as metas estipuladas. Acreditando que essa realidade, aumenta a cada dia a importância da eficácia dos projetos e, na mesma proporção, a disseminação de conhecimentos que envolvem o gerenciamento de projetos em resposta às exigências do mercado. Observando a eficácia da utilização das Metodologias Ágeis em projetos de TI e a discreta aplicação desta metodologia em projetos de Engenharia, torna-se importante explorar e discutir as diversas formas de gestão de projetos que se mostram eficazes, gerando menor desperdício de recursos de mão de obra com retrabalhos, por exemplo. São apresentados neste

trabalho uma visão das Metodologias Ágeis e das Metodologias Tradicionais visando os projetos industriais.

Palavras-chave: Metodologias Ágeis, Metodologias Tradicionais, Projetos de Engenharia, Equipamentos Offshore.

ABSTRACT

In view of the various forms of management of Engineering Projects, where a good part is guided by the classic management methodology of the PMBOK® (Project Management Body of Knowledge), which defines that project management is nothing more than the application of knowledge, skills and techniques to design activities that aim to meet the expectations of the parties involved in a project. Considering that the corporate world has undergone several transformations resulting from natural movements of the economic cycles, such as new market segments, new business models and technological advances available to all, and that highlighting that some factors are the way for a business to prosper, such as the ability to adapt, agility, planning geared to trends and project management strategies to make the stipulated goals feasible. Believing that this reality, the importance of project effectiveness increases every day and, in the same proportion, the dissemination of knowledge that involves project management in response to market demands. Observing the effectiveness of the use of Agile Methodologies in IT projects and the discreet application of this methodology in Engineering projects, it is important to explore and discuss the different forms of project management that prove to be effective, generating less waste of labor resources work with reworks, for example. This paper presents a vision of Agile Methodologies and Traditional Methodologies aimed at industrial projects.

Keywords: Agile Methodologies, Traditional Methodologies, Engineering Projects, Offshore Equipment.

1 INTRODUÇÃO

A definição mais acadêmica de um Projeto de Engenharia é a de um esforço temporário empreendido para alcançar um objetivo específico. Projetos são executados por pessoas, geralmente têm limitações de recursos e são planejados, executados e controlados. Objetivamente, pode ser dito que os projetos diferem dos processos ou das operações industriais, porque estes são contínuos e repetitivos, enquanto os projetos têm caráter temporário e único. Temporário porque todo projeto tem início e fim definidos. Único porque o produto ou serviço é, de algum modo, diferente de todos os produtos e serviços, ainda que da mesma área ou semelhantes.

Projetos são criados em todos os níveis da organização, em um único departamento da empresa ou fora suas fronteiras, como nas *joint ventures* e parcerias. Frequentemente, os projetos representam componentes críticos da estratégia de negócio das empresas. É muito comum que os projetos não sejam percebidos nas instituições, e assim, não são tratados como tal, e, muitas vezes, nem são gerenciados, causando desgastes. Os requisitos de um projeto variam em função do tempo e das características e das premissas condicionantes das solicitações feitas na época. Desta forma, as atividades no desenvolvimento do projeto devem se ordenadas num fluxo de trabalho claro e objetivo, evidenciando as etapas principais e de execução, para que possam ser planejadas e controladas [1-3].

Os Gerenciamentos para as fases de projeto e a fabricação de equipamentos offshore geralmente seguem o método de Gerenciamento em Cascata (*Waterfall*, em inglês), com sequências específicas e, estruturas de comando e controle desenvolvidas e implementadas para concluir o projeto dentro do prazo e do orçamento estabelecidos. O Método em Cascata, que se concentra em uma abordagem linear de cima para baixo, em que as ações anteriores raramente são revisadas e as lições aprendidas normalmente não são revisadas, pesquisadas ou reconhecidas até o final do projeto. De acordo com a pesquisa, uma estratégia linear é uma estratégia tradicional que consiste em fases sequenciais dependentes que são executadas sem ciclos de *feedback*. A solução do projeto não é divulgada até a fase final [4 - 6].

Uma gestão, se não conduzida de forma eficiente, pode gerar uma série de impactos negativos ao projeto, desde aos mais óbvios, como por exemplo, o aumento do custo em relação ao previsto inicialmente, a baixa qualidade dos equipamentos fabricados, a insatisfação de um cliente ou até os problemas mais profundos e intrínsecos relativos ao processo, como a desmotivação de membros da equipe. É possível que equipes desmotivadas possam gerar efeitos danosos aos projetos, como a falta de comprometimento com a entrega, diminuição da capacidade criativa, baixo nível de energia, entre muitos outros, afetando diretamente a entrega de um projeto no que diz respeito à qualidade, segurança, prazo e custo estimados.

Ao contrário dos projetos gerenciados pelo Método em Cascata, os projetos que utilizam as Metodologias Ágeis não têm fases sucessivas de Análise, *Design*, Desenvolvimento, Teste e Implementação. Essas atividades são executadas continuamente ao longo do projeto, o que significa que cada funcionalidade é testada à medida que é desenvolvida. Em outras palavras, não se espera que o projeto seja concluído antes de começar o teste e avaliações.

Visando avaliar as interações em um Projeto de Engenharia são apresentadas, a seguir, vários exemplos de Metodologias Ágeis nas fases de projeto e fabricação de equipamentos industriais.

2 METODOLOGIAS ÁGEIS

Segundo Beck *et al.* [7], as Metodologias Ágeis tiveram início em meados da década de 1990, quando um grupo de dezessete especialistas em processos de desenvolvimento de *software*, representando os métodos *Extreme Programming* (XP), *Scrum*, DSDM, e outros, estabeleceram princípios comuns compartilhados por todos esses métodos. O resultado foi a criação da Aliança Ágil e o estabelecimento do “Manifesto Ágil” (*Agile Manifesto*) anos depois.

Segundo Libardi e Barbosa [8], as Metodologias Ágeis são adaptativas ao invés de prescritivas. Desta forma, adaptam-se aos novos fatores durante o desenvolvimento de um projeto, ao invés de tentar prever tudo o que pode ou não acontecer no decorrer do desenvolvimento. Os métodos adaptativos ganharam destaque a partir do surgimento do *Agile Manifesto*.

Por serem adaptativos, os Métodos Ágeis trabalham com constante *feedback*, o que permite adaptar rapidamente a eventuais mudanças nos requisitos. Alterações essas que são, muitas vezes, críticas nas metodologias tradicionais ou conhecidas também como prescritivas, que não apresentam meios de se adaptar rapidamente às mudanças [8].

As metodologias prescritivas desenvolvem-se com base em documentação antecipada e detalhada em seu plano de projeto. A Metodologia Ágil define, desde o início, o contexto e datas-marco de projeto. Entretanto, sua documentação evolui a cada iteração, utilizando-se de mecanismos mais flexíveis e garantindo a visibilidade constante. Desta forma, as práticas e técnicas utilizadas pelos Métodos Ágeis, prometem aumentar a satisfação do cliente, produzindo um *software* de alta qualidade, com mais assertividade [9].

2.1 MANIFESTO ÁGIL

Embora alguns aspectos das Metodologias Ágeis com relação ao gerenciamento de projetos já existam por décadas, o conceito não havia sido definido até que o “Manifesto para Desenvolvimento Ágil de *Software*” fosse publicado [7]. A Gestão Ágil de projetos é definida pelo “Manifesto” e na verdade é um conjunto de regras que definem a abordagem ágil.

O Manifesto Ágil surgiu em 2001 que envolveu um encontro de dezessete especialistas na área, incluindo desenvolvedores, autores e consultores que propuseram quatro valores e doze princípios a serem utilizados na formulação e uso de novos modelos para gerenciamento e execução de projetos de desenvolvimento de *software*. Os doze princípios comuns que norteavam seus diferentes métodos é que os tornavam semelhantes entre si e diferentes dos métodos mais prescritivos [7], são:

- 1) A principal prioridade é satisfazer o cliente, através da entrega adiantada e contínua de *software* valorizado;
- 2) Aceitar mudanças de requisitos, mesmo no fim do desenvolvimento. Os processos ágeis se adequam as mudanças, para que o cliente possa tirar vantagens competitivas nas suas negociações ou no próprio projeto;
- 3) Entregar *software* funcionando com frequência, na escala de semanas e até de meses, com preferência aos períodos mais curtos;
- 4) Pessoas relacionadas aos negócios e desenvolvedores devem trabalhar em conjunto e diariamente, durante todo o curso do projeto;
- 5) Construir projetos ao redor de indivíduos motivados, fornecendo aos mesmos o ambiente e suporte necessários, além de confiar no trabalho executado;
- 6) O método mais eficiente e eficaz de transmitir informações rápidas para o grupo de desenvolvimento por meio de discussões frente a frente;
- 7) *Software* funcional é a medida primária de progresso;
- 8) Processos ágeis promovem um ambiente sustentável. Os patrocinadores, desenvolvedores e usuários, devem ser capazes de manter indefinidamente, passos constantes;
- 9) Contínua atenção a excelência técnica e ao bom *design*, aumenta a agilidade;
- 10) Simplicidade: a arte de maximizar a quantidade de trabalho que não precisou ser feita;
- 11) As melhores arquiteturas, requisitos e *designs* emergem de equipes auto-organizáveis;
- 12) Em intervalos regulares, a equipe reflete em como ficar mais efetiva. Então, através de acordos mútuos se ajustam e otimizam o seu comportamento.

Os valores do Manifesto Ágil envolvem valorizar a interação humana, gerenciar projetos através de práticas iterativo-incrementais, estimular maior colaboração com o cliente e proporcionar rápida resposta as mudanças [7]. Estes valores são descritos a seguir, de acordo com a visão de Cockburn [10]:

- **Indivíduos e interações** (processos e ferramentas): os métodos ágeis acreditam na importância do trabalho individual das pessoas sobre papéis e incentivam a interação entre os indivíduos. Embora seja necessário um processo definido e documentado, acredita-se que as novas alternativas e soluções podem surgir através da interação entre as pessoas,

sendo preferível utilizar um processo não documentado com boas práticas do que um processo documentado com poucas interações;

- **Software funcionando** (documentação abrangente): em projetos ágeis, *software* de qualidade funcionando é a única coisa que indica o que realmente foi construído pelas equipes. Documentos contendo requisitos, *design* e fluxos de telas, diagramas e demais informações do projeto podem ser úteis e deverão ser construídos apenas o suficiente para auxiliar no trabalho dos grupos.
- **Colaboração com o cliente** (negociação de contratos): este item explicita a colaboração entre o cliente que solicita o produto e a equipe que o desenvolve. Somente, quando ambas as partes trabalhando de forma colaborativa, tendo liberdade para solucionar os problemas surgidos de forma conjunta e estreitando as tomadas de decisão no trabalho, é que será possível atingir a satisfação do cliente, independentemente de cláusulas e contratos rígidos que não auxiliam em um clima de colaboração e confiança.
- **Responder as mudanças**: construir um plano é útil, e cada um dos métodos ágeis contém uma forma de planejamento específico das atividades, porém eles também possuem mecanismos para lidar com as mudanças de prioridades de forma rápida. Acredita-se que mudanças são ótimas oportunidades para que o produto de software desenvolvido seja mais aderente às necessidades do cliente, além de contribuírem para os resultados desejados.

Os principais Métodos Ágeis para desenvolvimento de *software* que foram debatidos pelos dezessete profissionais presentes no encontro que originou o “Manifesto”, estão relacionados na Tabela 1 contando com uma descrição resumida de cada método.

Tabela 1 – Métodos Ágeis discutidos no Manifesto Ágil

Método	Descrição	Ano
<i>Kanban</i>	Utilizado pelas organizações para gerenciar a criação de produtos com ênfase na entrega contínua e para ajudar as equipes a trabalharem em conjunto de forma mais eficaz. É baseado em 3 princípios básicos: visualizar o que você faz hoje (<i>workflow</i>), limitar a quantidade de trabalho em andamento (<i>WIP – Work In Progress</i> , em inglês) e agilizar o fluxo. O método promove a colaboração contínua e incentiva a aprendizagem definindo o melhor fluxo de trabalho da equipe possível [11, 12].	1953
<i>Scrum</i>	É um <i>framework</i> utilizado para construção de produtos complexos, e que possui três principais pilares de controle de processo: transparência, inspeção e adaptação. Valores estes, que auxiliam na antecipação de possíveis problemas, identificação de oportunidades e um melhor controle das demandas do projeto [9, 10].	1993
<i>Extreme Programming (XP)</i>	Preza pela qualidade do <i>software</i> e pela satisfação do cliente e adota os seguintes valores: comunicação, simplicidade, <i>feedback</i> , respeito e coragem. O XP propõe um processo leve, de desenvolvimento iterativo e com entregas constantes de pequenas partes da funcionalidade do software [13].	1996

<i>Dynamic Systems Development Method (DSDM)</i>	É baseado em nove princípios fundamentais que giram principalmente em torno de necessidades de negócio e valor, a ativa participação do usuário, equipes habilitadas, de entrega frequente, testes integrados, e colaboração de todos envolvidos. O método apela especificamente a "adequação à finalidade do negócio" como o critério principal para a entrega e aceitação de um sistema, focando a utilidade de 80% do sistema que pode ser implantado em 20% do tempo [14].	1997
<i>Feature-Driven Development (FDD)</i>	Baseado em "Resultados frequentes, tangíveis e funcionais". O método busca o desenvolvimento por funcionalidade, ou seja, por um requisito funcional do sistema. O FDD atua muito bem em conjunto com o <i>Scrum</i> , pois o <i>Scrum</i> atua no foco do gerenciamento do projeto e o FDD atua no processo de desenvolvimento [15].	1997

A valorização das pessoas, as entregas frequentes de valor, a adaptação, os ciclos iterativo-incrementais, o *feedback* constante, a antecipação de riscos e oportunidades, são características em comum entre esses Métodos Ágeis [10].

2.2 SISTEMA KANBAN

Conforme mencionado por Soares [16] o Sistema *Kanban* é um método inspirado no Sistema Toyota de Produção (STP), originário na produção industrial, que preza pela minimização de desperdícios e eliminação de gargalos. Para isso, utiliza a divisão do trabalho necessário para a conclusão do desenvolvimento de um item em diversas etapas, a visualização do trabalho em andamento dentro dessas etapas e a limitação da quantidade de itens processados simultaneamente (WIP - *Work in Progress*) em cada estágio do processo. Esta limitação do WIP visa a obtenção de um ritmo constante e sustentável, que possa ser mantido por um período indefinido de tempo, sem sobrecargas no time de desenvolvimento.

De acordo com Majchrzak e Stilger [17] o nome *Kanban* tem origem japonesa e pode ser traduzido como cartão ou sinal, atuando como um mecanismo de controle de fluxo e incorporando estabilidade e previsibilidade a estoques considerados suscetíveis às mudanças de mercado. A ideia de *Kanban* enquanto um método para o desenvolvimento de *software* inspirada no STP, foi criada e primeiramente colocada em prática em um projeto na empresa Corbis, entre os anos de 2006 e 2007.

O *Kanban* é popular na indústria de desenvolvimento de *software* devido à sua facilidade de implementação, uso de controles visuais, gerenciamento eficiente do trabalho em andamento e foco incansável na melhoria contínua do processo. O sucesso do *Kanban* também depende da implementação de políticas explícitas e ciclos de *feedback*. No geral, o *Kanban* é conhecido como o melhor método para executar o pensamento *Lean* na prática [18].

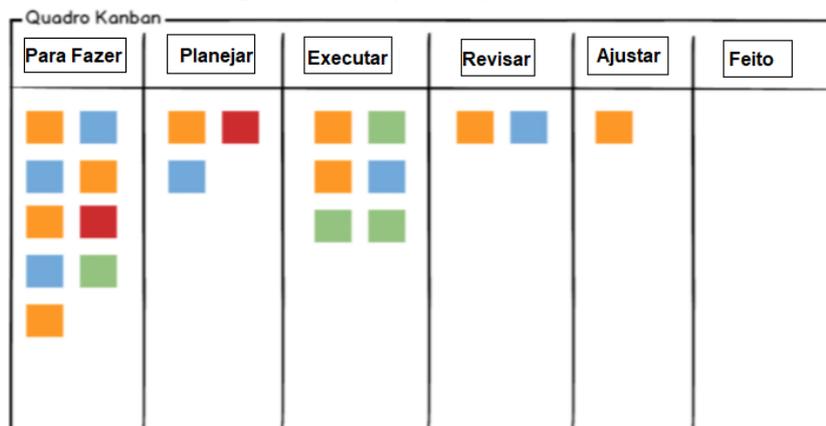
O *Kanban* utiliza um quadro que é uma ferramenta empregada para visualizar o fluxo de trabalho da metodologia. Essa ferramenta apoia o princípio *Lean* de “otimizar o todo”, demonstrando o que precisa ser feito, o trabalho em andamento (WIP) e o que foi concluído. O quadro *Kanban* possui colunas que representam os estágios do fluxo de trabalho do processo de desenvolvimento e o número de histórias de usuários em cada coluna é limitado para gerenciar o fluxo de trabalho. Nesse contexto, uma história de usuário é uma simples e natural explicação de linguagem de um recurso do sistema.

O quadro *Kanban* conforme mostra a Figura 1, a seguir, pode ter colunas para as tarefas serem concluídas, tarefas em andamento, tarefas em testes e tarefas executadas. Cada história de usuário tem uma ou mais tarefas relacionadas a ela [19]. Os desenvolvedores concentram-se exclusivamente em uma história de usuário em andamento e garantem que os itens de trabalho sejam concluídos antes de começar a trabalhar em uma nova história de usuário. A história do usuário é movida para a próxima coluna quando concluída, "puxando" outras histórias da coluna anterior. Isso é conhecido como o sistema *Pull* [20].

Segundo Li [20] o *backlog* ou fila priorizada é definida como uma lista que contém itens de trabalho que ainda serão executados. Diferentes critérios podem ser aplicados para priorizar essas filas

que podem ser priorizados por importância, urgência ou valor. Além disso, os critérios de inclusão, um dos elementos mais importantes do *Kanban*, garantem que todos os itens de trabalho adicionados ao *backlog* e, por fim, ao Conselho de Administração, criam valor para o cliente.

Figura 1 - Exemplo de Quadro Kanban

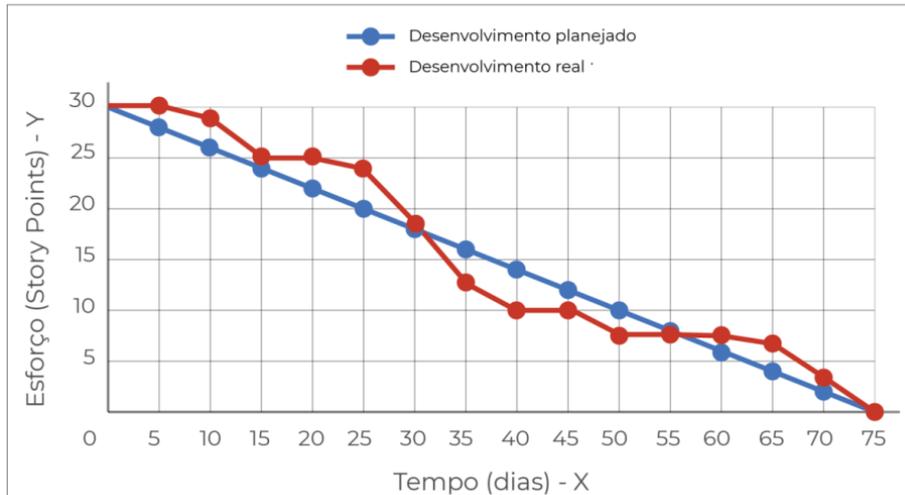


Fonte: Oliveira [21].

Cycle Time é um termo cuja definição os pesquisadores ainda não chegaram a um acordo. Alguns pesquisadores o definem como o tempo necessário para iniciar e completar um recurso, e outros como o tempo entre entregas de tarefas. Independentemente de qual seja a definição exata, este elemento é a motivação para a eficácia e eficiência do processo, porque é usado para medir o desempenho geral. As Ferramentas de Medição de Desempenho são usadas para determinar o desempenho do projeto *Kanban* [20]. O desempenho pode ser medido diariamente por meio de gráficos de *burndown* ou com diagramas de fluxo cumulativos baseados no *WIP* e *Lead Time*. A Figura 2 apresenta um exemplo de gráfico *Burndown*.

No gráfico de *Burndown*, existem dois eixos: o eixo horizontal X, que representa o tempo de um *Sprint* (ou qualquer outra iteração em metodologias diferentes) e o eixo Y, que representa o esforço necessário para completar o *Sprint*, geralmente medido no *Scrum* como *Story Points* (pontos de histórias, em português), por exemplo.

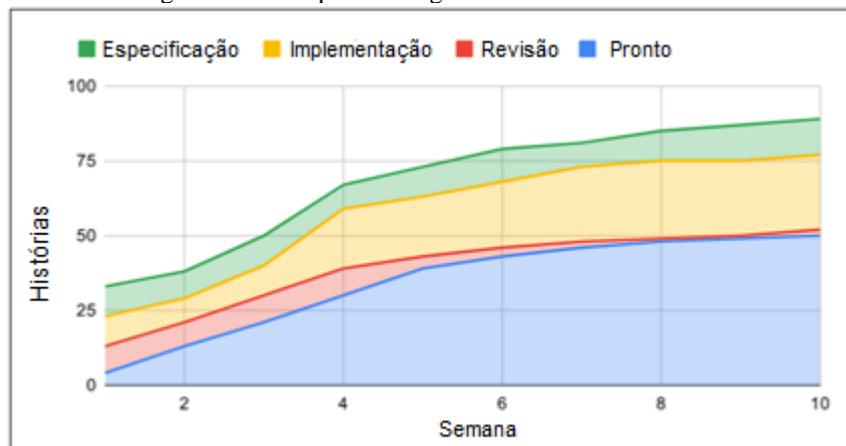
Figura 2 – Exemplo de Gráfico *Burndown*



Fonte: Oliveira [21].

Em um Diagrama de Fluxo Cumulativo, a faixa inferior corresponde à coluna mais à direita do quadro *Kanban*. No exemplo apresentado na Figura 3, a coluna Pronto (na cor azul), a partir dela, são empilhadas as demais colunas, da direita para a esquerda do quadro. Assim, a última coluna empilhada, no exemplo, é a Especificação.

Figura 3 – Exemplo de Diagrama de Fluxo Cumulativo



Fonte: <https://engsoftmoderna.info/artigos/cfd.html>.

2.3 SISTEMA SCRUM

De acordo com Vinicius *et al.* [22] o *Scrum* foi criado em meados dos anos 1990, inicialmente como uma metodologia de desenvolvimento orientada a objetos com alto grau de iteração, sendo Mike Beedle, Ken Schwaber e Jeff Sutherland como os principais mentores desta metodologia. O *Scrum* é um *framework* ou arcabouço conceitual, em português, que foi criado seguindo conceitos do *Lean*, para auxiliar o desenvolvimento de *softwares*. Possui três principais pilares de controle de processo: transparência, inspeção e adaptação. Valores estes, que auxiliam na antecipação de possíveis problemas, identificação de oportunidades e um melhor controle das demandas do projeto.

A palavra *Scrum* é o nome de uma jogada típica do esporte *Rugby*, onde as duas equipes se agrupam, frente a frente, para que juntos empurrem o time adversário à frente para assumir o controle da bola. O termo *Scrum* para fundamentos do método foi introduzido por Nonaka e Takeuchi [23] em um estudo publicado na *Harvard Business Review* em 1986, onde foi abordada uma analogia entre equipes de desenvolvimento de novos produtos e equipes do jogo *Rugby*, que através de maior autonomia conseguem atingir a excelência.

O estudo mostra, para esta abordagem, que são necessárias seis principais características: produção em incrementos, fases de desenvolvimento de sobreposição, equipes auto-organizadas, controle sutil, multiconhecimento e transferência de aprendizagem organizacional. Cada uma dessas características por si só não garante velocidade e flexibilidade, mas tomando como um todo, elas podem produzir um poderoso conjunto de novas dinâmicas e fazer a diferença no processo e nos resultados [22].

Baseados no estudo de Nonaka e Takeuchi [24], que relatam uma necessária mudança das empresas no desenvolvimento de novos produtos para se destacarem no mercado que se tornava cada vez mais competitivo, Jeff Sutherland e Ken Schwaber publicam no ano de mil novecentos e noventa e cinco um artigo referente a criação do método *Scrum* para desenvolvimento de *software*. Segundo Sutherland [9] antes do *Scrum* ser criado, o desenvolvimento de *softwares* era executado com base no “Método em Cascata”. Porém, na grande maioria dos casos, o desenvolvimento era lento, imprevisível e muitas vezes, não resultava em um produto que as pessoas quisessem ou, ainda, estivessem dispostas a pagar. Atrasos de meses ou até anos eram comuns. Para superar essas falhas, os autores inventaram a metodologia e desde seu nascimento, a estrutura do *Scrum* se tornou a maneira como o setor de tecnologia se baseia para criar *softwares* e produtos.

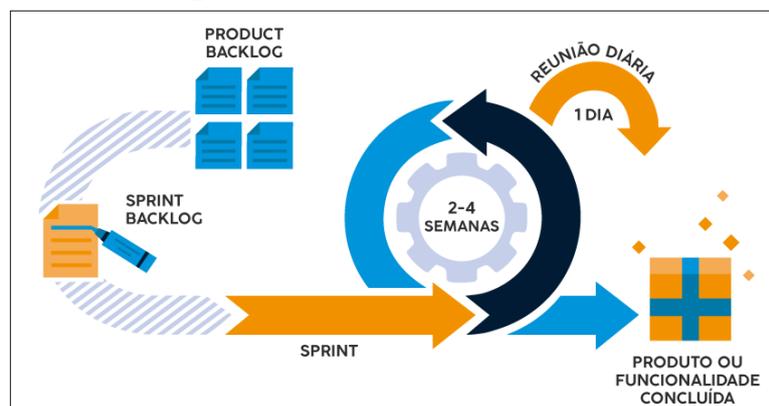
O *Scrum* está baseado nas teorias empíricas de controle de processo. O empirismo afirma que o conhecimento vem da experiência de tomar decisões baseadas nos conhecimentos. O *Scrum* emprega uma abordagem iterativa e incremental para aperfeiçoar a previsibilidade e o controle de riscos [9].

A adoção de um Método Ágil para desenvolvimento de *software* gera um grande impacto significativo sobre as pessoas, devido às expectativas esperadas da organização, clientes, parceiros e fornecedores. O guia oficial do método, chamado ‘*Scrum Guide*’ [25], relata que o ‘*Scrum Master*’ tem a responsabilidade de exercer o papel designado como a propagação dos princípios, método e boas práticas que sustentam o método entre todos os envolvidos. Os projetos que utilizam *Scrum* como método de desenvolvimento, possuem um ciclo de vida composto por três fases: *pre-game*, caracterizada pela união das fases de planejamento; *game*, que equivale à fase de desenvolvimento e *post-game*, que equivale à fase posterior a entrega do produto [22].

O desenvolvimento do produto, conforme apresentado na Figura 4, a seguir, é dividido em ciclos, chamados de *Sprints*. O *Sprint* representa um *timebox* de duas a quatro semanas dentro do qual um conjunto de atividades devem ser planejadas e executadas [25]. A figura 4, a seguir, ainda apresenta a ilustração da metodologia *Scrum* e como o *Sprint* se encaixa no processo, respectivamente. O *Sprint* é uma única tarefa ou grupo de tarefas relacionadas que são atribuídas a uma Equipe Funcional. Essa equipe fornece atualizações diárias sobre o progresso nas reuniões do *Scrum*, permitindo, assim, que todas as partes interessadas tenham a chance de acompanhar as atualizações, oferecer conselhos e participar do processo do início ao fim.

Conforme apresentado por Streule [26], “Os benefícios mencionados do *Scrum* foram uma maior transparência, melhor comunicação e colaboração, melhor fluxo de informações e desenvolvimento de projeto mais rápido”, mostrando, portanto, como a aplicação do *Scrum* é benéfica.

Figura 4 – Fluxo das Atividades do *Scrum*



Fonte: www.tecnicon.com.br.

Uma equipe de projeto assume um caráter de auto-organização quando existe autonomia e controle sobre suas atividades com maior participação entre todos os envolvidos, pressupondo que essa interação gere melhores resultados [24]. O *framework Scrum* é composto por várias cerimônias, que visam criar uma rotina e diminuir a quantidade de reuniões não definidas pelo *framework*, com oportunidades para inspecionar e adaptar algo que possa ser melhorado [25].

Sprint Planning é uma reunião em que é planejado o que será realizado durante a *Sprint*. Sabendo o número de dias que poderão trabalhar efetivamente, a equipe define a quantidade de esforço para o período e estima as tarefas priorizadas pelo *Product Owner*, formando um conjunto de tarefas que deverão ser desenvolvidas durante a *Sprint* [25].

A *Daily Meeting* é uma reunião feita todos os dias para sincronizar a equipe e deixar todos a par dos acontecimentos, e dos avanços de cada um. O *Scrum Master* coordena esta reunião que tem limite de tempo de 15 minutos, onde todos participam e deve sempre ocorrer no mesmo horário e no

mesmo lugar. Nesta reunião cada um da equipe deve se responder a três perguntas: O que eu fiz ontem que ajudou o Time de Desenvolvimento a atender a meta da *Sprint*? O que eu farei hoje para ajudar o Time de Desenvolvimento a atender a meta da *Sprint*? Eu vejo algum obstáculo que impeça a mim ou o Time de Desenvolvimento no atendimento da meta da *Sprint*? [25].

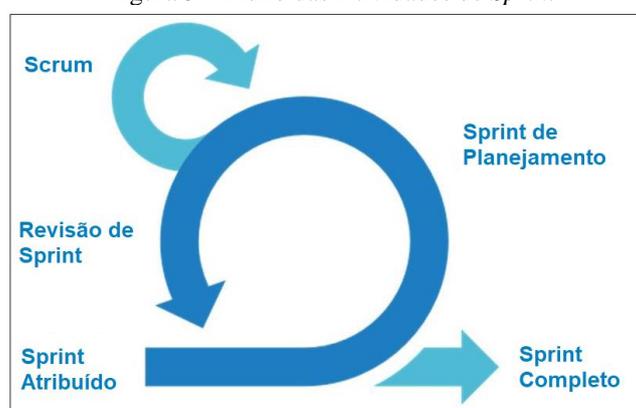
A reunião chamada de *Sprint Review* é realizada ao final da *Sprint* para uma revisão das atividades que foram planejadas para o período. Os participantes são os integrantes do time *Scrum* (PO, SM e Time de Desenvolvimento). Nesta reunião, o PO verifica o que está pronto, e o que não está e toma conhecimento do que foi desenvolvido durante a *sprint*, sendo apresentadas pelo Time de desenvolvimento [25].

A *Sprint Retrospective* também é realizada ao final da *Sprint* para que o time possa se auto inspecionar, encontrar acertos e erros, e definir planos de ação para tentar corrigir o que não saiu como o esperado, buscando a melhoria contínua [25].

Conforme detalhado na Figura 5, a seguir, o *Sprint* ou tarefa é atribuído ao grupo funcional. O processo de planejamento e a execução se iniciam. Usando o *Scrum* diário e a revisão de *Sprint*, o processo continua até que toda a tarefa seja concluída e aceita por todas as equipes. Deve-se reconhecer que vários *Sprints* ou tarefas podem estar em andamento e a maioria das tarefas não será concluída ao mesmo tempo.

De acordo com Streule [26] os estudos mostraram outras áreas potenciais de benefícios para a equipe de construção pesada, e como "*Scrum* diário pode ser benéfico para informar empresas de construção pesada sobre o andamento da obra e da meta diária (*Sprint*) de outras empresas que também estejam trabalhando no local.". Obviamente, quanto mais envolvida a equipe completa estiver no dia a dia, mais em sintonia com o andamento geral do projeto e como seu trabalho impacta a conclusão geral do trabalho.

Figura 5 – Fluxo das Atividades de *Sprint*



Fonte: Adaptado de "*UX and Agility: 1 Sprint Ahead*" (Kuter [27]).

Das Metodologias Ágeis disponíveis, muitas identificam o *Scrum*, *Sprints* e Equipes Funcionais como sendo os mais adequados para a construção e fabricação. Nos estudos de Ilieva *et al.*[28], Svensson e Höst [29], Sillitti e Succi [30], Mann e Maurer [31], eles relataram que a adoção da metodologia *Scrum* ajuda a simplificar a comunicação com o resto da empresa, auxilia no desenvolvimento das habilidades profissionais e interpessoais dos funcionários, leva a uma redução dos excessos de custos, proporcionando uma documentação mais ágil e objetiva e, mantém um relacionamento mais satisfatório com o cliente. Claramente, ao implementar o *Scrum*, a empresa constrói relacionamentos mais fortes com os funcionários e Equipes Funcionais focadas em tarefas.

Ao fornecer aos funcionários a oportunidade de ingressar em Equipes Funcionais específicas, eles têm a chance de assumir o controle do processo e, assim, se tornar um membro da equipe mais engajado. Segundo Moreira [32], “... O engajamento do funcionário se concentra em capacitar os funcionários para que eles possam se auto-organizar em equipes e possam assumir e fazer parte do processo de tomada de decisão em seu próprio nível no *Scrum*, você usaria um *Sprint* para desenvolver um lote de trabalho para que essas equipes assumam a responsabilidade e sejam encarregadas de toda a tarefa do início ao fim”.

Como acontece com a maioria dos empreendimentos, o objetivo final de qualquer projeto é ter sucesso fiscal. Moreira [32] lembra que “O benefício comercial final de se tornar ágil é que isso pode gerar mais dinheiro para a empresa. Se você está realmente comprometido em capacitar seus funcionários, então irá fornecer um ambiente de trabalho onde eles se sintam responsáveis pelo trabalho e possam tomar suas próprias decisões, e eles estarão mais motivados para ativar sua capacidade intelectual, melhorando o moral e aumentando a probabilidade de que eles farão um esforço extra para criar um produto de qualidade.”. Se o empoderamento dos funcionários, conforme descrito, resultar em melhor eficiência, então as empresas devem executar, por todos os meios, os sistemas que levarão a esse empoderamento. No geral, os projetos de fabricação que utilizam o *Scrum*, *Sprints* e Equipes Funcionais têm a melhor chance de melhorar a eficiência e entrega do projeto [26].

A adoção de *Scrum* é um grande desafio, uma quebra do paradigma de produção tradicional. As metodologias tradicionais de desenvolvimento de *software* desenvolvem-se baseadas em documentação antecipada e detalhada em seu plano de projeto. Já as Metodologias Ágeis definem desde o início o contexto e datas-marco de projeto. Entretanto sua documentação evolui a cada iteração, utilizando-se de mecanismos de controle para controlar a flexibilidade e garantir a visibilidade [7]. Desta forma, as práticas e técnicas utilizadas pelo método ágil *Scrum* prometem aumentar a satisfação do cliente produzindo *software* de alta qualidade e com alta produtividade [33].

2.4 SISTEMA EXTREME PROGRAMMING

O Sistema *Extreme Programming* ou XP é um processo de desenvolvimento que busca garantir que o cliente receba o máximo de valor de cada dia de trabalho da equipe de desenvolvimento. Ela é organizada em torno de um conjunto de valores e práticas que atuam de forma harmônica e coesa para assegurar que o cliente sempre receba um alto retorno do investimento [34]. A XP é um processo de desenvolvimento de *software* voltado para:

- Projetos cujos requisitos são vagos e mudam com muita frequência;
- Desenvolvimento de sistemas orientados ao objeto;
- Equipes pequenas, preferencialmente até 12 desenvolvedores;
- Desenvolvimento incremental (ou interativo), em que o sistema começa a ser implementado logo no início do projeto e vai ganhando novas funcionalidades ao longo do tempo.

A XP se baseia em quatro valores fundamentais: o feedback, a comunicação, a simplicidade e a coragem. Segundo Teles [34], a equipe precisa ser corajosa e acreditar que, utilizando as práticas e valores da XP, será capaz de fazer o *software* evoluir com segurança e agilidade.

Na ótica de Teles [34] o sistema XP se baseia em doze práticas – Cliente Presente, *Stand up Meeting*, Programação em Par, Desenvolvimento Guiado pelos Testes, *Refactoring*, Código Coletivo, Código Padronizado, *Design* Simples, Metáfora, Ritmo Sustentável, Integração Contínua e *Releases* Curtos – que devem ser seguidas por toda a equipe, com o intuito de acompanhar apropriadamente a metodologia apresentada, caso não seja feito, aumentam as chances de gerar retrabalho e desperdício de esforço e tempo.

Aplicar a XP em equipes de desenvolvimento não é um processo simples e muitas vezes, pode ser considerado impossível. A maior dificuldade na implantação desta metodologia se dá devido às diferenças culturais dentro das empresas e equipes de desenvolvimento. A XP deve ser aplicada em empresas que produzam *software* de maneira dinâmica, com praticidade e facilidade, evitando a produção em massa onde se encaixaria melhor a Modelo Cascata. Portanto, o uso da XP deve ser feito em empresas que primam por processos dinâmicos de desenvolvimento, baseados na resposta do cliente e no aprendizado contínuo de todos os integrantes da equipe. A Tabela 2 elenca algumas situações em que o uso da XP não é recomendado.

Tabela 2 – Exemplos de situações que o Sistema XP não é utilizável

Situação	Descrição
Contratos de escopo fechado	Dada à natureza flexível da XP o fato do cliente esperar um produto final no prazo, gera um desconforto entre as partes. Em suma, o cliente não será parte do time.
Política de premiações	Prêmios individuais não são recomendados, pois a metodologia dá ênfase à coletividade.

Clientes exigem documentação	XP é baseada em agilidade e flexibilidade, e não recomendada em projetos onde o cliente quer o processo minuciosamente descrito. A XP utiliza a documentação de forma moderada.
Equipe alheia a mudanças	A XP é inviável caso a equipe seja resistente a mudanças, visto que adotar a metodologia exige dedicação.
Desenvolvedores de baixa qualidade	Se os membros da equipe responsável pelo desenvolvimento não forem capacitados, a adoção da XP é dificultada.

Fonte: Adaptado de Teles [34].

2.5 MODELO AGILE EM LARGA ESCALA

Muitas empresas acreditam que as Metodologias Ágeis somente são aplicadas para pequenos grupos ou projetos que não demandem tanta complexidade, ou ainda, onde os membros de equipe encontram-se todos dentro de uma mesma localidade. A seguir, são apresentados modelos ágeis em larga escala existentes.

2.5.1 Sistema SAFe – *Scaled Agile Framework*

O objetivo do SAFe é sintetizar um corpo de conhecimento, juntamente com as lições aprendidas de centenas de implantações, criando, dessa forma, um sistema de práticas integradas e comprovadas que melhoraram o engajamento do funcionário, o *time-to-market*, a qualidade da solução e a produtividade da equipe. Algumas adaptações e personalizações podem ser necessárias, pois nem todas as práticas recomendadas pelo Sistema SAFe serão aplicadas igualmente em todas as circunstâncias. O SAFe é baseado em nove princípios *Lean e Agile*, subjacentes e imutáveis. Esses princípios e conceitos econômicos inspiram e informam os papéis e práticas do SAFe [35].

2.5.2 Sistema LeSS – *Large-Scale Scrum*

Este sistema pode ser considerado como um Sistema *Scrum* em larga escala, não é novo e veio para melhorar o *Scrum*. Não é um Sistema *Scrum* aplicado a cada time com uma camada em cima do *Scrum*. Na verdade, é descobrir como aplicar os princípios, propósitos, elementos e a elegância do *Scrum* em um contexto de larga escala da forma mais simples possível. Como *Scrum* e outros *frameworks* ágeis, LeSS é uma metodologia pouco exigente com um alto grau de impacto [36].

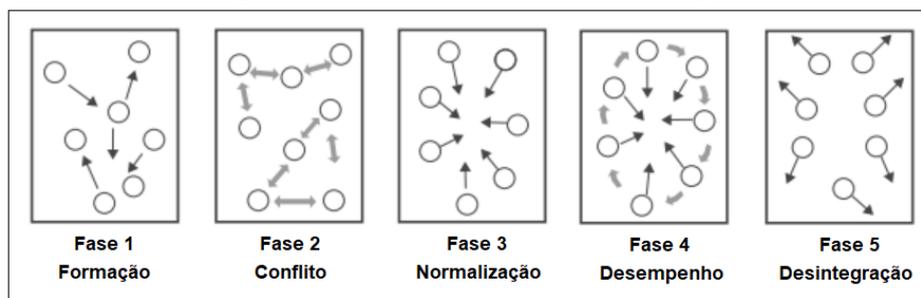
2.6 MODELO DE TUCKMAN

Tuckman [37], em seus estudos, realizou extensas revisões de literatura onde foram analisados diversos artigos científicos que tratavam a respeito da formação de equipes. Em seu primeiro estudo Tuckman propôs quatro fases e, anos depois, após uma revisão do seu estudo [38], definiu as cinco fases de formação de equipes, representadas, a seguir, na Figura 6.

O modelo Tuckman consta das seguintes fases:

Fase 1 - Formação: É a primeira fase de formação de equipes, e muito importante, pois é onde os membros da equipe conhecem uns aos outros e trocam algumas informações pessoais. É caracterizada por sentimentos como insegurança e incerteza em relação aos objetivos do grupo, à estrutura e à liderança. Este momento exige a definição de regras, é preciso orientação dos integrantes para que entendam o contexto e os objetivos em que estão reunidos para realizar algo e por isso há a necessidade e dependência de uma liderança ou chefia que explique, ordene e faça iniciar.

Figura 6 – Fases de Desenvolvimento de Grupo



Fonte: Zannelli *et al.*[39].

Fase 2 - Conflito: Esta fase é caracterizada por possuir diversos níveis de conflitos, onde existem confrontos de diferentes ideias, desunião, tensão e hostilidade. Os indivíduos já reconhecem a existência do grupo, mas demonstram resistência em relação aos limites da individualidade e por isso aspectos emocionais podem impactar nos resultados trabalho e nas relações interpessoais. Após o encerramento desta etapa, a hierarquia passa a ficar claro para os membros da equipe.

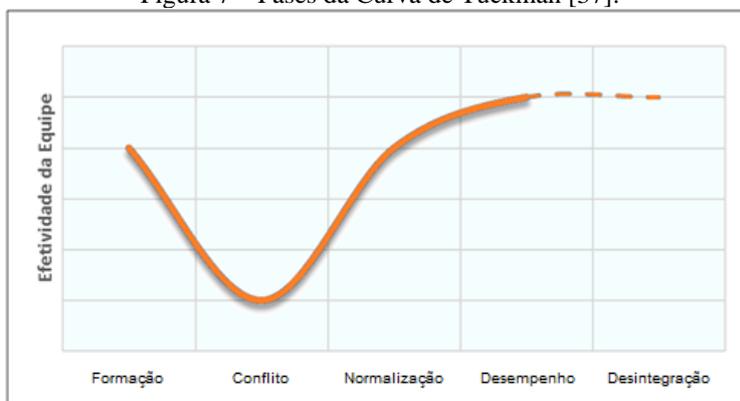
Fase 3 - Normalização: fase em que os integrantes passam a se conhecer melhor buscando pontos de equilíbrio para atingir um objetivo compartilhado. A equipe busca eliminar as diferenças para tornar o trabalho mais agradável e produtivo, com isso se tornam mais próximos e as ações se tornam mais coordenadas, o que torna a equipe mais sólida.

Fase 4 - Desempenho: estágio onde a equipe se torna produtiva e se mantém em melhoria contínua para agregar mais valor aos resultados. A equipe atinge maturidade para atingir seus objetivos e se torna desnecessário a presença de uma liderança, pois com uma visão clara de como atuar na execução das tarefas a equipe se torna auto organizável.

Fase 5 - Desintegração: é o estágio final do desenvolvimento da equipe. Fase em que os objetivos foram atingidos ou o prazo encerrado ou por algum outro acordo, necessário para que haja um processo de liberação, talvez recolocação em outras equipes, realizando este momento de forma construtiva e positiva e por isso o papel do gestor volta a ser necessário para apoiar esta reorganização.

Tuckman [37] descreve que existe uma curva de aprendizagem e de adaptação perante o ambiente, papéis dos integrantes, demandas e tecnologia, sendo possível visualizar essa curva através da diagramação da Figura 7.

Figura 7 – Fases da Curva de Tuckman [37].



Um estudo realizado por Whelan [40] flexionou a perspectiva de formação de equipes proposta por Tuckman [37] com a produtividade. O pesquisador obteve resultados que concluíram que equipes pequenas, de três a nove integrantes, possuem uma produtividade maior do que equipes com mais de nove integrantes. Whelan [40] também validou que apenas equipes pequenas seguem a curva de Tuckman [37]. Considerando o conceito de equipes pequenas de Whelan [40] pode-se associar com a abordagem dos princípios Ágeis, que também defende a formação de equipes pequenas.

3 GERENCIAMENTO TRADICIONAL DE PROJETOS

De acordo com o PMBOK® [41] o Gerenciamento de Projetos é a aplicação de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto, a fim de atender aos seus requisitos. Ele pode ser mais bem explicado através dos processos que o compõem, que podem ser reunidos em:

- Cinco grupos de processos – Iniciação, Planejamento, Execução, Controle e Encerramento;
- Nove Áreas de Conhecimento – Gerenciamento da Integração do Projeto, Gerenciamento do Escopo do Projeto, Gerenciamento do Tempo do Projeto, Gerenciamento dos Custos do Projeto, Gerenciamento da Qualidade do Projeto, Gerenciamento dos Recursos Humanos do Projeto, Gerenciamento da Comunicação do Projeto, Gerenciamento dos Riscos do Projeto e Gerenciamento de Aquisições do Projeto.

A Equipe do Projeto gerencia os trabalhos envolvidos nele, que geralmente envolvem o balanceamento de demandas conflitantes do escopo, tempo, custo, risco e qualidade do projeto; a satisfação de diferentes interessados (*stakeholders*) com diferentes necessidades e expectativas; e o alcance dos requisitos estabelecidos.

O Termo Gerenciamento de Projetos é às vezes utilizado para descrever uma abordagem organizacional ao gerenciamento de operações rotineiras. Essa abordagem trata muitos aspectos das operações rotineiras como projetos, a fim de aplicar as técnicas de Gerenciamento de Projetos a elas, o que também é chamado de gerenciamento por projetos.

Os projetos são caracterizados por quatro características: um grupo de pessoas, um objetivo, tempo e dinheiro limitados e um certo nível de incerteza sobre se os objetivos serão alcançados. Os gerentes de projeto estão envolvidos em todos esses aspectos, o que torna a supervisão e a direção de um projeto uma tarefa complexa. Seguir estas linhas os ajudará a maximizarem o potencial de sucesso dos seus projetos, ajudando-os a abordar cada elemento do seu projeto no momento certo e com o nível certo de detalhes para o tamanho e a complexidade do seu projeto [42]. Dentre os principais benefícios da utilização do gerenciamento de projetos, podem-se destacar:

- Evita surpresas durante a execução dos trabalhos;
- Permite desenvolver diferenciais competitivos e novas técnicas, uma vez que toda metodologia está sendo estruturada;
- Antecipa as situações desfavoráveis que poderão ser encontradas, para que ações preventivas e corretivas possam ser tomadas antes que essas situações se consolidem como problemas;
- Adapta os trabalhos ao mercado consumidor e ao cliente;
- Disponibiliza o orçamento antes do início dos gastos;
- Agiliza as decisões, já que as informações estão estruturadas e disponibilizadas.

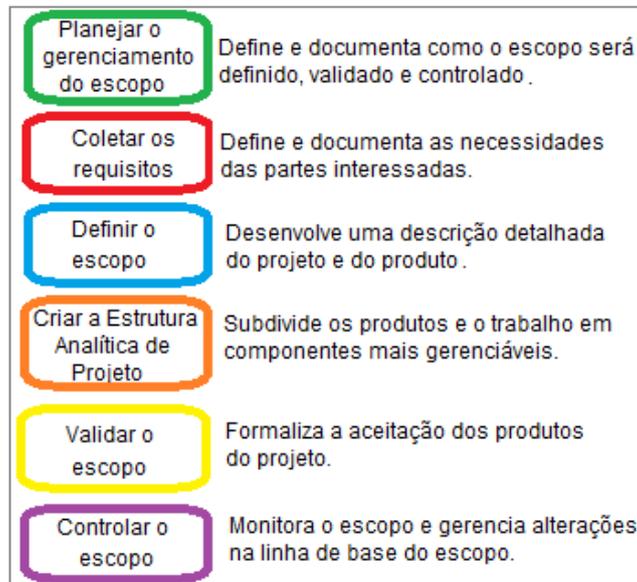
3.1 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DO GERENCIAMENTO DE INTEGRAÇÃO

O gerenciamento de integração do projeto contém processo e atividades que tem o propósito de identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os processos e as atividades dos grupos de processos de gerenciamento. Quais sejam: Termo de Abertura do Projeto e o Plano de Gerenciamento do Projeto.

3.2 TÉCNICAS DO GERENCIAMENTO DE ESCOPO

Segundo o Guia PMBOK® [41], o Gerenciamento de Escopo de projeto inclui os processos necessários para assegurar que o projeto inclua todo o trabalho necessário, e apenas o necessário, para que termine com sucesso. Preocupa-se principalmente em definir e controlar o que está e não está incluso no projeto, podendo ser representado, a seguir, pela Figura 8, com base nas melhores práticas do Guia PMBOK® [41]:

Figura 8 – Processos do Gerenciamento do Projeto



3.3 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DO GERENCIAMENTO DE TEMPO

Para gerenciar o término pontual de um projeto, definem-se como necessários seis processos. Quais sejam: 1) Definir as Atividades; 2) Sequenciar as Atividades; 3) Estimar os Recursos das Atividades; 4) Estimar as Durações das Atividades; 5) Desenvolver o Cronograma; 6) Método do Caminho Crítico (PERT/CPM).

3.4 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DO GERENCIAMENTO DE CUSTOS

Segundo Scarpin [42], a globalização fortalece a acirrada competitividade por disputa de mercado, aliada a existência de diferentes sistemas de custos disponíveis, tem levado as empresas a formularem os preços de venda de seus produtos. As dificuldades que vêm sendo enfrentadas para fixar o preço de venda de seus produtos, residem no fato de que as mesmas precisam trabalhar com margens cada vez mais reduzidas de lucros e, manter uma administração de custos competente para conseguir alcançar os resultados desejados. Outra dificuldade advém do fato de que a maioria das empresas considera apenas os custos para a formação do preço de venda. A fixação errônea no preço do produto pode prejudicar de forma significativa a competitividade da empresa, seja pelo fato de inviabilizar a lucratividade de um produto, ou seja, elevando muito o seu preço e tornando a sua venda inviável diante dos preços praticados pelos concorrentes.

A Previsão de Demanda desempenha um papel importante nas áreas de gestão das organizações, principalmente na área Financeira e de Recursos Humanos. Na área Financeira, devido ao planejamento da necessidade de recursos. Já na área de Recursos Humanos refere-se ao planejamento de modificações do nível da força de trabalho. Isto remete ao fato de que erros nas

previsões ou na ausência de um modelo estruturado podem levar a empresa a tomar decisões estratégicas errôneas, sujeita a diversos problemas decorrentes.

3.5 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DO GERENCIAMENTO DE QUALIDADE

Entre especialistas e usuário, surgiram classificações sobre a forma de agrupar e utilizar algumas das ferramentas mencionadas, por exemplo, ferramentas de controle ou de planejamento. Outras, utilizadas com menos frequência ou mais aplicáveis a determinados contextos, fazem parte do acervo característico, mas não recebem classificações específicas [44].

Desta forma pode ser citado o *Brainstorming*, que é um processo de grupo que os indivíduos emitem ideias de forma livre, sem críticas, no menor espaço de tempo possível. Os grupos devem ter entre cinco e doze pessoas, e é recomendável que a participação seja voluntária, com regras claras e prazo determinado. Devem ser utilizados facilitadores adequadamente treinados para lidar com os grupos. O propósito do *Brainstorming* é lançar e detalhar ideias com certo enfoque, originais e em uma atmosfera sem inibições. Busca-se a diversidade de opiniões a partir de um processo de criatividade de equipes [44].

A Carta de Controle é um tipo específico de gráfico de controle que serve para acompanhar a variabilidade de um processo, identificando as suas causas comuns (intrínsecas ao processo) e as especiais (aleatórias). As causas comuns estão relacionadas ao funcionamento do próprio sistema (por exemplo, projeto e equipamentos), enquanto as causas especiais refletem ocorrências fora dos limites de controle (por exemplo, falha humana, queda de energia e matéria-prima em não conformidade).

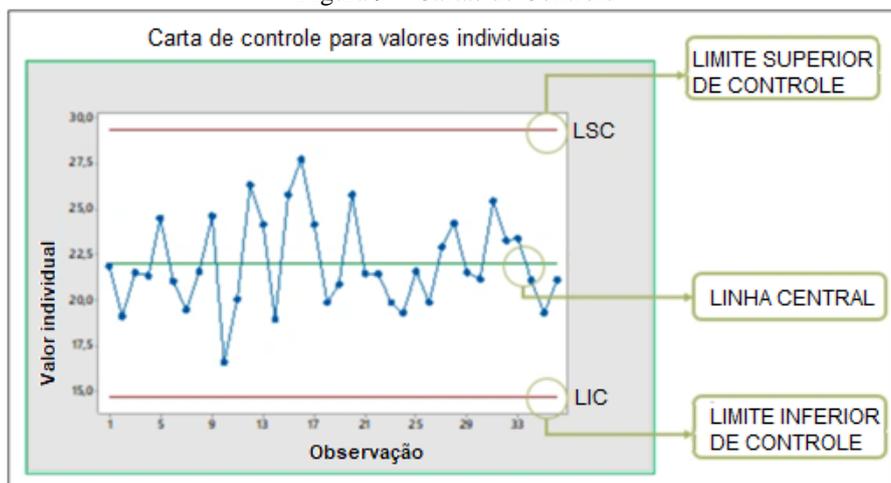
Para a construção da Carta de Controle apresentada na Figura 9, a seguir, deve-se calcular estatisticamente o Limite Superior de Controle (LSC), o Limite Inferior de Controle (LIC) e a média (M) de um processo. Os dados do processo, dentro desses limites, caracterizarão, na maior parte das vezes, que mesmo está estatisticamente sobre controle (estável) e que as flutuações são consistentes e inerentes ao processo. A Carta de Controle é um tipo específico de gráfico de controle, que serve para acompanhar a variabilidade de um processo, identificando suas causas comuns (intrínsecas ao processo) e especiais (aleatórias). As causas comuns estão relacionadas ao funcionamento do próprio sistema (por exemplo, projeto e equipamentos), enquanto as causas especiais refletem ocorrências fora dos limites de controle (por exemplo, falha humana, queda de energia e matéria-prima em não conformidade).

Para a construção da Carta de Controle apresentada na Figura 9, a seguir, deve-se calcular estatisticamente o Limite Superior de Controle (LSC), o Limite Inferior de Controle (LIC) e a média (M) de um processo. Os dados do processo, dentro desses limites, caracterizarão, na maior parte das

vezes, que mesmo está estatisticamente sobre controle (estável) e que as flutuações são consistentes e inerentes ao processo.

Outro controle que pode ser usado é o Diagrama Causa-Efeito de Ishikawa, nomeado em reconhecimento de Kaouru Ishikawa, engenheiro japonês que o introduziu e popularizou com sucesso na análise de problemas em 1943, na Universidade de Tóquio durante uma de suas sessões de treinamento para engenheiros de uma empresa metalúrgica, explicando que vários fatores relacionados podem ser agrupados. Esta ferramenta é também conhecida sob os nomes de cadeia de causa consequência ou "espinha de peixe". O diagrama de Ishikawa é um método gráfico usado para fazer um diagnóstico de possíveis causas de determinados efeitos, que podem ser controladas [45]. Um exemplo do Diagrama de Ishikawa é apresentado na Figura 10.

Figura 9 – Cartas de Controle



Fonte: www.voitto.com.br/

Figura 10 – Exemplo de Diagrama de Causa-Efeito de Ishikawa



3.6 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DO GERENCIAMENTO DE RISCO

De acordo com o PMI [41], o Risco do Projeto é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto, como tempo, custo, escopo ou qualidade. Segundo Honton e Huss [46] que defendem a ideia de que são necessários dois ingredientes para o risco se configurar. O primeiro é a incerteza sobre os prováveis resultados de um experimento e o segundo é o fato de que os resultados obtidos precisam ser relevantes em termos de utilidade. Por isso, Vargas [42] afirma que o Gerenciamento de Riscos possibilita a chance de melhor compreender a natureza do projeto, envolvendo todos de modo a identificar e responder potenciais riscos do projeto. A necessidade de um Gerenciamento de Risco mais aprofundado, faz com que se torne fundamental a consolidação e aprimoramento de alguns elementos para o processo. Esses elementos são os conceitos, características e modelos relacionados a esse gerenciamento. A literatura apresenta um grande acervo teórico que nos ajuda a entender melhor esses elementos. Dependendo de caso podem ser usados, dentre outros, as seguintes ferramentas:

- O FMEA - *Failure Modes and Effects Analysis* ou Análise de Efeito e Modo de Falha é um método utilizado para analisar os problemas potenciais de confiabilidade no ciclo de desenvolvimento de um determinado projeto, tornando mais fácil a tomada de medidas para superar os problemas, aumentando assim a confiabilidade através do *design* [47].
- O FMECA - *Failure Mode and Critical Analysis* ou Análise Crítica e Modo de Falha surgiu com a evolução natural da FMEA e a diferença básica entre os dois métodos é que a ferramenta FMECA é um método quantitativo, ou seja, além de analisar o modo de falha ele busca definir a probabilidade que a falha venha a ocorrer [47].
- O FTA - *Fault Tree Analysis* ou Análise da Árvore de Falhas é uma técnica de análise sistemática e dedutiva orientada graficamente, utilizada para determinar as causas e probabilidade de ocorrência de um determinado acidente indesejado [43]. A FTA interpreta a relação entre o mau funcionamento dos componentes e fenômenos observados e avalia a probabilidade de um acidente resultante de sequências e combinações de falhas. A FTA utiliza símbolos para representar as inter-relações entre as falhas de equipamentos ou operações que podem causar um acidente específico
- O HAZOP - *Hazard and Operability Study* ou Estudo de Perigos e Operabilidade é uma análise sistemática de como desvio das especificações do projeto em um sistema podem surgir, e uma análise do potencial risco destes desvios. Esse estudo é sistemático e possui alguns termos importantes que devem ser conhecidos como pré-requisito [21].

3.7 TÉCNICAS E FERRAMENTAS DO GERENCIAMENTO DE RECURSOS HUMANOS

O gerenciamento dos Recursos Humanos tem como objetivo central fazer o melhor uso dos indivíduos envolvidos no projeto. Como se sabe, as pessoas são o elo central dos projetos e seu recurso mais importante. Elas definem as metas, os planos, organizam o trabalho, produzem os resultados, direcionam, coordenam e controlam as atividades do projeto, utilizando suas habilidades técnicas e sociais [42].

Ainda segundo Vargas [42], todos os resultados do projeto podem ser vistos como fruto das relações humanas e das habilidades interpessoais dos envolvidos, uma vez que a satisfação pessoal e a qualidade de vida estão se tornando um dos fatores-chave da motivação de qualquer profissional.

4 GESTÃO ÁGIL DE PROJETOS E MÉTODOS MAIS ADEQUADOS PARA FABRICAÇÃO

Segundo Owen e Koskela [48], “... As práticas de trabalho que se concentram em entregas iterativas frequentes e sustentáveis por equipes intercomunicativas, multifuncionais e facilitadoras auto-organizadas *Scrum* e outras Metodologias Ágeis adicionam a esses focos gerais, prescrevendo números para o tamanho ideal da equipe (normalmente 5 a 20) e períodos de iteração (normalmente cerca de 30 dias, embora variando amplamente)”. Nesses projetos reais, o tamanho das equipes variava dependendo da tarefa em mãos. Em alguns casos, desenhistas e engenheiros de projetos temporários faziam parte da equipe, enquanto outros se concentravam mais em membros da equipe com habilidades administrativas, de programação e de coordenação.

Na maioria dos projetos analisados que usaram práticas de Gerenciamento Ágil, os gerentes indicaram que os processos, Equipes Funcionais e tarefas de *Sprint* mudavam conforme o projeto progredia e que suas Equipes Funcionais eram capazes de se adaptar mais facilmente devido aos *Scrums* diários e abordagem focada mais detalhada que seguia as Metodologias de Gerenciamento Ágil.

Os resultados fornecidos por esses gerentes de projeto, que utilizaram as Metodologias Ágeis permitiram o acesso às informações de seus projetos para esta pesquisa, tiveram o sucesso esperado alcançado. Sucesso este ter provado que, pelo menos internamente, ao utilizar essas práticas em seus projetos, eles têm maiores chances de sucesso com sua aplicação.

4.1 A PESQUISA BIBLIOGRÁFICA EM METODOLOGIA ÁGIL NA FABRICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS INDUSTRIAIS

A maior parte das pesquisas bibliográficas encontradas relacionadas aos Métodos de Gestão Ágil utilizados na fabricação se concentrou em entrevistas e questionários realizados com profissionais de projetos na área de construção. Pouco se sabe ou se pesquisou sobre a utilização destes métodos

utilizados para as fases de projeto e fabricação de equipamentos de um modo geral e especialmente para indústria offshore. Esses profissionais de projeto apresentaram suas avaliações e opiniões de como a implementação das Metodologias de Gerenciamento Ágil poderia impactar positivamente em seus projetos, mas raramente com qualquer pedido ou citação como referência. Gerentes de projeto e funcionários mediram os Indicadores-Chave de Desempenho de seus projetos que fizeram uso dos Métodos de Gerenciamento Ágil, fornecendo dados de desempenho real retirados para a análise desses projetos gerenciados por estas metodologias. Os dados coletados para este estudo foram de projetos concluídos que utilizaram os Métodos de Gestão Ágil.

Apesar da quantidade de trabalhos de pesquisa sobre conceitos Ágeis e os métodos propostos por diversos autores, há uma notável ausência de aplicações reais desses conceitos e modelos na indústria de projeto e fabricação de equipamentos *offshore*. A maioria das publicações destaca os aspectos teóricos da agilidade sem se relacionar com ambientes organizacionais específicos com projetos realizados.

Fazendo um paralelo com a indústria de construção, Ribeiro [49] entrevistou 12 líderes de empresas de construção ou engenheiros de projeto para obter conhecimento e visão a respeito de suas crenças sobre os vários aspectos dos Métodos Ágeis e aqueles que eles acreditavam que seriam mais bem implementados no campo da construção.

Da mesma forma, Ekstrom e Petterson [50] estudaram as possibilidades de aplicação de Métodos Ágeis na construção, entrevistando 12 profissionais da área de gerenciamento de projetos de construção. Eles também identificaram que há ganhos positivos esperados na indústria da construção, mas o fizeram sem quaisquer dados reais, apenas suas opiniões. Um de seus tópicos de pesquisa foi identificado como o estudo de casos reais para uma melhor compreensão do desempenho.

Entre os Métodos de Gestão Ágil identificados como mais prevalentes por Ribeiro [49], assim como Streule [26], estavam a introdução do *Scrum*, o uso de *Sprints* e a formação de Equipes Funcionais. Ambos os autores também identificaram claramente a falta da aplicação de dados em situações reais dos Métodos Ágeis identificados em estudos de pesquisas anteriores e, ainda citaram que a utilização e os dados resultantes seriam de valor futuro para a indústria. Uma opinião compartilhada por ambos os autores também identificou sua crença de que uma coleção maior de dados de projetos que utilizaram métodos ágeis em comparação com aqueles que não utilizaram, seria de valor e contribuição significativos para o assunto em questão.

Um exemplo de pesquisa baseada em levantamento inclui Fernandez e Fernandez [6], que reconheceram que pesquisas anteriores identificaram que a introdução e implementação de Métodos Ágeis na construção provavelmente produziriam melhorias consideráveis na entrega do projeto e que

mais pesquisas deveriam ser realizadas com respeito à aplicação de Métodos Ágeis fora do escopo de *design* e produção de *software*. Sua teoria era baseada em pesquisas e não em dados reais do projeto.

Outro trabalho de Koskela *et al.* [51] também afirmaram que apesar de todos esses problemas da cultura de construção, os autores acreditam que há espaço para o uso do Gerenciamento Ágil de Projetos na construção, pelo menos para o planejamento, quando os gerentes podem responder rapidamente a qualquer mudança que pode ocorrer no âmbito do projeto. Em ambos os casos, há indicações claras de que os autores apoiam a introdução de Métodos Ágeis na construção e que antecipam uma melhoria mensurável na eficiência geral do projeto e no desempenho devido à implementação. Eles o fazem com base na opinião deles próprios e dos outros, e não em dados reais ou resultados do projeto. Desta forma, assim como em projetos de construção, pode-se extrapolar esses resultados para a fabricação de equipamentos *offshore*, já que as etapas de projeto são muito similares – definição de escopo, requisitos técnicos, contratação do empreiteiro, engenharia, fabricação, instalação e testes.

Além disso, em um esforço para mostrar como os Métodos de Gestão Ágil podem beneficiar a construção, Mostafa *et al.* [52] conduziram todo o seu estudo sobre as pesquisas disponíveis e simplesmente forneceram uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para mostrar como estudos anteriores abordaram o assunto, usando nenhum dado real mundial ou informações do projeto.

Em outro estudo, Mohammed e Jasim [52] construíram suas pesquisas e conclusões sobre como os métodos encontrados no Manifesto Ágil podem ser aplicados na construção com base inteiramente em questionários de pesquisa recebidos de 40 engenheiros da indústria da construção. Claramente, esses exemplos de Metodologias Ágeis na construção se concentram apenas em questionários e não em quaisquer dados de projeto realizados. Mais uma vez, mais exemplos de dados disponíveis sendo coletados por meio de levantamentos ou pesquisas anteriores, mas não com dados de desempenho reais coletados de resultados de projetos.

Outras pesquisas geraram vários artigos de periódicos, sugerindo que o estudo de mais projetos realizados poderia servir para demonstrar que havia de fato ganhos a serem obtidos com o uso das Metodologias Ágeis na construção e que estudos futuros deveriam se concentrar neste aspecto. Conforme indicado por Mendez [54], “A principal limitação deste estudo foi que ele testou a diretriz em apenas um único estudo de caso.” (p. 77). Outro artigo de pesquisa identificou que ferramentas, métodos e processos ágeis agregam valor considerável aos projetos de construção [55], mas considerou apenas 2 projetos de construção no estudo.

Um estudo sobre a introdução de Métodos de Gestão Ágil para um projeto na Polônia foi conduzido claramente sem olhar para fontes de dados em grande escala em vários projetos [56]. Esses projetos definitivamente indicaram melhorias e são bons exemplos de execução bem sucedida de

Métodos Ágeis, mas obter o conhecimento do sucesso ágil em uma escala muito maior é necessário que a indústria veja a utilização em larga escala. Ribeiro [49] afirmou “Também seria útil ampliar a amostra de empresas pesquisadas a fim de reforçar os resultados obtidos.”, ao discutir o sucesso de projetos.

Segundo Ribeiro [49], “... Avalia-se que os Métodos Ágeis oferecem considerável potencial de aplicação na construção civil e que existem obstáculos significativos para a sua adoção na fase atual. Se isso for superado, os Métodos Ágeis oferecem benefícios muito além de qualquer empresa individual.” É evidente que todas essas fontes acreditam que os Métodos Ágeis, quando introduzidos na construção em grande escala, resultariam em uma melhoria significativa na eficiência e na entrega em toda a indústria. Eles também reconhecem que a implementação em grande escala não será um processo fácil devido a vários obstáculos, como tipo de projeto, escopo e pessoal, para citar alguns.

Pesquisas realizadas por meio de questionários e entrevistas semiestruturadas realizadas por Andrade [57] com profissionais da área offshore permitiu, assim, levantar informações sobre a área de atuação, o nível de escolaridade, a idade, os anos de experiência dos respondentes, dentre outras informações, características e aspectos. Como conclusão, este estudo consegue realizar o paralelo entre o uso das Metodologias Tradicionais e Metodologias Ágeis visando indicar quais são aquelas mais utilizadas e informar a percepção dos profissionais quanto ao uso destas metodologias.

O resultado final indica que a maioria dos profissionais da amostra, possui cargo de gerência ou coordenação. Sendo, portanto, um grupo com função gerencial e com experiência entre superior a 10 anos na atuação de projetos que são objeto desta pesquisa. Também foi possível concluir que, quase a totalidade dos respondentes possui experiência em projetos gerenciados pela forma tradicional e, pouco mais da metade (58,1%), informou possuir experiência em projetos gerenciados utilizando Metodologias Ágeis. Dentro desse universo de utilização das Metodologias Ágeis, *Lean*, *Kanban*, *Scrum* e *Agile* foram os mais citados, respectivamente.

Ainda, segundo Andrade [57] 80 % dos respondentes afirmaram acreditar que a implementação das Metodologias Ágeis contribui para diminuir os custos associados às variações ou mudanças de escopo em projetos, bem como, contribuir com a diminuição de custos associados a atrasos no cronograma. Entretanto, contrapondo a esses expressivos números, quase metade dos respondentes afirmou que a organização em que atuam não está alinhada aos valores e princípios ágeis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora não seja um padrão da indústria, as Metodologias Ágeis foram introduzidas e utilizadas na Indústria Offshore, porém, com poucos relatos e informações de uso destas metodologias. As Metodologias Ágeis mais citadas, respectivamente, foram as Metodologias *Lean*, *Kanban*, *Scrum* e *Agile*

. Porém, pode-se perceber com base no trabalho de Andrade [57] que essa utilização ocorre quase de forma intuitiva por parte dos colaboradores, e não como uma diretriz clara das organizações, que ainda preconizam a utilização de forma tradicional de gestão de projetos.

É fundamental ter consciência de que cada projeto possui demandas específicas e particulares, ajudando a entender, que a todo o momento, são buscadas metodologias que venham a auxiliar na gestão de projetos e, dificilmente será utilizada uma metodologia apenas para ajudar aos projetos serem ágeis.

REFERÊNCIAS

- [1] PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. H. Projeto na engenharia. Editora Blucher, 2005.
- [2] MARTINS, J. C. C. Técnicas para Gerenciamento de projetos de software, Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- [3] DINSMORE, P. C.; CABANIS-BREWIN, J. AMA-Manual de Gerenciamento de Projetos. Rio de Janeiro: Brasport, 2009.
- [4] ANDREI, B. A.; CASU-POP, A. C.; GHEORGHE, S. C.; BOIANGIU, C. A. A study on using waterfall and agile methods in software project management. *Journal of Information Systems & Operations Management*, 125-135, 2019.
- [5] AJAM, M. A. Project management beyond waterfall and agile. CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018.
- [6] FERNANDEZ, D; FERNANDEZ, J. *Agile Project Management - Agilism versus Traditional Approaches. Journal of Computer Information Systems*, 2016.
- [7] BECK, K.; GRENNING, J.; AT AL. *Manifesto for Agile Software Development*, 2001. Disponível na internet em: <http://agilemanifesto.org/>. Acessado em Junho de 2022.
- [8] LIBARDI, P.; BARBOSA, V. Métodos Ágeis. Monografia, Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Tecnologia, UNICAMP, 24p, 2010.
- [9] SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. *The Scrum Guide*. 2020. Disponível em: <https://www.scrum.org/resources/scrum-guide>. Acessado em Abril de 2022.
- [10] COCKBURN, A. Agile Software Development. Addison-Wesley, 2002.
- [11] PACE, J. O Kanban na Prática. Qualitymark, 2003.
- [12] WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. The machine that changed the world: The story of lean production - Toyota's secret weapon in the global car wars that is now revolutionizing world industry. Free Press, 1990.
- [13] JEFFRIES, R.; BECK, K.; CUNNINGHAM, W. XProgramming. Disponível em: https://www.xprogramming.com/recommended_reading/recommended_reading_prog/. Acessado em Maio de 2022.
- [14] BENNEKUM, A. DSDM Agile Methodology. Disponível em: <https://www.dsdmofagilemethodology.wikidot.com>. Acessado em Maio de 2022.
- [15] DE LUCA, J.; COAD, P. A Brief introduction to FDD. Disponível em: <https://www.methodsandtools.com/archive/archive.php?id=19p2>. Acessado em Maio de 2021.
- [16] SOARES, M. Análise Comparativa de Ferramentas Utilizadas para Kanban, 2017.

- [17] MAJCHRZAK, M.; STILGER, L. Experience report: introducing Kanban into automotive software project. *e-Informatica Software Engineering Journal*, p. 39-57, 2017.
- [18] AL-BAIK, O.; MILLER, J. The Kanban Approach, Between Agility and Leanness: A Systematic Review. *Empirical Software Engineering*. Disponível em: <http://doi.org/10.1007/s10664-014-9340-x>, 2014.
- [19] KHAN, Z. Scrumban-Adaptive Agile Development Process: Using Scrumban to Improve Software Development Process. Helsinki Metropolia University of Applied Sciences. Disponível em: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/7701>, 2015.
- [20] LI, P. Running Your Project Using Kanban: Disponível em: <https://www.packtpub.com/books/content/running-your-project-using-kanban>, 2016.
- [21] OLIVEIRA, M. A Gestão de riscos como uma ferramenta para o sucesso de ensaios clínicos. Estudo de Caso, 2016.
- [22] VINICIUS, M.; REIS, T.; RODRIGUES, G. Gestão de riscos no framework Scrum utilizando análise SWOT. *Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação*, p. 13-14, 2018.
- [23] NONAKA, I.; TAKEUSHI, H. The New New Product Development Game. *Harvard Business Review*, Vol 64, p. 137-146, 1986.
- [24] NONAKA, I.; TAKEUSHI, H. *The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation*. Oxford University Press, p. 304, 1995.
- [25] SCHWABER, K.; SUTHERLAND, J. *The Scrum Guide*. 2020. Disponível em: <https://www.scrum.org/resources/scrum-guide>. Acessado em Abril de 2022.
- [26] STREULE, T. Implementation of scrum in the construction industry. *procedia engineering*. Creative Construction Conference – CCC, 2016.
- [27] KUTER, M. UX and agility: 1 sprint ahead? Disponível em: <https://www.mariekuter.com/>, 2018.
- [28] ILIEVA, S.; IVANOV, P.; STEFANOVA, E. Analyses of an agile methodology implementation. *Conference Proceedings of the EUROMICRO*. Vol 30. 326-333, 2004.
- [29] SVENSSON, H.; HÖST, M. Views from an organization on how development affects its collaboration with a software development team. *Product Focused Software Improvement, 6th International Conference*, 2005
- [30] SILLITTI, A.; SUCCI, G. The role of plan-based approaches in organizing agile companies. *semantic scholar*, 2005.
- [31] MANN, C.; MAURER, F. A case study on the impact of scrum on overtime and customer satisfaction. *University of Calgary*, 2005.
- [32] MOREIRA, M. *Being Agile: your roadmap to successful adoption of Agile*. Apress. New York, NY, 2013.

- [33]MELO, C. Produtividade e adaptabilidade de times ágeis: conceitos e paradoxos. Thoughtworks Antologia Brasil: Histórias de Aprendizado e Inovação, Casa do Código, 2014.
- [34]TELES, M. Extreme Programming: Aprenda como encantar seus usuários desenvolvendo com agilidade e alta qualidade. Novatec Editora, p. 24-26, 2017.
- [35]LEFFINGWELL, D. SAFe 4.5 Reference guide: scaled agile framework for Lean Enterprises. Addison-Wesley Professional, 2018.
- [36]LARMAN, C.; VODDE, B. Large-Scale Scrum: more with LeSS. Addison-Wesley Professional, 2016.
- [37]TUCKMAN, B. Developmental sequence in small groups. Psychological Bulletin, Vol. 63, p. 384-99, 1965.
- [38]TUCKMAN, B.; JENSEN, M. Stages of small-group development revisited. Group and Organizational Studies, Vol 2, p. 419-427, 1977.
- [39]ZANNELLI, J.; BERGE-ANDRADE, J.; BASTOS, A. Psicologia, Organizações e Trabalho no Brasil. Artmed, p. 609, 2004.
- [40]WHEELAN, S. Group size, group development, and group productivity. Small Group Research, Vol. 40, p. 247-262, 2009
- [41]PMI PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK®, PMI®, 6th Edition, 2017.
- [42] VARGAS, R. Manual Prático do Plano de Projeto Utilizando o PMBOK Guide. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.
- [43]SCARPIN, J. Utilização do Target Costing e da Previsão de Demanda como Ferramentas de Gestão Estratégica de Custos na Indústria de Concreto: Um Estudo de Caso. ABCustos, 2016.
- [44]ROCHA, A.; MOTA, E.; Junior, I.; QUINTELLA, O. Gestão da Qualidade e Processos –FGV Management. Editora FGV, 1ª Edição, 2014.
- [45] KANJI, G.; ASHER, M. Advances in Total Quality Management. Avances en la Administración de la Calidad Total, 1993.
- [46]HONTON, E.; HUSS, W. Alternative Methods for Developing Business Scenarios. Technological Forecasting and Social Change. v.31, p. 219-238, 1987.
- [47]BARAN, L; TROJAN, F.; Métodos e Ferramentas Aplicados na Análise de Criticidade em Sistemas Industriais. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção, 2013. Disponível em: <http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2013/anais/artigos/gestaoproducao/20.pdf> Acessado em: Maio de 2021.
- [48]OWEN, R.; KOSKELA, L. Agile Construction Project Management. Research Institute of the Built & Human Environment. PMI Research Conference. PMI, 2007.

- [49]RIBEIRO, F. Exploring Agile Methods in Construction Small and Medium Enterprises: A Case Study. Journal of Enterprise Information Management, 2010.
- [50] EKSTROM, A.; PETTERSSON, E. Agile Project Management in the Design Stage: Construction Projects Possibilities to Apply Agile Methods. Master's Thesis. Department of Real Estate and Construction Management. Royal Institute of Technology, 2016.
- [51] KOSKELA, L.; OWEN, R. B.; DAVE, B. Lean construction, building information modelling and sustainability. In Proceedings of the 2010 ERACOBUILD Workshop on BIM and Lean, 2010.
- [52]MOSTAFA, S.; CHILESHE, N.; ABDELHAMID, T. Lean and Agile Integration within Offsite Construction Using Discrete Event Simulation: A Systematic Literature Review. Construction Innovation Journal, Vol. 16, No. 4, 2016.
- [53]MOHAMMED, S.; JASIM, A. Examining the values and principles of Agile construction management in Iraqi construction projects. Journal of Engineering, Number 7, Volume 24, July 2018.
- [54]MENDEZ, A. Improving Project Performance Through Implementation of Agile Methodologies in the Renewable Energy Construction Industry. ProQuest Dissertations and Theses, 2018.
- [55]STRACUSSER, G. Agile Project Management Concepts Applied to Construction and other Non-IT Fields. Project Management Institute. Orlando, 2015.
- [56] NOWOTARSKI, P.; PASLAWSKI, J.; MATYJA, J. Improving Construction Processes Using Lean Management. World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium, 2016.
- [57] ANDRADE, B. R. de . Estudo da utilização das metodologias ágeis nas fases de projeto e fabricação de equipamentos offshore, Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ. Brasil.

Educación virtual en Chile, ejemplo de un nuevo espacio para el aprendizaje

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-004>

José Manuel Salum Tomé

Ph.D

Doctor en Educación

Universidad Católica de Temuco

E-mail: josesalum@gmail.com

RESUMEN

La Educación Virtual nace en el año 2002 a partir de un proyecto conjunto entre el Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas CPEIP y el Centro de Educación y Tecnología Enlaces.

CPEIP ha desarrollado una línea de formación docente a distancia a través de Internet ejecutando

varios cursos desde el año 2002, y Enlaces durante los últimos

15 años ha dedicado sus esfuerzos a proporcionar el acceso de profesores y estudiantes a oportunidades educativas asociadas a las nuevas tecnologías de información y comunicación. Ambas instituciones decidieron aunar sus esfuerzos y desarrollar un proyecto conjunto que integra a la línea de formación docente a distancia del CPEIP, hasta ahora dirigida a la actualización curricular, diferentes estrategias de apoyo a la apropiación de las TIC y la integración curricular de las mismas.

Palabras clave: Educación Virtual, Aulas virtuales, Competencias de las TICs, Alfabetización Digital.

1 INTRODUCCIÓN

La educación virtual con modalidad e-learning y b-learning para la actualización docente, es una iniciativa con cobertura en todo el territorio Chileno y es financiado por el Ministerio de Educación de Chile a través del Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas (CPEIP). Ha sido desarrollado por el Centro para el desarrollo de innovaciones en educación. La formación se inserta en el marco de la reforma curricular, e incorpora recursos TICs en las actividades de aprendizaje y capacitación docente.

Esta modalidad nace en el contexto de una línea de formación docente con apoyo de componente virtual implementada por el CPEIP. Por otra parte un estudio reciente realizado en el marco del proyecto Enlaces muestra que el 92% de los establecimientos cuenta con infraestructura tecnológica y el 76% de los docentes han sido capacitados en el uso de TIC, lo anterior como resultado de la implementación del proyecto Enlaces. Por otra parte la penetración en el uso de TIC en el profesorado es creciente un 80% de los docentes con equipos en los hogares, 51% de ellos con Internet, 58% de ellos con banda ancha (Collect y Enlaces 2004).

El desarrollo e implementación de la experiencia contemplo: a) la selección y formación de tutores, b) el diseño pedagógico del curso, c) el diseño e implementación del curso en la plataforma Moodle; d) desarrollo de diversos recursos de apoyo a los contenidos, e) aplicación de Pre y Post Test y evaluaciones sumativas y formativas.

El curso capacitó a nivel nacional 786 docentes, divididos en 29 cursos, con un promedio de 27 alumnos por curso. Para el apoyo tutorial durante la implementación del curso se generó una comunidad de tutores para apoyarles en sus tareas de tutorización del curso en las áreas: administrativas, técnicas, social y pedagógica. La metodología de trabajo situó al docente en el centro del aprendizaje, como una aprendiz que define en forma autónoma su camino de aprendizaje. En este contexto el participante construye conocimiento a través de la interacción con: los materiales, el tutor y los compañeros.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo e implementación de la experiencia contempló:

- *la selección y formación de tutores*, para lo cual se usó el modelo e-modetaring de Salmon, creándose actividades como objetos de aprendizaje. Se diseñó un perfil para seleccionar a los tutores y se les formó mediante un curso en la modalidad e-learning que concluyó con un encuentro presencial.
- *diseño pedagógico del curso*, el cual ha sido concebido bajo un modelo interactivo para la enseñanza de la matemática cuya concepción se acerca mucho a la expresión del Madison Project, que se sintetiza en: “conjetura – trata, pon la idea a prueba – observa lo que sucede y... aprende cómo seguir”;
- *diseño e implementación del curso en la plataforma Moodle*; contempló la organización de los contenidos en unidades, las cuales poseen tres áreas: Actividades y Evaluación: se encuentra con el conjunto de actividades organizadas semanalmente, dentro de la semana por día y al interior del día, las actividades específicas con una breve descripción y tiempo estimado de desarrollo, considera una evaluación formativa semanal y una calificación por unidad; Interacciones: contempla un foro de discusión, un espacio para consultas y un diario mural; Biblioteca: agrupa los diferentes recursos como lecturas, guías, Applets, material de referencia.
- *Desarrollo de diversos recursos de apoyo a los contenidos*: guías, material de referencia, applets (componente de una aplicación que se ejecuta en el contexto de otro programa, por ejemplo en un navegador web), lecturas, referencias a sitios, entre otros recursos.

- *La aplicación de un Pre y Post Test:* Se aplicó al inicio del curso un pre-test y al final un post-test.
- *Obtención y análisis de la información como:* datos estadísticos de participación en presenciales, evaluaciones con calificaciones en la plataforma y registro de participaciones en espacios interactivos en la plataforma.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En esta sección se presentan los principales resultados del curso, ellos se han obtenido a través de los diferentes sistemas de registro de información como: la aplicación del Pre y Post Test, la asistencia a las presenciales, los resultados de las evaluaciones sumativas en la plataforma y los datos obtenidos de la plataforma respecto a la participación en los espacios interactivos.

3.1 PARTICIPACIÓN EN EL CURSO

Durante todas las semanas se llevó un monitoreo de los alumnos activos en el curso, emitiéndose un reporte semanal el cual da cuenta de la cantidad de alumnos activos e inactivos en la semana, además de contabilizar los sin ninguna conexión en el curso.

En esta sección se presentan los principales resultados del curso, ellos se han obtenido a través de los diferentes sistemas de registro de información como: la aplicación del Pre y Post Test, la asistencia a las presenciales, los resultados de las evaluaciones sumativas en la plataforma y los datos obtenidos de la plataforma respecto a la participación en los espacios interactivos.

3.2 PARTICIPACIÓN EN EL CURSO

Durante todas las semanas se llevó un monitoreo de los alumnos activos en el curso, emitiéndose un reporte semanal el cual da cuenta de la cantidad de alumnos activos e inactivos en la semana, además de contabilizar los sin ninguna conexión en el curso. La figura 7 muestra el comportamiento de estos parámetros en las 14 semanas de ejecución del curso.

3.3 PARTICIPACIÓN SESIONES PRESENCIALES

El curso contempla tres presenciales, al inicio, término del curso y después de la primera unidad de contenidos. Para el desarrollo de estas presenciales se entregó al tutor una planificación a seguir con las actividades a desarrollar y recursos digitales como presentación para su apoyo.

3.4 PARTICIPACIÓN SESIONES PRESENCIALES

El curso contempla tres presenciales, al inicio, término del curso y después de la primera unidad de contenidos. Para el desarrollo de estas presenciales se entregó al tutor una planificación a seguir con las actividades a desarrollar y recursos digitales como presentación para su apoyo.

3.5 PARTICIPACIÓN ESPACIOS DE INTERCAMBIO

En esta sección se analizará la participación de los participantes en los diversos espacios asíncronos contemplados para la comunicación entre el tutor con los alumnos y entre los propios participantes.

3.6 PARTICIPACIÓN EN LOS ESPACIOS PERMANENTES

Los espacios permanentes son un conjunto de herramientas principalmente foros que están disponibles para el uso por parte de los participantes a lo largo de todo el curso.

Se presenta 165 *dudas técnicas* un promedio de 5.5 por curso. Estas dudas se relacionan al uso de la plataforma y la configuración de los computadores para correr ciertas aplicaciones como los Applets.

En el *foro social* hay 765 temas abiertos por los participantes, al interior de ellos hay diversos niveles de interacción difíciles de cuantificar, el promedio es de 26.3 temas abiertos por curso, recordar que estos temas los inician y animan los propios participantes, existiendo nula o escasa participación del tutor, salvo en el foro de bienvenida que inicia el tutor en este espacio. El foro social pasa a ser una especie de “sala de profesores virtual”.

En *novedades* espacio restringido a publicaciones sólo del tutor que no pueden ser debatidas por los participantes se registran 624 intervenciones con un promedio de 21.5 intervenciones. Estas corresponden a información y orientaciones que los tutores hacen llegar a sus alumnos respecto al desarrollo de las actividades, rendición de evaluaciones y criterios de evaluación, entre otras.

3.7 PARTICIPACIÓN EN ESPACIOS INTERACTIVOS

La participación en los espacios interactivos si bien es variable en cada unidad, sigue tendencias similares que posteriormente se reflejan en el global de las tres unidades, en este sentido el foro de discusión concentra la mayor parte de las intervenciones, seguido del foro diario mural y consultas.

4 CONCLUSIONES

El curso presentó un esfuerzo por entregarles a las profesoras y profesores de segundo ciclo de enseñanza primaria un proceso de perfeccionamiento de calidad, que permita construir los

conocimientos, tanto disciplinares como didácticos, necesarios para que los participantes pueda mejorar sus prácticas pedagógicas. Lo anterior en una modalidad a distancia que favorezca la interacción con los compañeros y el tutor al interior de una comunidad de aprendizaje. Los principales conclusiones son:

Alto interés por participar en el curso: El interés demostrado por los docentes para perfeccionarse en Geometría ha quedado plasmado en los altos números de inscritos y de matriculados, lo cual confirma la necesidad percibida de capacitar en esta área. Se registra un total de 1.004 participantes matriculados.

Alumnos activos: La cantidad de alumnos que se han mantenido activos en el curso es altamente positiva de los 1.004 inscritos originales 786 dieron la evaluación sumativa 1, un 78% de participación efectiva, y entre éstos y los que rinden la evaluación final se produce un nivel de retención del 83% de los participantes. Adicionalmente un promedio de 670 participantes se conectan semanalmente al curso, un 85% de los participantes activos.

Valoración de los contenidos y recursos: Los contenidos del curso y los diversos recursos que este provee han sido valorados por los participantes, debido a su calidad, contextualización y la factibilidad que ellos los puedan usar y transferir al trabajo en el aula. Las aplicaciones Applets han sido dentro de este conjunto las más novedadas, pues simulan construcciones geométricas.

Los encuentros presenciales Los aspectos positivos de los encuentro presenciales se centraron principalmente en la posibilidad de realizar trabajo colaborativo, compartir experiencias, aumentar la sensación de pertenencia y resolver dudas asociada a la metodología y a la utilización de la tecnología. La primera presencial presento problemas en su desarrollo debido a la convocatoria y a problemas con la plataforma, la segunda se desarrollo con normalidad. Los participantes han sugerido para próximas versiones incorporar trabajo relacionado directamente con los contenidos y algunos a pesar de ser un curso a distancia sugieren más presenciales.

La plataforma: La plataforma ha mostrado una gran estabilidad, sólo se vio con problemas en ciertos momentos puntuales en el desarrollo del curso, relacionados principalmente con los cuestionarios en línea, en términos generales ha estado en un alto porcentaje operativa y accesible. La forma en que se han dispuesto los espacios interactivos son evaluadas positivamente por los participantes. Destacan su facilidad de uso, la encuentran “amigable”, los espacios los usan con frecuencia y los encuentran útiles. En este sentido el proveer de espacios diferenciados para la discusión, el compartir recursos, aclarar dudas e interactuar en temas libres como el “foro social” creemos que es un elemento que contribuyen en aumentar la interacción y organizarla. Cuando a los participantes se les pregunta sobre la plataforma normalmente terminan hablando del curso y eso es una señal que se les hizo “invisible”, se fundió en un solo gran elemento: el curso.

Las Interacciones: Se hizo un uso interesante por parte de los participantes de los espacios interactivos. Concentrándose las intervenciones en los foros de discusión 66%, el “Diario mural” y “Consultas” registran un 28% y un 6% respectivamente de las intervenciones. Hubo también un espacio permanente en que el foro social que acaparó la mayor participación a partir de temas planteados por los participantes transformándose en una especie de “sala de profesores virtual”. En este sentido creemos que la clave de la participación fue haber establecido espacios diferenciados para los tipos de intervenciones, que pudieron canalizar el tipo de intervenciones que los participantes normalmente realizan en estos cursos, además de la animación del tutor especialmente en el foro de discusión.

Comunidad de tutores: La comunidad de tutores ha sido un espacio que ha permitido la coordinación del equipo pedagógico y tutorial que coordina el proyecto con los tutores, a través de ella se ha podido orientar y apoyar a los tutores en el desarrollo de su trabajo, los principales espacios utilizados han sido: orientaciones, consultas, solicitud de información y reportes, como se observa los dos primeros dedicados a lo pedagógico y los dos restantes a lo administrativo. Se observa en esta comunidad un rol activo de los tutores, especialmente de los que logran mejores resultados en sus cursos.

Los tutores: Los tutores son agentes relevantes en el desarrollo del curso, ellos han desarrollado diversas tareas en las áreas: pedagógica, social, técnica y administrativa. El rol desempeñado por ellos especialmente al inicio del curso para “encantar” a los que no fueron a la presencial y en los tiempos de las evaluaciones para que los alumnos las rindan en los plazos establecidos ha sido vital para mantener a los alumnos activos. La labor de estos profesionales ha sido altamente valorada por los participantes, perciben en ellos un apoyo constante en el desarrollo del curso y sus actividades así como la aclaración de dudas de carácter pedagógico y administrativos, los perciben cercanos y siempre atentos a resolver sus dudas. Un factor que probablemente ha contribuido son los reportes semanales que se les hizo llegar respecto a los participantes activos e inactivos de sus cursos, esto les permite determinar como va su curso en relación al sus pares a nivel nacional, varios de ellos han recibido las felicitaciones y reconocimiento del equipo pedagógico y de sus pares por los logros alcanzados.

Conformación de los grupos: En las regiones grandes como la Región Metropolitana donde se encuentra la capital del país, conformar los grupos de acuerdo al domicilio del docente, creemos que no es lo más óptimo, pues traslada al ambiente virtual las divisiones que realizamos en el ámbito laboral. Profesores de establecimientos de comunas pobres con sus pares y los de establecimientos más acomodados con los suyos. Esto desde la perspectiva de la construcción social de conocimiento y del concepto de Zona de Desarrollo Próximo de Vigostky no es muy adecuado. En este sentido creemos que la participación de docentes de establecimientos particulares puede convertirse en un aporte para

el resto de la comunidad de aprendizaje, especialmente cuando se integran a grupos de sectores más populares.

Las Evaluaciones: Se observan a nivel general y de unidad, importantes avances en los aprendizajes reflejados en las diferencias de pre y post test. Adicionalmente las evaluaciones sumativas online también reflejan estos avances. Un elemento a nuestro juicio relevante es que la diferencia que se obtienen en relación a la pruebas sumativas online y el pre y post test reflejan que estas están significativamente más cercanas al post test, por lo cual dan cuenta de los aprendizajes adquiridos, superando la desconfianza inicial en términos que estas no reflejan los aprendizajes individuales toda vez que se presume culpable al docente de realizarla con apoyos adicionales a sus propios conocimientos.

El proceso seguido por los docentes participantes, ha sido en gran medida exitoso, sin duda perfectible en diversos aspectos. Ha significado el desarrollo de una experiencia virtual de formación docente que ha entregado a los participantes, una nueva forma de acceder a los contenidos, materiales de calidad e interacción con pares, tutor y especialistas, en una temática, prioritaria en la formación matemática de los niños Chilenos como lo es la geometría. La experiencia de este curso muestra un camino a seguir en estas nuevas formas de actualización docente que integran el uso de las TIC como un canal de comunicación y de formación durante la vida profesional, dando acceso a una experiencia formativa que muchos de los docentes participantes no hubiesen tenido acceso en los formatos tradicionales de formación presencial.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, t & kanuka, h. (1997). On-line forums: new platforms for professional development and group collaboration, journal of computer- mediated communication (jcmc) [en línea], 3 (3).disponible en: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol3/issue3/anderson.html> [2003, octubre 31]
- Barberà, e y badia, a. (2004) educar con aulas virtuales: orientaciones para la innovación en el proceso de enseñanza y aprendizaje, madrid: a. Machado.
- Bates, a.w. (1995). Technology open learning and distance education, london/newyork: routledge.
- Berge, z.l. (1995). Facilitating computer conferencing: recommendations from the field. Educational technology. 35(1), 22-30. Disponible en: http://www.emoderators.com/moderators/teach_online.html [2003, agosto 18]
- Braslavsky, c. (1999). Bases, orientaciones y criterios para el diseño de programas de formación de profesores. Revista interamericana de educación. N° 19, pp 13-50. Madrid-españa: organización de estados iberoamericanos para la educación, la ciencia y la cultura (oei). <Http://www.campus-oei.org/oeivirt/rie19.htm> [2003, julio 22]
- Bultron, c. (2000). Nuevas tendencias en educación. Informe mundial sobre la comunicación y la información 1999-2000, (pp. 51- 67). Ediciones unesco/cindoc
- Cabero, j. (2001). La aplicación de las tic: ¿esnobismo o necesidad educativa?, red digital [en línea], 1. Disponible en: http://reddigital.cnice.mecd.es/1/firmas/firmas_cabero_ind.html [2002, diciembre 22]
- Collect & enlaces (2004). Encuesta: educación en la sociedad de la información. En enlaces estadísticas 2005 (pp 9- 22), <http://www.enlaces.cl/libro/encuesta.pdf> [2005, mayo 15]
- Coll, c. (2001). Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje. En: coll, c., palacios, j. Y marchesí, a. (comps.). Desarrollo psicológico y educación ii. Psicología de la educación (pp. 157-186). Madrid: alianza.
- Crook, ch. (1998). Ordenadores y aprendizaje colaborativo. Madrid: morata/mec ministerio de educación y cultura (título original: computer and the collaborative experience of learning, london: routledge, 1994)
- Greening, t. (1998). Building the constructivist toolbox: an exploration of cognitive technologies, educational technology, 38(2), 23-35.
- Gros, b. (2002). Constructivismo y diseños de entornos virtuales de aprendizaje, revista de educación, 328, 225-247.
- Gros, b. Y silva, j.(2005). La formación del profesorado como docentes en los espacios virtuales de aprendizaje, revista iberoamericana de educación, número 36(1), http://www.campus-oei.org/revista/tec_edu32.htm
- Grünberg, j. (2002) redocente: una investigación sobre colaboración electrónica entre docentes de matemáticas y ciencias. Nuevas tecnologías en educación, montevidéo, uruguay universidad de la república. Http://www.prc-antel.org.uy/nte/on-line/modulo_3.htm#3 [2003, diciembre 13]

- Harasim, l., hiltz, s., turoff, m. & teles, l. (2000). Redes de aprendizaje: Guía para la enseñanza y el aprendizaje en red , barcelona:gedisa/ediuoc [versión original: learning networks. A fiel guide to teaching and learning online. Cambridge (ee.uu.): massachusetts institute of technology press,1995)
- Hernández, p. (1997). Construyendo el constructivismo: criterios para su fundamentación y aplicación escolar. En rodrigo, m^a.j. Arnay, j. (comps). La construcción del conocimiento escolar (pp. 285-312). Barcelona/buenos aires/méxico:paidós
- Pérez, a. (2002). Elementos para el análisis de la interacción educativa en los nuevos entornos de aprendizaje, pixel-bit revista de medios y educación [en línea], 19. Disponible
En: <http://www.sav.us.es/pixelbit/articulos/n19/n19art/art1904.htm> [2003, abril 1]
- Ryan, s., scott, b., freeman, h. & patel, d. (2000). The virtual university: the internet and resource-based learning, london: kogan page.
- Salmon, g. (2000). E-moderating: the key to teaching and learning online, london: kogan page.
- Swan, k., shea, p. Fredericksen, e., pickett, a. Pelz, w., maher, g. (2000). Building knowledge building communities: consistency, contact and communication in virtual classroom, journal educational computing research, 23 (4), 359-381.
- Vygostky, l.s.(1978). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores, barcelona: crítica.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-005>

Giácomo Antônio Althoff Bolan

Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC)

Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC-UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Araranguá, Brasil

E-mail: kinhobolan@gmail.com

Eliane Pozzebon

Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação (PPGTIC)

Laboratório de Tecnologias Computacionais (LabTeC-UFSC)

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Araranguá, Brasil

E-mail: eliane.pozzebon@ufsc.br

Antônio Reis de Sá Júnior

Graduação em Medicina pela Universidade Federal de Juiz de Fora

Mestre e Doutor em Ciências no Programa de Psiquiatria pela Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

Médico psiquiatra com título de especialista pela Associação Brasileira de Psiquiatria

Professor Adjunto curso de Medicina no Departamento de Clínica Médica da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Araranguá, Brasil

E-mail: antoniorsjr@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste artigo é trazer os conceitos de Metaverso, 5G, Nanotecnologia, IoT¹, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e realidade Mista, inseridas em tópicos que abordam o referido tema e trazem informações das inovações tecnológicas quanto a aplicação da realidade aumentada na medicina e a utilização de novas tecnologias como o HoloLens. A partir dos conceitos e definições, podemos identificar o uso da realidade aumentada pela medicina e sua aplicação nas mais diversas áreas da saúde com o uso de aplicativos específicos para cada área, os quais possibilitam um grande avanço tecnológico e interativo entre o homem e a realidade aumentada na área da saúde. A metodologia utilizada [3], foi a abordagem qualitativa, que busca informações, pela coleta de dados descritivos, buscando compreender o fenômeno ou objeto estudado. Quanto a natureza [3], é descritiva, visando observar um acontecimento, situação e entender sua aplicação, a presente pesquisa quanto ao procedimento é uma pesquisa bibliográfica, que utiliza fontes documentais, como livros, artigos científicos, teses e dissertações, para a coleta e análise de dados. Quanto ao objetivo [3], é uma pesquisa descritiva, buscando descrever uma situação. Com fulcro na análise dos impactos das novas tecnologias é possível verificar o impacto destas na medicina, nas mais variadas áreas.

Palavras-chave: Metaverso, Novas Tecnologias, Realidade Virtual, Realidade Aumentada, HoloLens.

1 INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias que aumentam a interação do mundo digital com o homem, como o Metaverso, 5G, Nanotecnologia, IoT, Robótica, Inteligência Artificial e Realidade Virtual e Mista, possibilitando um maior aprendizado e novas aplicações na realidade aumentada, bem como sua utilização pela medicina. O tema Metaverso, gradativamente trouxe novos e incríveis formatos de tecnologias [1]. enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para sociedade, oferecendo e acrescentando a construção de conhecimento. Diante dessas novas

¹ IoT – Internet das Coisas

tecnologias a Realidade Aumentada (RA), tem sido utilizada como imagem digital para fazer parte do mundo real conseguindo obter muitas vantagens ao implementar a informação da imagem real agregando-lhe atributos que esta não possui.

A interação com diversos indivíduos em um ambiente virtual, mediante a criação de um contexto e objetivo traz uma nova forma de aprendizagem que está sendo moldada e é um campo vasto de pesquisas, como será vislumbrado nas aplicações de realidade aumentada utilizadas na área da saúde.

[2] A realidade aumentada para fins médicos tem sido teorizada desde o início da década de 1990 e a implementação tem sido empregada em diferentes campos como neurocirurgia, ultrassom e outros mais. O principal objetivo da realidade aumentada para uso na medicina, bem como em cirurgias é equipar cirurgiões com visão aumentada para que possibilite ver dentro de um paciente. A cirurgia minimamente invasiva reduz a quantidade de trauma que um paciente experimenta usando incisões menores em comparação com a cirurgia aberta, permitindo um menor tempo de recuperação, doses mais baixas de medicação para dor e menor taxa de infecção.

A metodologia utilizada na presente pesquisa é exploratória, bem como, uma pesquisa bibliográfica, desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos.” [3], enfatizando também a realidade aumentada e mista, as quais são tecnologias interativas e de exibição emergentes que são capazes de mesclar objetos virtuais, em duas ou três dimensões, com o mundo real e as aplicações somadas com o uso de óculos HoloLens tem permitido avanços imensuráveis como podem ser verificados nas pesquisas descritas [2].

O objetivo pesquisa é demonstrar a aplicação da realidade aumentada e novas tecnologias na medicina.

Neste artigo apresenta-se na seção II as Novas Tecnologias, na seção III a Aplicação da realidade aumentada na medicina, na seção IV as Considerações finais.

2 NOVAS TECNOLOGIAS

2.1 METAVERSO

Dentre os diversos conceitos, é possível sintetizar a ideia geral de que o Metaverso seria uma palavra empregada para demonstrar um mundo virtual que espelha a realidade por meio de dispositivos digitais. “Essa tecnologia pode ser considerada como um híbrido entre ambientes virtuais de aprendizagem, jogos, comunicadores instantâneos e comunidades virtuais” [4]. A ideia sobre os metaversos que vem sendo apresentada pelas empresas de tecnologia não é nova. “... metaverso, embora descrita com outros termos, surge em 1984, em livros como *Neuromancer*, de William Gibson.” [5]. Caminhamos a passos largos em direção da concepção do metaverso demonstrado na

ficção científica, graças às “interfaces” gráficas de alta resolução e objetos modelados na forma tridimensional [6].

O metaverso pode ser definido como um conjunto de tecnologias conectados a “IoT²” e “Blockchain³” associados à outras tecnologias, incluindo a tecnologia na área médica; bem como, que o metaverso funciona como um mapa do mundo real, dentro do mundo virtual [7].

[8] Ainda temos outra definição, de que o Metaverso contribui no sentido de colaborar com uma plataforma alternativa de interação do homem com o mundo virtual, não existindo muitas restrições na alteração dos ambientes ao redor ou até mesmo no aspecto dos avatares, podendo ser utilizado como uma plataforma que espelha os pensamentos humanos ou até sonhos, isso no mundo do metaverso. Em outra avaliação [9], o metaverso é visto como uma plataforma de aprendizagem baseada em jogos como o “Second Life”, devido a sua funcionalidade a qual difere dos demais, tendo em vista que os usuários são capazes de construir o ambiente que os avatares habitam e não são limitados por objetivos já definidos.

É notável a contínua evolução da realidade virtual, com constantes mudanças e avanços tecnológicos, [10] e em fevereiro de 2021, foi revelada a criação de um aplicativo denominado “MetaHuman Creator”, pela “Epic Games”, baseado num navegador que capacita desenvolvedores de jogos, como qualquer pessoa a criar um humano digital, de forma realista e sob medida, totalmente equipado com roupas, cabelos, sapatos em tempo recorde. O aplicativo é executado na nuvem por meio do “Unreal Engine Pixel Streaming”, acelerando o processo de criação humana digital.

[10] Uma das tarefas mais difíceis na criação do conteúdo 3D foi a construção de humanos digitais, pois demandava uma grande quantidade de tempo, esforço e equipamentos apenas para a criação de um personagem, barreira que está sendo superada, pois o “MetaHuman Creator” pode ser utilizado em combinação com a tecnologia de captura e animação para a criação de movimentos realistas para videogames, filmes, televisão dentre outros, visando um padrão de interação entre o humano e o computador. O aplicativo criado, agiliza o processo de criação dos avatares por meio de um fluxo de trabalho intuitivo, indicando que a era “Cyborg” está apontando com novas perspectivas.

O Metaverso, gradativamente trouxe novos e incríveis formatos de tecnologias [1] que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para sociedade, oferecendo e acrescentando a construção de conhecimento. Diante as diversas tecnologias a Realidade Aumentada (RA⁴), tem sido utilizada como imagem digital para fazer parte do mundo real conseguindo

² *IoT* é uma sigla, que significa internet das coisas, ou seja, que visa a conectividade e permite a troca de dados entre si.

³ “Blockchain”, significa uma lista de registro imutável, contendo informações com carimbo, data, hora e dados da transação.

⁴ RA – Realidade Aumentada

obter muitas vantagens ao implementar a informação da imagem real agregando-lhe atributos que esta não possui.

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O futuro trazido pelos avanços tecnológicos [11] e, em especial pelo maravilhoso desenvolvimento da ciência de dados e inteligência artificial – IA, invoca o futuro contrário pintado por numerosas histórias de ficção científica. Essas histórias falam da existência humana na era da IA, referente sociedades automatizadas, desumanizadas e deprimidas, solitárias e na companhia de máquinas, que contribuem para a predação do planeta, degradação ecológica, governos totalitários e fortes desigualdades no acesso a recursos e poder, alienação e exclusão. Nesse cenário, as pessoas da classe elitizada monopolizam e usam tecnologia inteligente sofisticada como instrumento de mercantilização, repressão, exploração, manipulação e controle dos menos afortunados. [11] A ascensão da IA tem alimentado o debate sobre a contribuição potencial de novas tecnologias para a criação de um mundo próspero e equitativo, contra os inúmeros riscos éticos, morais, legais, humanitários e político-sociais, bem como os riscos à saúde física e mental.

2.3 IOT

A Internet das Coisas – IoT [12] é vista como uma futura Internet, que pode conectar todas as pessoas e coisas a qualquer momento, em qualquer lugar. A IoT torna os dispositivos de rede mais inteligentes para a comunicação, tomar decisões e fornecer serviços inteligentes. Especialmente nos últimos anos, os dispositivos IoT aumentaram extraordinariamente com o desenvolvimento da tecnologia de sensoriamento e a popularidade dos smartphones. O número de dispositivos IoT implantados poderá chegar a 50 trilhões no próximo ano o que trará um enorme desafio sobre como conectar as pessoas com esses dispositivos IoT maciços. No entanto, as redes atuais limitam a implantação de IoT devido à arquitetura de rede ossificada, o que dificulta a habilitação de novos protocolos de rede e fornecer garantias de Qualidade de Serviço -QoS, a partir disso podemos observar que projetar e implementar IoT tornou-se um problema urgente devido a uma grande quantidade de dispositivos que precisariam estar conectados à Internet para interações de informações.

2.4 5G

Quando a capacidade de desempenho de uma rede de internet aumenta [13], aliada aos desenvolvimentos do smartphone em termos de resolução de tela e à capacidade de exibir conteúdo VR, sendo que o usuário final do celular é capaz de consumir um tráfego altamente exigente, como conteúdo de Ultra Alta Definição -UHD e de Realidade Virtual, estes impõem atenção a carga para a rede, pois o conteúdo associado gera grandes quantidades de tráfego sobre essa rede, proporcional à

popularidade dos serviços. Estes serviços, adicionarão e complementarão os serviços existentes, motivando a necessidade de otimizar, tendo em vista que o conteúdo de vídeo flui através do trabalho líquido e é entregue ao usuário. Como resultado [13], as redes atuais estão sendo sobrecarregadas por novos requisitos de serviço e maior quantidade de dispositivos conectados. Isso acarreta a necessidade de avanços em diversas áreas como 5G. No entanto, apesar do fato de que o 5G permite ou melhora cenários que contribuirão para um aumento significativo da carga de trabalho.

2.5 ROBÓTICA

Na última década, [14] temos visto progressos significativos no desenvolvimento da robótica, abrangendo desde algoritmos, mecânica até “hardware” e plataformas. Existem vários sistemas robóticos, como manipuladores, robôs de pernas, veículos aéreos não tripulados, carros autônomos que foram projetados para busca e resgate, exploração, entrega de pacotes, entretenimento e mais aplicações e cenários. Esses robôs estão em ascensão para demonstrar todo o seu potencial. Além disso, temos os drones, um tipo de robô aéreo, o qual cresceu absurdamente nos últimos tempos. [14] Eles integram firmemente muitas tecnologias e algoritmos, incluindo sensoriamento, percepção, mapeamento, localização, tomada de decisão, controle etc. Essa complexidade coloca muitos desafios para o design de sistemas robóticos

2.6 NANOTECNOLOGIA

Em muitas universidades [15], descobertas são frequentemente anunciadas na área médica, com o manuseio de nanopartículas, o que é particularmente relevante, num momento em que o globo foi devastado pelo COVID-19. Muitas das descobertas médicas não têm relevância para a maioria da população mundial que não pode pagar os cuidados de saúde e não pode pagar prêmios de seguro de saúde. Espera-se que as vacinas e curas COVID-19, sejam universalmente acessíveis, nesse sentido, os produtos de nanotecnologia que são baratos beneficiam muitos, portanto é importante focar em metodologias de fabricação baratas para produzir mais e universalmente produtos acessíveis.

2.7 REALIDADE AUMENTADA, VIRTUAL E MISTA

O interesse em realidade aumentada - RA e realidade virtual - RV⁵, [16] para uma variedade de aplicações aumentaram nos últimos anos e embora essas tecnologias forneçam novas formas de interagir e entender as informações, muitas vezes a experiência é limitada para uma única pessoa, como no caso da utilização da RA para a previsão de desastres meteorológicos podendo ser utilizado num ambiente colaborativo.

⁵ RV – Realidade Virtual

Na atualidade, [16] existem muitas tecnologias de visualização, como projetores, monitores ou grandes paredes de exibição etc., mas todas elas contam um certo nível de riqueza tridimensional ao visualizar dados, especialmente quando o posicionamento espacial é importante. O entendimento é melhor assimilado a partir desses dados quando visualizados com tecnologias que apresentam um nível elevado de consciência espacial. As tecnologias RA e RV tornaram-se mais acessíveis e são usadas para visualizar o mundo digital dentro da consciência espacial, a diferença entre eles é que a RA criará objetos ou hologramas posicionados no mundo dela, mas RV replica um ambiente físico no mundo virtual e permite que os usuários naveguem neste mundo virtual. Essas tecnologias também tendem a ser experiências individuais do usuário que não podem ser compartilhadas com outras. [16] A ideia seria criar um ambiente compartilhado e colaborativo que facilitará uma melhor exploração de dados. A RA é mais adequada para isso porque interage com o mundo real e como os objetos são colocados em espaço real, é mais fácil visualizar outros usuários e interagir com eles. Desta forma, com um ambiente colaborativo no HoloLens, todos os usuários podem visualizar os dados mesmo visualizados e ancorados no mesmo ponto espacial, permitindo uma discussão mais focada sobre os dados, que podem aparecer como forma de gráficos, dependendo da necessidade.

Outra visão de realidade aumentada e realidade virtual exposta [16], assevera que a realidade virtual é uma tecnologia que mistura ambientes virtuais projetados para criar imagens multissensoriais realistas para gerar uma percepção do observador em outro mundo. O usuário pode interagir com o ambiente virtual e fazer mudanças físicas nesse ambiente. Alguns sistemas de realidade virtual podem transmitir uma sensação de força mecânicas durante a interação, como mais utilizado na indústria de jogos, treinamento militar e áreas da saúde para treinamento de tarefas.

A realidade aumentada é diferente da realidade virtual, [16] pois coloca informações virtuais sobre uma imagem real, a imagem da realidade aumentada consiste na sobreposição de gráficos ou textos sobre uma exibição real e ao vivo, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um ambiente virtual.

Em outro artigo referente ao uso do HoloLens ([17], estes apresentaram a “Mixed Reality” (MR⁶) que é proposta por Steve Mann, professor da Universidade de Toronto amplamente considerado como "O Pai da Computação Vestível". A RM utiliza as tecnologias de computação gráfica e visualização para produzir objetos virtuais que não existem no mundo físico e os sobrepõe em um ambiente real através da tecnologia sensorial, exibindo assim o ambiente real junto com os objetos virtuais na mesma imagem ou espaço. Assim, os usuários podem experimentar um novo ambiente de faz de conta com a ajuda de um dispositivo de exibição. As múltiplas tecnologias de aplicação de computador de última geração englobadas em RM, incluindo visão computacional, computação

⁶ RM – Realidade Mista

gráfica, multimídia e tecnologia de rede, retratam nossos espaços e nos permitem interagir com os objetos ou imagens, que são em última análise uma forma de interação com o mundo virtual, como pode ser verificado com o uso do HoloLens.

Figura 1. HoloLens (®)



Fonte: Jing, Boxiong, Jiajie (2017).

A Realidade Mista e Aumentada [18], pode expandir as capacidades e experiências dos usuários, trazendo dados digitais diretamente para o mundo físico onde e quando são mais necessários. Os sistemas atuais se destacam no posicionamento dentro do ambiente físico, no entanto, o reconhecimento de objetos e tarefas ainda é relativamente importante. Com uma compreensão adicional do contexto físico do usuário, agentes digitais inteligentes podem auxiliar os trabalhadores em armazéns, fábricas, estufas etc. ou orientar os usuários através da conclusão de tarefas físicas. Diversos estudos foram realizados nessa área e a “deepnetwork” pode ser aplicada ao HoloLens na configuração cliente/servidor para executar a detecção de objetos 2D a partir de vídeo colorido. A detecção de objetos 3D em tempo real e a estimativa de pose foram aplicadas a uma câmera que anexada ao HoloLens fornece pose para visualização em 3D. A pesquisa apresentou um aplicativo utilizando o referido óculos para digitalizar os ambientes internos e construir varreduras interativas em 3D.

Ainda, de acordo com Knopp, et al. (2019), todo aplicativo de Realidade Aumentada (AR) depende de reconhecimento claro aos seus arredores e objetos específicos dentro do ambiente, utilizando um hardware limitado e preferencialmente portátil. O óculos de RA HoloLens está equipado com uma câmera de vídeo HD, de profundidade de tempo de voo e quatro câmeras em pé. Com eles se pode reconhecer um ambiente familiar e se localizar nesse ambiente além de projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário, se adequando a este ambiente.

No entanto, [19] diferenciar vários objetos de semelhantes ou forma, como peças intercambiáveis ou produzidas em massa, requerem uma biblioteca de terceiros para identificar informações adicionais rotuladas a essas partes. Embora existam várias bibliotecas de processamento de imagem, nos casos em que diferentes bibliotecas são necessárias para executar simultaneamente

determinadas condições, isso vai exigir uma CPU mais potente, tendo em vista processamento de imagens adicionais.

3 APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NA MEDICINA

A base de dados escolhida foi a IEEE Xplore. As buscas de pesquisa foram realizadas conforme segue abaixo, de forma a auxiliar a pesquisa, utilizando citações, livros, jornais, revistas, conferências, com o auxílio de palavras chaves: “augmented reality”, “application of augmented reality in medicine” e “hololens”. Foram encontrados 178 títulos, sem informar ano de publicação ou demais informações com o objetivo de conseguir o maior número de informações para implementação da pesquisa proposta. Na fase de composição do portfólio e após a leituras dos arquivos escolhidos para comporem o presente trabalho de pesquisa, restou o total de 37 artigos.

As principais questões norteadoras da presente pesquisa, foram: a primeira, quais seriam as novas tecnologias consideradas inovadoras referentes à Realidade Aumentada? A segunda, qual tecnologia se destaca no cenário atual de realidade aumentada? A terceira, quais os desafios para a implementação da Realidade Aumentada na medicina? A quarta, quais os resultados atingidos na aplicação da Realidade Aumentada na Medicina?

Poderá ser observado diversos casos e aplicação da Realidade Aumentada na medicina, como no artigo de [20], no qual a medicina fetal tem como objetivo diagnosticar e determinar o prognóstico de anomalias congênitas como também oferecer a possibilidade de mudar o histórico natural de condições de alto risco, além das técnicas de diagnóstico pré-natal invasivos, cirurgias fetais complexas foram desenvolvidas para atingir esse objetivo. Durante o processo de aprendizagem, os cirurgiões são treinados sob a visão de um cirurgião experiente para desenvolver suas habilidades.

Os simuladores realistas e virtuais podem proporcionar maior flexibilidade e prática com base na repetição, reduzindo a curva de aprendizado de forma acentuada bem como, trazem outros benefícios que incluem não apenas a oportunidade de cometer erros sem grandes consequências clínicas, mas também de ter uma avaliação objetiva do desempenho, criando procedimentos cirúrgicos incomuns. Os simuladores permitem que os estagiários desenvolvam mais sequencialmente seu conjunto de habilidades o que não se conseguiria com um paciente real [20].

A simulação fez muito progresso, especialmente no campo cirúrgico, os simuladores baseados em realidade aumentada e realidade mista foram desenvolvidos, mas ainda são escassos considerando a cirurgia fetal. A realidade aumentada transforma objetos virtuais em imagens de vídeo realistas em tempo real, fornecendo ao cirurgião informações anatômicas específicas e métricas elaboradas e com os recentes avanços, vários sistemas foram propostos para o planejamento cirúrgico, permitindo que o

neurocirurgião seja engajado tanto com representação gráfica quanto campo cirúrgico real simultaneamente [20].

A realidade aumentada [20], é benéfica para a preparação cirúrgica e pré-operatória, fornecendo previsões de desfechos, podendo ser usada em fluxos cirúrgicos de trabalho e a decisão de qual tecnologia adotar depende do microscópio da aplicação. A tecnologia de realidade aumentada conta com o uso de dados virtuais para alterar o mundo físico ao redor do usuário, sobrepondo informações holográficas no mundo físico. O principal objetivo da pesquisa foi descrever o uso inovador da realidade aumentada para a preparação e planejamento de um procedimento cirúrgico específico, como a reparação fetoscópica de mielomeningocele⁷.

Outro trabalho de pesquisa apresentado em revista científica, [21], expõe que as tecnologias de realidade estendida digital - XR, tem sido aceitas nos diversos domínios, desde o entretenimento até a educação por razão de sua acessibilidade. As diversas modalidades de XR, produzem uma experiência imersiva que permite a visualização 3D do conteúdo sem restrições de exibição em 2D.

Ainda, [21] fornece uma visão sobre a realidade estendida digital XR em aplicações biomédicas, mostrando estudo de casos com aplicação de definições de biologia celular, dados cirúrgicos para operações no coração e outros modelos em 3D no ramo da cardiologia. As plataformas XR demonstradas, serão úteis para a formação biomédica como no treinamento médico, orientação cirúrgica e visualização de dados moleculares para melhorar a avaliação de estagiários e estudantes como também o aprendizado, precisão da operação médica e a compreensão de sistemas biológicos complexos.

A imersão em um ambiente RV proporciona aos usuários um maior senso de consciência espacial, melhorando a organização espacial e a memória. As pesquisas demonstradas em neurociência mostraram que o conteúdo fornecido usando uma plataforma RV leva a um maior engajamento emocional do que experiências planas 2D e 360, com um 27% e 17% em um estudo de 150 participantes, respectivamente. As respostas emocionais foram medidas através da identificação do olhar e dos movimentos oculares dos participantes a partir de rastreamento ocular, juntamente com um dispositivo de monitoramento biométrico para medir a resposta eletrodérmica, alterações na frequência cardíaca e métodos de codificação de comportamento. De outra forma, outro estudo explorou efeitos mais sutis como sinais visuais versus informações conceituais relacionadas ao medo e ansiedade em um ambiente de realidade virtual [21].

Os pesquisadores perceberam que pessoas com fobias eram mais sensíveis ao estímulo visual. Essas pesquisas podem ser úteis para o estudo de fobias e ansiedades foram baseadas em vestígios.

⁷ Mielomeningocele é um defeito da coluna vertebral e da medula espinhal, que acontece nas primeiras semanas de gestação.

Certas emoções estimulantes, incluindo medo e ansiedade, são mais fortes na realidade virtual - RV do que emoções não excitantes, como relaxamento e felicidade. O modelo de atribuição de percepção de presença demonstra que os usuários tomaram decisões sobre o grau de presença com base no grau de excitação que sentiam e da imersão fornecida pela realidade virtual [21].

Na neurocirurgia, [22] a aplicação verdadeiramente imersiva de Realidade Aumentada, agrupa a visualização de imagens precisamente sobrepostas, como tomografia computadorizada ou ressonância magnética em uma forma holográfica interativa 3D sobre o paciente. O rastreamento ativo dos instrumentos e dos implantes fornece um “feedback” em tempo real sobre sua localização física; além de informações relevantes adicionais, como sinais vitais ou notas pré-operatórias e canais de imagens, que podem ser convenientemente exibidas na frente do cirurgião. A realidade aumentada também pode ser citada como realidade mista e atualmente, informações semelhantes podem ser entendidas com o uso da tecnologia moderna que está disponível na sala de cirurgia, como na ressonância magnética e tomografia intraoperatória.

O estudo realizado fornece uma demonstração de trabalho na aplicação da realidade aumentada no cenário da cirurgia da coluna vertebral, onde há uma projeção holográfica 3D visível por meio de óculos AR, podendo ser visualizado como uma nota técnica ou uma substituição para os métodos padronizados para instrumentação do pedículo⁸. O cadáver foi scaneado e as imagens foram usadas para criar uma imagem 3D para a reconstrução da coluna. Com o uso do “software” é possível planejar projeções estendidas em cada plano antes do laboratório, marcando as incisões cutâneas na imagem visualizada por meio do óculo HoloLens [22]

Outra pesquisa na área médica, com o uso de Ultrassom, [23] é uma modalidade de imagem médica que é extremamente difícil de aprender, pois depende do usuário, tem baixa qualidade de imagem e requer muito conhecimento sobre física e anatomia humana. Foi proposto um simulador de ultrassom de Realidade Aumentada para treinamento, onde uma determinada região é simulada a partir de um volume de tomografia computadorizada. A localização dessa região dentro do corpo é visualizada usando técnicas, como também foram propostos métodos avançados de como usar um simulador de realidade virtual para treinamento.

Existem atualmente muitas implementações da realidade aumentada, que [24] são de grande importância para a navegação durante intervenções percutâneas baseadas em agulhas, existindo por exemplo, as trajetórias virtuais de agulha 3D que podem ser utilizadas em pacientes no intuito de auxiliar na colocação e posicionamento de sondas de ablação⁹.

⁸ Pedículo - parte delgada que sustenta um órgão ou parte de um órgão.

⁹ Ablação - É o procedimento de escolha para o tratamento de algumas arritmias cardíacas sem a necessidade de abertura do tórax.

A realidade aumentada tem auxiliado no sentido de reduzir o tempo de procedimento, número de imagens adquiridas e dose de radiação durante intervenções ósseas simuladas. De forma semelhante, a navegação de fusão com rastreamento eletromagnético foi comprovada em um ensaio controlado randomizado para reduzir a radiação, o número de tomografias, o tempo e o número de manipulações de agulhas em biópsias hepáticas [24].

Além das simulações [24], os dispositivos de realidade aumentada, esses permitem a capacidade de compartilhar ambientes para experiências colaborativas com outros usuários e as plataformas interativas existentes permitem que os eletrônicos remotos projetem anotações ao vivo na exibição da RA de outro operador, oferecendo assistência remota de instrução em tempo real.

Outra abordagem apresentada é [25] quanto a telemedicina, seus benefícios e o quanto pode facilitar o trabalho para os médicos, reduzindo o tempo de desgaste da família até ao hospital e permitindo um trabalho em diversas áreas em diferentes locais. Além dos benefícios clínicos há também benefícios para o atendimento médico hospitalar. Existem limitações para essa mudança na prática, incluindo a necessidade de repetição de consultas se um atendimento não for o suficiente ou adequado e isso também poderia causar a desigualdade entre famílias vulneráveis. Tendo em vista o aumento do uso da telemedicina é importante que os médicos desenvolvam consultas eficazes.

Existem novas técnicas [26] usadas para gerar a realidade física e interfaces 3D virtuais as quais permitem a interação do ser humano e a máquina mediante o uso de controladores remotos com novos dispositivos como óculos Rift, óculos VR, Irvine, CA e HoloLens. Acredita-se que essas novas técnicas digitais que surgiram terão um amplo impacto na assistência à saúde nas próximas décadas, em especial para fins cirúrgicos em que a visualização específica e nítida são uma necessidade.

Ainda, com o fluxo crescente de popularidade das tecnologias de realidade aumentada a sua aplicação tem aumentado e uma máquina proeminente é o Microsoft HoloLens, o qual é um dispositivo que tem sido alvo do interesse de pesquisadores, tendo em vista a sua capacidade de mapear, localizar a sala em que está. Essa localização e mapeamentos simultâneos são muito importantes para a realidade aumentada pois fornece alicerces espaciais e marcos para manter o conteúdo gerado pelo computador, pois a incapacidade de mapear espacialmente a sala faz com que o conteúdo virtual trem ou se mova. O HoloLens utiliza mapeamento espacial para identificar superfícies planas, como tabelas e paredes como um método de ancoragem de hologramas para ficar num mesmo local na sala e com uma posição inferior ao ambiente ao redor, os usuários podem colocar hologramas interativamente com o mundo real, como em uma cadeira, piso ou parede e esperar que o objeto virtual fique relativamente no mesmo lugar [2].

Outro estudo relacionado à realidade aumentada aplicada na medicina, [27], o qual dispõe que apesar das inovações técnicas e tecnológicas, a punção percutânea ainda representa o passo mais

desafiador, essa manobra é caracterizada pela curva de aprendizado mais íngreme e um risco de danos ao redor de órgãos e danos renais, com isso é importante estudar a viabilidade da realidade mista tridimensional 3D e hologramas no estabelecimento do ponto de acesso e orientando a agulha durante a punção percutânea.

A partir disso, foi realizado um estudo prospectivo incluiu dez pacientes submetidos à cirurgia intrarrenal combinada 3D MR para pedras nos rins de julho de 2019 a janeiro de 2020, com uma série retrospectiva de pacientes submetidos a um procedimento de extensão foram selecionados para análise. Esse procedimento cirúrgico, indicado para pacientes submetidos ao 3D MR, com os hologramas foram sobrepostos na verdadeira anatomia para orientar o cirurgião durante a punção percutânea, em outro grupo padrão, os procedimentos foram orientados apenas por ultrassom e fluoroscopia [27].

Com o referido estudo foi possível verificar as diferenças nas características do paciente pré-operatório e pós-operatório, entre os grupos foram examinadas várias variáveis respectivamente e os resultados e limitações dos dez pacientes que foram submetidos ao 3D, o resultado saiu como o planejado usando o holograma sobreposto e houve uma correta perfuração, demonstrando a importância da realidade aumentada e mista em diversas áreas da medicina, como os modelos virtuais tridimensionais visualizados em hologramas e sobrepostos na anatomia real do paciente que parecem ser uma nova ferramenta válida para guiar a punção do rim através da pele para tratamento minimamente invasivo [27].

No campo da cirurgia craniofacial, que tem como área operacional o crânio e a mandíbula, [28] é exposto que a anatomia da região maxilofacial é complexa e existem muitos nervos importantes, vasos sanguíneos cruzando tecidos e para manter o equilíbrio dos resultados funcionais há a necessidade de incisão cirúrgica em uma pequena área ou fio estreito. Os cirurgiões precisam realizar muitos procedimentos com imagens de tomografia computadorizada, o que é extremamente difícil e dificultoso para garantir a precisão da cirurgia. A realidade aumentada é o ponto crucial para as pesquisas nesse campo e com o avanço da tecnologia e combinação da realidade virtual, do “display” tridimensional e interação em tempo real, possibilitam exibir o pré-operatório na área operacional, o que aumenta a percepção do cirurgião para evitar prejudicar as estruturas anatômicas vitais [28].

Na área da cirurgia hepática, [29], o desenvolvimento da tecnologia de imagem digital teve grande influência na cirurgia hepática, a capacidade de obter uma visualização tridimensional da anatomia hepática forneceu uma cirurgia com realidade virtual e mais recentemente de hologramas de realidade aumentada. Além disso, a utilização de técnicas de imagem fluorescente em tempo real é baseada na absorção de indocianina, que permite aos médicos delinear precisamente a anatomia hepática aplicando os conhecimentos obtidos no pré-operatório por imagem digital.

Outra pesquisa na área da medicina, [30] explora o uso de realidade virtual, específica de cada paciente e modelos de osso temporal de realidade mista tanto no ensino anatômico, como planejamento cirúrgico pré-operatório e referenciamento cirúrgico intraoperatório. Os modelos de osso temporal de realidade mista e realidade virtual foram criados e visualizados em “display”, montado na cabeça e fone de ouvido, respectivamente, por um novo¹⁰ “web service” que possibilita aos usuários converter tomografia computadorizada de imagens para imagens de realidade mista e realidade virtual sem conhecimento específico do programa. No estudo realizado, foram convidados a participar, onze estagiários e especialistas em otorrinolaringologia os quais manipularam o modelo saudável de osso temporal e avaliaram sua validade preenchendo um questionário. A maioria dos participantes foi favorável ao modelo de realidade virtual e considerou como superior a uma tela de computador plana. Além disso, o modelo patológico de realidade virtual foi utilizado para o planejamento e compartilhamento da abordagem cirúrgica durante uma conferência cirúrgica pré-operatória, onde o fone de ouvido foi utilizado no intraoperatório para esclarecer a relação entre a lesão patológica e as estruturas anatômicas vitais.

Independentemente do nível de treinamento dos participantes em otorrinolaringologia ou sua experiência em realidade virtual, todos os participantes concordaram que o modelo de osso temporal é benéfico para a educação anatômica e que a criação de modelos de realidade virtual e realidade mista específicos para o paciente e utilizando o webservice e seus usos pré e intraoperatórios indicaram um potencial de melhora e inovação em todo o procedimento cirúrgico [30].

É sabido que o rápido desenvolvimento na área da computação permitiu que as tecnologias da realidade aumentada alcançassem níveis elevados e removesses barreiras de longa data da área médica. As telas acopladas à cabeça ficaram leves para serem utilizadas por um longo período e os “displays” permitem que o usuário permaneça em seu ambiente ao interagir com o conteúdo digital. O poder do processamento possibilitou que os “displays” acompanhassem a percepção humana evitando enjoo do movimento e aplicando os novos conhecimentos na medicina cardiovascular [31].

Em outro estudo observacional [32], vinte e sete pacientes foram submetidos à colecistectomia laparoscópica, sendo 09 pacientes foram submetidos à colecistectomia laparoscópica com modelos 3D gerados por um dispositivo de realidade mista e 18 pacientes foram submetidos à colecistectomia convencional com imagens bidimensionais como imagens de suporte cirúrgico. Nessa análise foram levados em conta o tempo de cirurgia, perda de sangue e complicações operatórias, observando que as cirurgias foram realizadas por um cirurgião experiente. Os tempos operacionais da colecistectomia laparoscópica com modelos tridimensionais e imagens bidimensionais foram de 74,0 e 58,0 minutos,

¹⁰ Web service - é utilizado para transferir dados através de protocolos de comunicação para diferentes plataformas, independentemente das linguagens de programação utilizadas nessas plataformas.

respectivamente, não havendo perda de sangue intraoperatória ou complicações perioperatórias. Embora o cirurgião tenha indicado que a colecistectomia laparoscópica com modelos tridimensionais seria normal em comparação com imagens bidimensionais em todos os casos, o cirurgião experiente classificou os modelos tridimensionais como mais difíceis, fornecendo evidências de que a colecistectomia laparoscópica com modelos tridimensionais é viável.

Ainda podemos observar mais estudos no sentido de explorar o papel das tecnologias emergentes de simulação na formação craniofacial de estudantes e residentes na melhoria de seus conhecimentos e habilidades cirúrgicas. Essas tecnologias incluem bi modelos impressos em 3D, realidade virtual e aumentada, uso de “Google glass” e HoloLens, jogos sérios e jogos de fuga e como eles podem ser implementados em países de baixa e média renda. Os métodos de treinamento cirúrgico craniofacial provavelmente passarão por uma grande mudança nos próximos anos, com a integração dessas novas tecnologias no currículo cirúrgico, permitindo melhor aprendizado em um ambiente seguro com um paciente virtual, por meio de exercícios repetitivos. Futuramente haverá a possibilidade de realizar avaliações para realizar procedimentos específicos sem colocar o paciente em risco. No entanto, apesar dessas novas tecnologias serem recebidas com entusiasmo pelos jovens cirurgiões, elas apenas devem ser usadas como uma adição ao currículo real e não como um substituto às ferramentas convencionais [33].

[34] descrevem o mais recente progresso no desenvolvimento da estação de operadores virtuais para robôs, tendo como objetivo criar uma maneira de controlar um robô móvel equipado com câmeras e utilizando uma realidade virtual montada na cabeça com um dispositivo, sendo que após o lançamento do fone de ouvido de realidade aumentada, o Microsoft HoloLens, a ideia de uma estação de operadora virtual foi adaptada para realidade aumentada ao invés de realidade virtual, trazendo mais vantagens e soluções.

Como novidade temos também a implementação do HoloFace para maior interação entre humanos com o HoloLens, que de acordo com [35], introduziria uma estrutura de código aberto que permite aos desenvolvedores de realidade aumentada, localizarem rostos humanos em 3D e estimarem seus atributos, o que pode ser usado para aumentar a interação entre o usuário do fone de ouvido e outras pessoas. Os rostos vistos pelo usuário com modelos 3D de personagens de jogos podem ser aumentados e até na medicina o HoloFace pode ser combinado com reconhecimento facial mostrando rapidamente por exemplo, as informações de cada paciente.

A realidade aumentada também está sendo implementada na medicina animal, segundo [36], os veterinários utilizam a tomografia computadorizada para verificar as reais condições do esqueleto e ossos internos do animal como também órgãos vitais. Com a pesquisa realizada foi possível desenvolver um sistema operacional de realidade aumentada que permite ao cirurgião verificar os

resultados da tomografia computadorizada em três dimensões no campo da visão; o esqueleto e os órgãos internos do animal paciente obtidos a partir da tomografia computadorizada são exibidos como objetos 3D no HoloLens 2, criando uma visão transparente do corpo interno do animal. Isso permite que o usuário enxergue a área afetada em três dimensões ao planejamento do procedimento cirúrgico.

Principais questões / Descobertas
<p>Quais são as novas tecnologias consideradas inovadoras referentes à realidade aumentada? A realidade virtual e a realidade aumentada se apresentam como novas tecnologias, a realidade aumentada é diferente da realidade virtual, pois coloca informações virtuais sobre uma imagem real, a imagem da realidade aumentada consiste na sobreposição de gráficos ou textos sobre uma exibição real e ao vivo, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um ambiente virtual, como nos jogos virtuais (MAHMOOD, et al, 2018, p. 1).</p>
<p>Qual tecnologia se destaca no cenário atual de Realidade Virtual? No cenário da evolução tecnológica com ênfase na área médica, destacamos a utilização do HoloLens, Ainda, de acordo com Knopp, et al. (2019), todo aplicativo de Realidade Aumentada (AR) depende de reconhecimento claro aos seus arredores e objetos específicos dentro do ambiente, utilizando um hardware limitado e preferencialmente portátil. O óculos de RA HoloLens está equipado com uma câmera de vídeo HD, de profundidade de tempo de voo e quatro câmeras em pé. Com eles se pode reconhecer um ambiente familiar e se localizar nesse ambiente além de projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário, se adequando a este ambiente. A utilização do HoloLens na área médica traz avanços expressivos.</p>
<p>Quais os desafios para implementação da Realidade Aumentada na medicina? A área médica já evoluiu extraordinariamente e ainda está implementando a utilização da realidade aumentada e pesquisas estão sendo realizadas no sentido de contribuir para o aprendizado e sua propagação. Além disso, há desafios a serem enfrentados como a necessidade de treinamento de médicos e estagiários, incluir determinadas disciplinas ligadas à realidade virtual e realidade aumentada nos currículos universitários, proporcionando melhor capacitação dos futuros profissionais.</p>
<p>Quais os resultados atingidos na aplicação da Realidade Aumentada na Medicina? Os resultados das pesquisas abordadas no presente artigo, demonstram que há contribuições nas mais diversas áreas da aplicação da realidade aumentada na medicina,</p>

A pesquisa aborda as novas tecnologias que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para a sociedade, contribuindo para a construção de conhecimento. Na área médica, destaca-se a utilização do HoloLens (®), que utiliza a Realidade Aumentada para reconhecer um ambiente familiar e projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário. As pesquisas demonstram que a Realidade Aumentada tem contribuído significativamente nas mais diversas áreas da aplicação da medicina, tanto com humanos como com animais, mas ainda há desafios a serem enfrentados, como a necessidade de treinamento dos profissionais de saúde e a inclusão de disciplinas ligadas à Realidade Virtual e Realidade Aumentada nos currículos universitários. O artigo conclui que a tecnologia está em constante crescimento e que ainda teremos grandes mudanças nas áreas de aplicação da Realidade Aumentada na medicina.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo abordou inicialmente o tema Novas Tecnologias como o Metaverso que gradativamente trouxe novos e incríveis formatos de tecnologias [1] que enriquecem as capacidades cognitivas e sensoriais das pessoas e se tornam disponíveis para sociedade, oferecendo e acrescentando a construção de conhecimento. Ainda, foi abordado o 5G, Nanotecnologia, IoT, Robótica, Inteligência Artificial, realidade virtual e a realidade aumentada e mista, que se apresentam como novas tecnologias e a realidade aumentada difere da realidade virtual, pois coloca informações virtuais sobre uma imagem real, a imagem da realidade aumentada consiste na sobreposição de gráficos ou textos sobre uma exibição real e ao vivo, enquanto a realidade virtual substitui o mundo real por um ambiente virtual, como nos jogos virtuais [17].

No cenário da evolução tecnológica com ênfase na área médica, destacamos a utilização do HoloLens, pois [19] todo aplicativo de Realidade Aumentada (AR) depende de reconhecimento claro aos seus arredores e objetos específicos dentro do ambiente, utilizando um hardware limitado e preferencialmente portátil. O óculos de RA HoloLens está equipado com uma câmera de vídeo HD, de profundidade de tempo de voo e quatro câmeras em pé e com eles se pode reconhecer um ambiente familiar e se localizar nesse ambiente além de projetar objetos virtuais no campo de visão do usuário, se adequando a este ambiente. A utilização do HoloLens na área médica traz avanços expressivos de acordo com as diversas pesquisas relatadas.

Foram apresentados os desafios da realidade aumentada na área médica, a qual já evoluiu extraordinariamente e ainda está sendo implementada com a utilização da realidade aumentada, sendo que pesquisas estão sendo realizadas no sentido de contribuir para o aprendizado e sua propagação. Além disso, há desafios a serem enfrentados como a necessidade de treinamento de médicos e estagiários, incluir determinadas disciplinas ligadas à realidade virtual e realidade aumentada nos

currículos universitários, proporcionando melhor capacitação dos futuros profissionais, bem como nas cirurgias, equipar cirurgiões com visão aumentada para que possibilite ver melhor e sob vários ângulos o local da cirurgia, tornando-a minimamente invasiva e reduzindo a quantidade de trauma que um paciente experimenta.

Os resultados das pesquisas abordadas no presente artigo, demonstram que há contribuições significativas nas mais diversas áreas da aplicação da realidade aumentada na medicina, tanto com humanos como com animais e que ainda teremos grandes mudanças, assim como na área tecnológica que está em constante crescimento.

REFERENCIAS

- Malbos, a.n.a. et al. Aplicação da realidade aumentada para simulação de experimentos físicos em dispositivos móveis. Universidade federal de santa catarina. Araranguá, 2014, p. 01.
- Nguyen, nhu q., et al. An augmented reality system characterization of placement accuracy in neurosurgery. *Journal of clinical neuroscience*, 72 (2020) 392-396, p. 1-5.
- Gil, a. C. Como elaborar projetos de pesquisa. Atlas, 2010, p. 16-17.
- Schlemmer, eliane e marson, fernando. Immersive learning: metaversos e jogos digitais na educação. Iberian conference on information systems and technologies (cisti). Brasil, 2013, p. 2.
- Schlemmer, eliane e backes, luciana. Metaversos: novos espaços para construção do conhecimento. *Rev. Diálogo educ.* [online]. 2008, vol.08, n.24, p.519-532. Issn 1981-416x.
- Pereira, itamar de carvalho. Metaverso: interação e comunicação em mundos virtuais. Dissertação para obtenção do grau de mestre, universidade de brasília. Distrito federal, 2009, p. 10, 13 e 76.
- Mozumder, ariful islam, et al. Overview: technology roadmap of the future trend os metaverse based on iot, blockchain, ai technique, and medical domain metaverse activity. South korea, 2022. Isbn 979-11-88428-09-0.
- Lee, seo-hyun, lee, yong eun e lee, whan seong. Toward imagined speech bsd smart communication system: potential applications on metaverse conditions. International winter conference on brain-computer interface (bci). Republic of korea, 2022, p.1. Doi:10.1109/bci53720.2022.9734827.
- Getchell, kristoffer. Metaverses as a platform for game based learning. International conference on advanced information networking and applications. 2010, p.1, doi 10.1109/aina.2010.125.
- Fang, zhixin; cai, libai e wang, gang. Metahuman creator: the starting point of the metaverse. International symposium on computer technology and information science (iscctis). China, 2021, p. 1-2. Doi: 10.1109 / iscctis51085.2021.00040.
- Manjarrés, ângeles, et al. Artificial intelligence for fair, just, and equitable word. Special issue introduction. *Ieee technology and society magazine*, 16 march, 2021.
- Shi, yulong; zhang, yang; chen, juliang. Cross-layer qos enable sdn-like publish/subscribe communication infrastructure for iot. *Laboratory of networks & security technology*. China, march, 2020.
- Santos, david; et al. Follow the user: a framework for dynamically placing content using 5g – enablers. *Access journal*, january 14, 2021. Digital object identifier 10.1109/access, 2021. 3051570. Portugal.
- Wan, zishen; et al. A survey of fpga – based robotic computing. *Ieee circuits and systems magazine*, 2021, vol.21.
- Bandyopadhyay, supriejo. The many facets of nanotechnology. *Magazine*, 2020, vol. 14. Digital object identifier: 10.1109/mnano.2020.2993791.

Chusethagarn, dawit; visoottiviseth, vasaca; haga, jason. A prototype of collaborative augmented reality environment for hololens. Japan, 2018, p. 1-2.

Mahmood, faraz, et al. Augmented reality and ultrasound education: initial experience. Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia 32, 2018, 1363-1367, p. 1-5.

Wu, zeqn, zhao, tianhao, nguyen, chuong. 3d reconstruction and object detection for hololens. Digital image computing: techniques and applications. Austrália, 2020, p. 1-3. Doi 10.1109/dicta51227.2020.9363378.

Knopp, sebastian, et al. Hololens ar – using vuforia-based marker tracking together with text recognition in an assembly scenario. International symposium on mixed and augmented reality adjunct (ismar – adjunct). Alemanha, 2019, p.1-5. Doi 10.1109/ismar-adjunct.2019.00030.

Coelho, gisele, et al. The potential applications of augmented reality in endoscopic surgery for antenatal treatment of myelomeningocele. World neurosurgery 159: 27-32, march 2022. Estados unidos, 2022, p. 2 – 3.

Venkatesan, mythreye, et al. Virtual and augmented reality for biomedical applications. Cell reports medicine 2, 100348, july 20, 2021, p.

Urakov, timur m., wang, michael y., levi, allan d. Workflow caveats in augmented reality – assisted pedicle instrumentation: cadaver lab. World neurosurg (2019) 126 e 1449 e 1455. 25 february, 2019.

Blum, tobias, et al. Advance training methods using an augmented reality ultrasound simulator. Alemanha, 2022, p. 1-2.

Park, brian, et al. Augmented and mixed reality: technologies for enhancing the future of ir. J. Vas. Interv. Radiol 2020; 31:1074-1082, p. 1-9.

Macwilliam, jessica, hennessey, iain, cleary, gavin. Telemedicine: improving clinical care and medical education in paediatrics. Paediatrics and child health, 31:10; 2021, p. 1-9.

Sadeghi, amir h., et al. Current and future applications of virtual, augmented, and mixed reality in cardiothoracic surgery. Ann thorac surg 2022, 113:681-91, by the society of thoracic surgeons, p. 1-11.

Porpiglia, francesco, et al. Percutaneous kidney puncture with three-dimensional mixed-reality hologram guidance: from preoperative planning to intraoperative navigation. Journal european urology 81 (2022) 588-597, p. 1-10.

Gao, yean, et al. A feasibility study of a new method to enhance the augmented reality navigation effect in mandibular angle split osteotomy. Journal of cranio-maxillo-facial surgery 47 (2019) 1242-1248, p. 1 – 7.

Gravriilidis, paschalis, et al. Navigated liver surgery: state of the art and future perspectives. Hepatobiliary & pancreatic diseases international. 21 (2022) 226 - 233, p. 1 – 8.

Yamazaki, ayame, et al. Patient – specific virtual and mixed reality for immersive, experimental anatomy education and for surgical planning in temporal bone surgery. Auris nasus larynx 48 (2021) 1081 – 1091, p. 1 – 11.

Silva, jennifer n.a., et al. Emerging applications os virtual reality in cardiovascular medicine. Published by elsevier on behalf of he american college of cardiology foundation, vol. 3, no. 3, 2018, p. 1 – 11.

Kitagawa, michiko, et al. Intoperative holography navigation using a mixed-reality wearable computer during laparoscopic cholecystectomy. Published by elsevier: surgery 171 (2022) 1066 – 1013, p. 1 – 8.

Mehrotra, divya; markus, a.f. emerging simulation technologies in global craniofacial surgical training. Published by elsevier: journal of oral biology and craniofacial research 11 (2021) 486 - 499, p. 1 – 14.

Kot, tomás; novak, petr; bajak, jan. Using hololens to create a virtual operator station for mobile robots. República checa, 2018, p. 1-6.

Kowalski, marick, et al. Holoface: augmenting human-to-human interactions on hololens. Winter conference on applications of computer vision. Poland, 2018, p. 1-9.

Schimada, amiko; kurihara, kazutaka; tsujii, takaaki. Prototype of on augmented reality system to support animal surgery using hololens 2. Japão, 2022, p. 13. Doi: 10.109.

Jing, huang, boxiong, yang, jiajie, chen. Non-contact measurement method research based on hololens. International conference on virtual reality and visualizatio.china, 2017, p. 1 – 3. Doi 10.1109/icvrv.2017.00061.

Plataforma moodle uma tecnologia inovadora: Reflexões, aprendizagem autodirigida e design instrucional

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-006>

Dayana Passos Ramos

Graduação em Pedagogia pela (UNOPAR) Especialização em Arte pela (UNCIB) . Mestrando em Tecnologias Emergentes em Educação pela Must University.

E-mail: dpassosramos2019@gmail.com

Juçara Aguiar Guimarães Silva

Licenciada em pedagogia pela universidade UNOPAR Universidade Norte Paraná pós graduada em psicopedagogia e Gestão escolar e Mestranda em tecnologias Emergentes em educação pela Must Unisersity.

E-mail: escolaraiosecreche@gmail.com

Ângela Aparecida de Assis Polizello

Pedagogia PUC Campinas. Especialista em Aee atendimento educacional especializado e a psicomotricidade pelo instituto Santa Cruzzeiro do Sul. Mestrando em Tecnologias Emergentes em Educação pela Must University.

E-mail: polizelloangela55@gmail.com

Eliane Pereira Lopes

Eliane Pereira Lopes. Graduada em Pedagogia, Geografia, História e Artes. Pós-graduada em Psicopedagogia e educação infantil. Coordenação e Supervisão Escolar. Geografia e meio ambiente. Metodologia do Ensino de Geografia. Educação do Campo. Artes técnicas e procedimentos. Mestranda em Tecnologias Emergentes em Educação pela Must.

E-mail: elo7206@gmail.com

Helena Maria Ribeiro

Graduada em Pedagogia pela (UFU), Especialização em Docência na Educação Infantil (UFU). Atendimento Educacional Especializado pela (UCAM). Mestrando em Tecnologias Emergentes em Educação pela Must University

E-mail: helenamaria236@outlook

RESUMO

Aprendizagem autodirigida é um método em que o aluno é responsável por sua própria aprendizagem, tendo autonomia para escolher o que aprender, como aprender e quando aprender. O design instrucional é um processo de planejamento e organização de conteúdo instrucional e atividades para promover uma aprendizagem eficaz. A plataforma Moodle é uma ferramenta de ensino e aprendizagem online que pode ser usada para apoiar a aprendizagem autodirigida e o design instrucional. Ele permite que os professores criem aulas personalizadas, fornecem feedback, gerenciem atividades e avaliar o desempenho dos alunos. Além disso, a plataforma oferece recursos como fóruns de discussão, bancos de recursos e comunicação em tempo real para promover a colaboração e interação entre os alunos. Em resumo, a aprendizagem autodirigida, o desenho da aula e o uso da plataforma Moodle estão intimamente relacionados e podem ser usados em conjunto para encorajar uma aprendizagem mais eficaz e enriquecedora.

Palavras-chave: Ambiente virtual, Aprendizagem autodirigida, Design Instrucional, Moodle.

1 INTRODUÇÃO

Este artigo científico tem como objetivo explorar a plataforma Moodle por sua importância no contexto da formação de professores. O Moodle é a plataforma de ensino e aprendizagem online mais utilizada no mundo para apoiar a educação a distância e a autoaprendizagem. Apresentando como foco a reflexão autoaprendizagem e design instrucional no Moodle, especialmente na formação de professores da Secretaria da Educação do Estado do Espírito Santo.

A questão deste estudo é como os cursos online podem ser direcionados para aprendizagem autodirigida e o currículo do curso. Os benefícios na aprendizagem autogerida seria a comunicação e colaboração. A plataforma oferece recursos como fóruns de discussão, bate-papo e mensagens que

promovem a comunicação e a colaboração entre alunos e professores.

Essa plataforma ajuda a gerenciar notas e facilita também nas avaliações e ela está disponível em qualquer lugar, desde que haja conexão com a internet. A curva de aprendizagem pode ser inaplicável podendo haver uma curva de aprendizado para professores e alunos, pois a plataforma pode levar algum tempo para se adequar. Os pré-requisitos para essa plataforma é ter o conhecimento técnico necessário para criar e ministrar cursos na plataforma.

A plataforma Moodle depende de uma conexão com a internet para funcionar, o que pode ser um problema para alguns alunos ou professores. Ela também tem algumas limitações

na personalização do curso o que pode ser um problema para alguns professores quando forem criar seus próprios.

Com a necessidade crescente de ensino a distância devido à pandemia, é importante entender como plataformas digitais como o Moodle podem ser implementadas para apoiar o aprendizado eficaz.

A justificativa para esta pesquisa é que, devido à crescente popularidade da educação a distância EAD é importante entender como a plataforma Moodle pode ser usada para apoiar a aprendizagem personalizada e o design instrucional em cursos.

A metodologia utilizada neste estudo será bibliográfica e baseada em pesquisas existentes sobre o assunto. Os primeiros capítulos da pesquisa relatarão aprendizagem autodirigida e design instrucional e a experiência com a plataforma Moodle tendo assim uma aprendizagem eficaz.

2 APRENDIZAGEM AUTODIRIGIDA

Segundo Candy (1991), a aprendizagem independente pode ser conceituada não apenas como um processo, mas também como uma segunda abordagem, a manifestação contínua dos traços de qualidades pessoais do aluno.

Para Brockett e Hiemstra (1991), a aprendizagem autodirigida pode ser entendida como um macrofenômeno que engloba aspectos internos e externos. Alguns autores defendem que o aprendiz autônomo é aquele que depende da formação de um contexto social composto de interação com outros aprendizes, com objetos físicos ou virtuais, com acesso a recursos e compreensão de regras de aprendizagem cenário onde será incorporado. A aprendizagem autodirigida tem a capacidade de estabelecer seus próprios objetivos para aprender por intermédio de um processo e que os resultados das experiências em cada novo contexto criado dentro dele são o que determinam a conquista ou não da autonomia.

Para a utilização de ambientes colaborativos de aprendizagem permite o desenvolvimento de um aprendiz autônomo tanto em processos estruturados de aprendizagem formal quanto em contexto espontâneo típico de aprendizagem informal. Esses processos podem ser organizados em diferentes

modalidades de ensino, reproduzindo condições satisfatórias para a elaboração de cenários, criados através de estratégias, com Designer Instrucional com modelos ou recursos didáticos, recorrendo da interação que o aprendiz autodirigido identifica e reconhece suas necessidades de aprender um determinado conteúdo, principalmente quando apresentado em lugares diferentes com pessoas diferentes. A ideologia do aprendiz autodirigido está ligada à sua motivação. (El-Lounsbury et al., 2009).

Tornar as atividades de aprendizagem uma parte regular da vida diária dos alunos não é uma tarefa fácil para os Designers (Lay et al., 2016) afirmam que, para atingir esse objetivo, é necessário compreender alguns aspectos importantes, como: a cultura e as características que compõem o meio social em que vivem os aprendizes, além de verificar se podem ser apoiados pelo uso de tecnologias, algo que a modalidade conhecida como E-Learning proporciona.

Para Kim e Cols. (2013), o acompanhamento é uma estratégia diferenciada na formação de aprendizes autodirigidos por intermédio do E-Learning pode-se construir uma plataforma que permite a aprendizagem de forma colaborativa, com funcionalidades que permitem feedback personalizado, comunicação, avaliação e disponibilização de recursos.

Pesquisadores citam que:

“[...] as habilidades de autonomia estão presentes em algum grau em todos os alunos e podem ser identificadas e aprimoradas quando tem um sistema para tornar os alunos mais proativos em seu trabalho de planejamento, organização e monitoramento de suas atividades” (Kim et al., 2013, p. 1).

A aprendizagem autodirigida é muito importante porque os alunos com essas características são autorregulados, têm facilidade para definir seus próprios objetivos, estruturar sua aprendizagem, criar seus próprios horários e realizam suas atividades de aprendizagem, são responsáveis, independentes, buscam os recursos necessários e autodidatas.

2.1 DESIGN INSTRUCIONAL

Assim, o Design é considerado como um processo de idealizar, criar, desenvolver, moldar, conceber, processar e especificar algo direcionado ao uso. É a identificação de estratégias, técnicas e criativas, que constantemente é guiado por intenções ou objetivos ou soluções de problemas.

O termo Design tem sua origem no latim (Designer) e, no entanto, é na língua inglesa que a expressão ganhou o significado de Design e se refere a um “[...] processo de origem e desenvolvimento de um projeto em todas as suas fases e especificidades.” (Kenski, 2019, p.11).

Segundo Bento (2017), refere-se às origens do Designer Instrucional (DI), que remonta à época

da Segunda Guerra Mundial e representava um formidável desafio aos profissionais da formação militar onde milhares de recrutas necessitavam ser treinados rapidamente para lidar com armas de guerra sofisticadas que exigiam habilidade e controle sem precedentes.

Segundo Filatro (2008), outra importante influência no Designer Instrucional foi Benjamin Bloom (1956) através da obra “Taxonomia de objetivos Educacionais”, hoje necessária quando se trata de analisar resultados de aprendizagem ele vai além do papel do professor são especialistas em conteúdo em desenvolver conteúdos em estratégias de ensino e materiais de estudos.

(...) a ação intencional e sistemática de ensino, que envolve o planejamento, o desenvolvimento e a utilização de métodos, técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em situações didáticas específicas, a fim de facilitar a aprendizagem humana a contar dos princípios de aprendizagem e instrução. (Filatro 2004, p.65)

Filatro (2008) define design instrucional como uma atividade educacional deliberada e estruturada que envolve planejamento, desenvolvimento e uso de métodos, aplicação de técnicas, atividades, materiais, eventos e produtos educacionais em contextos didáticos específicos e princípios de aprender e ensinar.

No livro Design Instrucional na prática Filatro (2008) acrescenta termos adicionais à sua definição anterior, a saber:

Definimos design instrucional como uma ação instrucional intencional e sistemática que envolve o planejamento, desenvolvimento e aplicação de métodos, técnicas, atividades, materiais educacionais, eventos e produtos em situações específicas, a fim de promover a aprendizagem humana com base em princípios de aprendizagem educacional conhecidos. Em outras palavras definimos o design instrucional como um processo (uma série de atividades) para identificar problemas de aprendizagem (necessidades) e desenvolver, implementar e avaliar soluções (Filatro, 2008, p. 03).

Segundo Filatro (2008) o design instrucional tem 4 etapas analisar (identificação), design e desenvolvimento (Especificar e Produção), implementação (ação), avaliação (Reflexão).

Nesse sentido, o design instrucional pode ser definido como o conjunto de atividades envolvidas na formulação de um procedimento instrucional. A Clareza e acurácia do que é veiculado, contextualização do assunto seu significado na vida real, estratégias de avaliação eficazes e arquitetura da informação têm sido propostas como pontos de comportamento identitário (Barreto et al., 2007).

Nesse sentido, compreendemos que identidade também pode ser definida como um processo de identificação de problemas de aprendizagem e, portanto, de desenho, implementação e monitoramento de soluções adequadas a esses problemas. Também entendemos que o design instrucional é um processo sistemático e cuidadoso de traduzir os princípios de cognição e aprendizagem no design de produtos educacionais e da aprendizagem autodirigida. Podemos também afirmar que a metodologia de elaboração de material didático difere dos métodos tradicionais devido

ao seu caráter metódico e minucioso de análise, planejamento, desenvolvimento e avaliação do treinamento. Um designer instrucional gerencia a estrutura de uma disciplina um currículo um programa ou um projeto educacional enquanto você está no nível micro ele trabalha com elementos bem elaborados de unidades de aprendizagem a serem incluídas na área de assunto ou módulo. É importante sublinhar que estes níveis de conduta não se excluem reciprocamente (Filatro, 2008, p. 3/4).

Nesse caso, o designer é responsável pelo planejamento pedagógico que deve reunir conhecimentos de diversas áreas. No entanto, acreditam que esse especialista não deve apenas integrar, mas também formular o conhecimento envolvendo os demais especialistas da equipe multidisciplinar, ou seja, conhecimentos que ele não possui em profundidade, mas que os demais membros da equipe adquirirão. Você deve ter uma preocupação de sua parte que vai além da organização criativa e precisa das informações, ou seja, você deve buscar mais do que dúvidas no entendimento das orientações, devendo definitivamente utilizar uma ferramenta interativa para aumentar o interesse do aluno.

2.2 A PLATAFORMA MOODLE E SUAS REFLEXÕES NA APRENDIZAGEM AUTODIRIGIDA E DESIGN INSTRUCIONAL

Os Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) são plataformas digitais que permitem professores e estudantes se comunicarem, compartilhar informações e recursos, e colaborar em atividades de ensino e aprendizagem. Essas plataformas são projetadas para criar um ambiente de aprendizagem flexível e personalizado, onde os estudantes têm a liberdade de escolher como aprender e os professores têm a competência de gerenciar e avaliar o desempenho dos estudantes. Com as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), os AVAs são vistos em maior quantidade se tornando cada vez mais progressivamente, pois permitem aos professores e estudantes se conectarem e colaborarem independentemente da localização. Isso concorda com a educação seja acessível a mais pessoas e que os estudantes possam aprender em seu próprio ritmo conforme suas necessidades individuais. (Caparróz et al., 2008)

As atividades nessas plataformas permitem aos professores criar atividades interativas para os estudantes, como fóruns de discussão, questionários, tarefas e projetos projetadas para envolver os estudantes no processo de aprendizagem e fornecer feedback instantâneo sobre o desempenho.

Os Recursos permitem que estudantes e professores possam adicionar conteúdo aos cursos, como arquivos de texto, imagens, vídeos e links. Esses recursos podem ser usados para apoiar as atividades e fornecer informações adicionais para os estudantes.

É importante notar que, apesar do Moodle ser uma plataforma fácil é necessário tempo e esforço para dominar as ferramentas e usá-las de forma eficaz no processo de ensino e aprendizagem quem precisa tempo e esforço para aprender proporcionando uma experiência de aprendizagem mais

enriquecedora e interativa.

Recursos: ferramentas utilizadas para disponibilização de conteúdo, como por exemplo: arquivo, livro, URL, página e entre outros. •Atividades: são as ferramentas utilizadas para a interação do aluno com a plataforma através dos exercícios disponibilizados pelo professor de um curso. São elas: Fórum, Questionário, Tarefa, Glossário, Enquete, Diário e outros. (Augusto,2020-<https://aix.com.br/moodle>).

Em se tratando do aprendizado individualizado na plataforma Moodle no curso Formação continuada para o Novo Currículo do Espírito Santo, Etapa EnsinoMédio para Professores - Linguagens e suas Tecnologias. O curso foi estruturado de forma flexível, permitindo-me escolher quais os temas que queria estudar e quando queria concluir as atividades. Além disso, vários recursos foram disponibilizados na plataforma como vídeos de aulas, exercícios práticos, jogos e testes de avaliação, o que me permitiu escolher os métodos de aprendizagem que mais me agradavam.

Estou muito feliz com a liberdade que o aprendizado autodirigido me dá. Conseguiu organizar minha agenda e focar nas áreas em que mais necessitava de ajuda. Além disso, a plataforma Moodle me permite acompanhar meu progresso e visualizar minhas notas em temporeal que me mantém focado e motivada. Durante o curso também tive acesso a um instrutor online que me auxiliou nas dúvidas e deu feedback sobre meu desempenho. Isso me permite obter orientação e conselhos pessoais quando preciso.

No geral, a experiência de autoaprendizagem na plataforma Moodle tem sido muito positiva. Eu me senti mais envolvido no meu aprendizado e mais no controle do meu progresso. Eu recomendaria esta plataforma para outras pessoas que procuram uma maneira flexível e personalizada de aprender.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aprendizado autodirigida, design instrucional e a plataforma Moodle são conceitos importantes no ensino e aprendizagem que trabalham juntos para promover uma aprendizagem eficaz e enriquecedora. A aprendizagem autodirigida dá aos alunos liberdade e autonomia para selecionar como aprender, enquanto o design instrucional garante que o conteúdo e as atividades sejam planejados e organizados para atender aos objetivos de aprendizagem.

A plataforma Moodle é uma ferramenta poderosa que permite aos professores criar aulas e treinamentos personalizados. Para alunos ela promove a comunicação a colaboração e gerenciamento de atividades e desempenho.

A combinação desses conceitos cria um ambiente de aprendizado flexível e personalizado, onde os alunos têm a liberdade de escolher como aprender, mas ainda têm acesso a recursos e orientação para ajudá-los a atingir seus objetivos educacionais.

REFERÊNCIAS

- Barreto, c. C. (org.); rodrigues, s.; carvalho, r. P. Et al.(2007). Planejamento e elaboração de material didático impresso para educação a distância. Rio de Janeiro: fundação cecierj.
- Barros, d.; (2009). Estilos de uso do espaço virtual: como se aprende e ensina no virtual.Revista interação, edição 34. P. 51-74.
- Bento, dalvací.(2017). A produção textual do material didático para ead. São paulo,sp:cengage.
- Bloom, b (1956). Taxonomy of educational objectives:the classification of educational goals.nova york: longman green.
- Brockett, r. G.; hiemstra, r.; self-direction in adult learning (1991). Perspectives on theory, research and practice, new york: routledge.
- Candy, p. C.; (1991) self-directing for lifelong learning: a comprehensive guide to theory and practice. San francisco: jossey-bass.
- Caparróz, adriana; lopes, maria cristina.(2008). Desafios e perspectivas em ambiente virtual de aprendizagem: inter-relações formação tecnológica e prática docente. Educação, formação & tecnologias, v. 1, n. 2, p. 50-58.
- Costa, d. (2022). Conceito e histórico do design instrucional. [e-book] flórida: must university.
- De souza, h. V. L., rodrigues, r. L., de melo filho, i. J., & gomes, a. S. (2017). Discussão sobre as abordagens associadas à aprendizagem autodirigida e sua relação com as tecnologias educacionais. Revista de informática aplicada, 13(1).
- Lai, c.; wang, q.; li, x.; hu, x.;(2016). The influence of individual espoused cultural values on self-directed use of technology for language learning beyond the classroom. Computers in human behavior, v. 62, pp. 676-88.
- Lounsbury, j. W.; levy, j. J.; park, s. H.; gibson, w.; smith, r.(2009). An investigation of the construct validity of the personality trait of self-directed learning. Elsevier learning and individual differences, v. 19, pp. 411-418.
- Moodle: tudo o que você precisa saber sobre o ambiente virtual de aprendizagem
21/07/2020/emtecnologianaeducação/porrodolfoaugusto-https://aix.com.br/moodle-acesso em
07/03/2022.
- Filtro, a. (2004). Design instrucional contextualizado: educação e tecnologia. São paulo:senac.
- Filatro, a. (2008). Design instrucional na prática. Pearson prentice hall. São paulo.
- Kenski, v. M.(2019). Tecnologia e ensino presencial e a distância. Campinas: papirus.
- Kim, m.; olfman, l; ryan, t.; (2013). Eryilmaz, e.; leveraging a personalized system to improve self-directed learning in online educational environments.computers and education,v. 70, pp. 150-160.
- Kenski, v. M.(2019). Tecnologia e ensino presencial e a distância. Campinas: papirus.

Serrano, p. H. S. M., beltrão, a. E., & dantas, a. R. S. (2022). Usabilidade e design instrucional no ensino remoto emergencial com o moodle. *Cadernos de educação tecnologiae sociedade*, 15(1), 28-33.

A importância do suporte básico de vida para a população de leigos

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-008>

Adrienne Bezerra Rocha

Bacharelado em enfermagem – UniAteneu
Enfermeira(o) UniAteneu
ORCID: 0000-0002-3130-5072
E-mail: adrenerocha@gmail.com

Alessandra Leão Brasileiro

Mestre em ensino na saúde – UECE
Enfermeira(o) Docente do curso de enfermagem
Universidade Estadual do Ceará
ORCID: 0000-0001-5486-2923
E-mail: alessandra.leao.brasileiro@gmail.com

Ana Paula Costa da Silva

Bacharelado em enfermagem – UniAteneu
Enfermeira(o) UniAteneu
ORCID: 0000-0001-8588-3735
E-mail: Paulalivia2018@gmail.com

José Carlos Ferreira Bezerra

Especialista em urgência e emergência – Faculdade Iguacu
Enfermeira(o) UniAteneu
ORCID: 0009-0004-4572-021X
E-mail: josecarlospio@hotmail.com

Marli Ferreira Bezerra Rocha

Bacharelado em enfermagem – UniAteneu
Enfermeira(o) UniAteneu

ORCID: 0009-0001-4570-9676

E-mail: marlif04@gmail.com

RESUMO

Em um cenário de emergência é imprescindível à atuação do socorrista leigo na avaliação da vítima onde um atendimento precoce e eficaz favorece a redução de sequelas neurológicas consequentemente proporcionando um melhor prognóstico a vítima. Objetivo desse estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre a importância do conhecimento no suporte básico de vida. Foram encontrados 1.632 estudos, e após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, apenas 10 artigos compuseram a amostra final da revisão do presente estudo. O estudo mostrou que 67,7% dos leigos não sabem o que é SBV, e 61,5% dos entrevistados responderam que em uma situação de emergência não se sentiram preparados para agir. 93, 8% responderam que sabiam como identificar se a vítima está respirando, porém caiu para 41,5% quando relataram que não sabiam como facilitar a respiração da vítima. Destaca-se que a grande maioria das pessoas não saberiam como se portar caso vivenciassem um acidente que houvesse a necessidade de ajuda rápida até o SAMU chegar.

Palavras-chave: Reanimação Cardiopulmonar, Primeiros Socorros, Acidentes.

1 INTRODUÇÃO

Em um cenário de emergência é imprescindível à atuação do socorrista leigo na avaliação da vítima onde um atendimento precoce e eficaz favorece a redução de sequelas neurológicas consequentemente proporcionando um melhor prognóstico a vítima. Definisse como primeiros socorros, a ação de caráter provisório com objetivo de manter e proporcionar uma sobrevivida até a chegada do Serviço Médico de Emergência (SEM), podendo ser em via pública ou em residências (CHEHUEN, *et al.*, 2016).

O reconhecimento e acionamento do serviço médico por parte do um leigo treinado da comunidade (LTC) em um agravo de saúde súbito como a Parada Cardiorrespiratória (PCR), favorece uma melhora significativa na redução da mortalidade de vítimas em conjunto com RCP precoce (MARCONATO, *et al.*, 2016). E dentre os principais fatores para o aumento da sobrevivida do paciente

está a eficácia no reconhecimento, acionamento do SME e atendimento. Um paciente com PCR tem sua sobrevivência reduzida em média de 7% a 10% a cada minuto que ficar sem atendimento (KNOPFHOL, *et al.*, 2015).

Uma ação realizada em uma universidade estadual no interior do sudoeste da Bahia, pode se observar que a parte interna estudantes acadêmicos de enfermagem e outros cursos mostrou a maioria não sabia realizar técnicas RCP. É benéfico o conhecimento em primeiros socorros para alunos, docentes e funcionários, estima-se que a cada três vítimas, uma recebe atendida em ambiente fora do hospital, o que indica a importância, de ofertar em ambiente escolar a disciplina integrada de primeiros socorros transformando o público jovem em multiplicadores levando informação a familiares amigos (SILVA, *et al.*, 2014).

A necessidade de inclusão das crianças no aprendizado suporte básico de vida (SBV) torna-se importante pois grande parte do dia é na escola em conjunto com outros alunos e professores desvelando novos saberes. Neste sentido a escola possui uma função primordial para o ensino em primeiros socorros e a busca contínua na prevenção e educação em saúde. O processo de educação em primeiros socorros, entre eles a parada cardiorrespiratória, realizada de forma dinâmica lúdica e estimulante, desenvolve na criança a tomada de decisão e condutas positivas frente a situações de emergência. (TERASSI, *et al.*, 2015).

Partindo dessa premissa surgiu a questão norteadora do estudo: Qual a importância do conhecimento no suporte básico de vida para leigos? Torna-se importante o levantamento de informações, além de servir como base para outros estudos.

2 OBJETIVO

Objetivo desse estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre a importância do conhecimento no suporte básico de vida para leigos.

3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo com abordagem quantitativa do tipo revisão de literatura. De acordo com o Ercole *et al.* (2014) a revisão de literatura tem como objetivo mostrar os resultados obtidos em pesquisas sobre certo tema, de forma mais ordenada e ampla.

Com os artigos disponíveis em BVS (Biblioteca Virtual da Saúde), Scielo (Scientific Electronic Library Online), Brazilian Journal of Development (BJD), Revista Eletrônica Acervo Saúde (REAS), Revista Brasileira de Educação Médica (RBEM), Revista Latino-americana Enfermagem (RLAE), foi realizada a pesquisa. A coleta de dados foi utilizado os descritores “Reanimação Cardiopulmonar”,

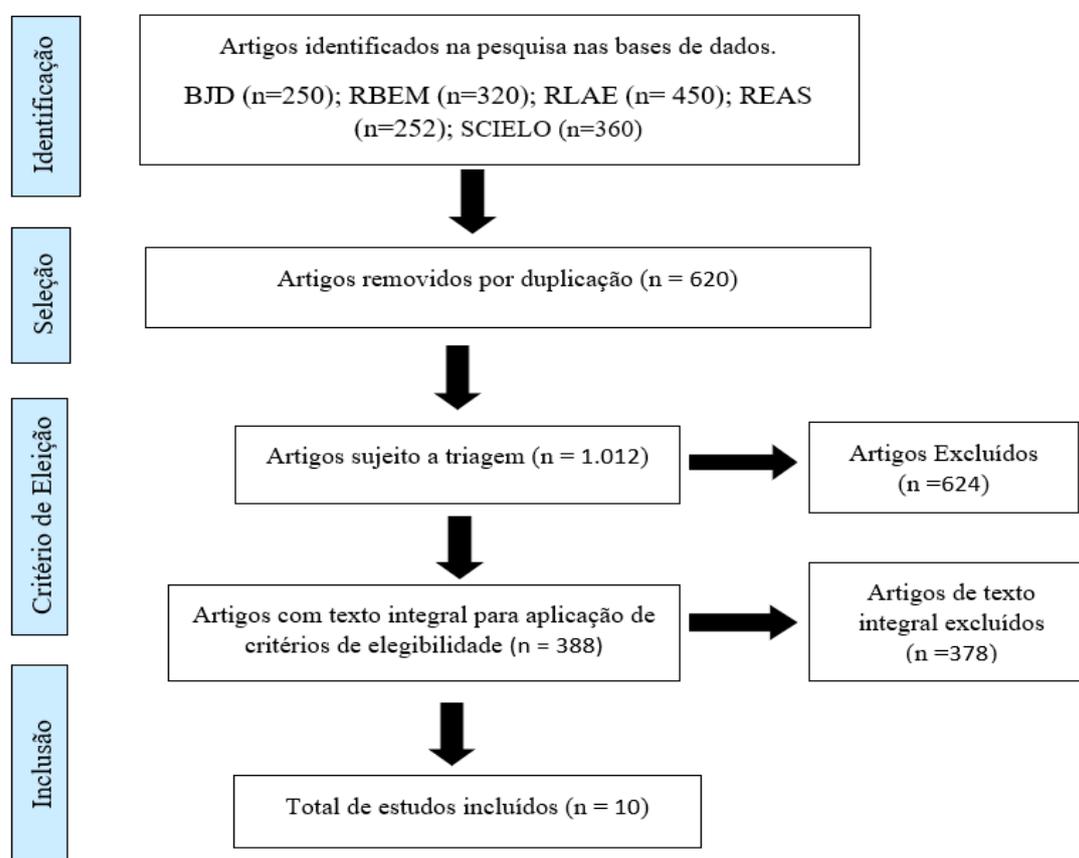
“Primeiros Socorros” e “Acidentes”, cadastrados no portal de Descritores em Ciências da Saúde (DeCs) da Biblioteca Virtual em Saúde.

4 RESULTADOS

O levantamento bibliográfico foi realizado no período de janeiro a abril de 2023. Os critérios de inclusão dos estudos definidos para esta revisão foram: artigos que abordassem a temática do estudo, texto completo gratuito, publicados nos últimos 06 anos, nas bases de dados BJD, RBEM, RLAE, REAS, SCIELO, em língua portuguesa, estudos sobre suporte básico de vida. Foram excluídas teses, dissertações, revisões que não tivessem relação com o objetivo da pesquisa ou que não respondessem à questão norteadora, assim como os artigos repetidos.

O processo de pesquisa no banco de dados eletrônicos para a seleção dos artigos utilizado na pesquisa foi estruturado em um fluxograma conforme o diagrama de PRISMA, apresentado na figura 01. De acordo com Galvão, *et al.* (2015), o diagrama de PRISMA tem várias utilidades, tais como: uma base para as revisões sistemáticas e outros modelos de pesquisa, em avaliações, em avaliação crítica de revisões sistemáticas publicadas.

Figura 01: Fluxograma do processo da pesquisa no banco de dados eletrônicos



Fonte: Adaptado da recomendação PRISMA (2015).

Foram encontrados 1.632 estudos, e após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, apenas 10 artigos compuseram a amostra final da revisão do presente estudo, estes foram organizados e apresentados na tabela 01.

Tabela 01- Artigos selecionados nos bancos de dados digitais

ESTUDO	AUTOR/ANO	OBJETIVO	CONCLUSÃO
Suporte básico de vida para leigos: uma revisão integrativa	CARDOSO, <i>et al.</i> , (2020).	Identificar as estratégias relacionadas ao treinamento de emergência e suporte básico de vida para leigos nas principais bases de dados.	Comprovou-se então a existência, dinamismo e pluralidade do Treinamento de Emergência e do Suporte Básico de Vida para Leigos, servindo como estratégia de Educação em Saúde a ser adotada.
Fatores associados ao conhecimento de pessoas leigas sobre suporte básico de vida	CARVALHO, <i>et al.</i> , (2020).	Analisar os fatores associados ao conhecimento de pessoas leigas acerca do suporte básico de vida.	O estudo levanta a necessidade de maior capacitação de pessoas leigas acerca do suporte básico de vida para que possam assistir adequadamente as vítimas de parada cardíaca em ambiente extra-hospitalar.
Conhecimento e Interesse sobre suporte básico de vida entre leigos	CHEHUEN, <i>et al.</i> , (2016).	Investigar o conhecimento, as possíveis limitações e o interesse dos leigos sobre o Suporte Básico de Vida.	Os leigos reconhecem sua relevância no atendimento inicial de vítimas em certas situações de emergência e, embora tenham interesse em aprender o Suporte Básico de Vida, carecem de meios de capacitação.
Capacidade de manuseio da parada cardíaca em locais de alto fluxo de pessoas em Curitiba	KNOPFHOLZ, <i>et al.</i> , (2016).	Identificar a porcentagem de estabelecimentos com fluxo superior a 2000 pessoas/dia que possuem desfibrilador externo automático e avaliar o nível técnico do pessoal treinado para o atendimento de uma parada cardiorrespiratória	Poucos locais estão realmente adequados para fazer o atendimento necessário a uma parada cardiorrespiratória. É necessário maiores investimentos e uma maior fiscalização desses estabelecimentos.
Curso de primeiros socorros para candidatos à carteira nacional de habilitação	MARCONATO, <i>et al.</i> , (2016).	Comparar o conhecimento dos alunos que participaram da capacitação em primeiros socorros do Curso de Formação de Condutores (CFC) com aqueles que participaram do curso elaborado e ministrado por profissional da saúde.	Apesar da capacitação ser apenas teórica, possibilitou aumento significativo de qualificados nas Etapas II e III do GI. A capacitação proposta propiciou assimilação e retenção adequada. Sugere-se a aplicação deste programa, pois os resultados evidenciaram boa

			assimilação e retenção. Não houve amostra considerável de idosos, mas é essencial que recebam atenção especial na capacitação.
Capacitação de trabalhadores em suporte básico de vida	MONTEIRO, <i>et al.</i> , (2018).	Avaliar os conhecimentos sobre Suporte Básico de Vida dos trabalhadores de uma Câmara Municipal do norte de Portugal, antes e após a implementação do programa de intervenção "Capacitar para Salvar" e avaliar as competências demonstradas, após a participação no programa de intervenção.	Verificaram-se diferenças estatisticamente significativas nos conhecimentos e competências em Suporte Básico de Vida. Implicações para a prática: implementação de estratégias que promovam a formação em Suporte Básico de Vida a todos cidadãos, quer ao nível da transmissão de conhecimentos, quer da formação prática.
Descrição dos atendimentos do serviço pré-hospitalar	MOURA, <i>et al.</i> , (2017).	Descrever os tipos de atendimentos realizados pelo Serviço de Atendimento Móvel de Urgência	De acordo com os atendimentos verificados foi possível perceber que, geralmente, são consequentes de causas evitáveis, o que infere a necessidade da utilização de cuidados preventivos. Espera-se que os resultados demonstrados auxiliem no processo de educação permanente a fim de evitar agravos.
Suporte básico de vida para leigos: relato de atividades extensionistas	SILVA, <i>et al.</i> , (2017).	Descrever a experiência de acadêmicas de Enfermagem e Educação Física sobre as oficinas extensionistas de RCP e manobras de Heimlich para as pessoas leigas nesta temática, que estudam ou trabalham em uma universidade pública do interior do sudoeste da Bahia.	Apesar da irregularidade das participações nas oficinas extensionistas, ressalta-se a importância de discussão desta temática e implantação de desfibriladores externos automáticos neste espaço, a fim de estimular a conscientização na aquisição de conhecimento sobre o tema, considerando os índices alarmantes de mortalidade por doenças cardíacas que aumenta anualmente.
Promoção da saúde no programa saúde na escola e a inserção da enfermagem	SILVA, <i>et al.</i> , (2014).	O presente trabalho analisa o Programa Saúde na Escola (PSE) em um município do estado de Minas Gerais, identificando sua organização, a atuação dos profissionais de enfermagem e sua inserção no campo da promoção da saúde.	Concluiu-se que é preciso avançar em inovações tecnológicas no âmbito das práticas do PSE que ressignifiquem a escola como cenário da promoção da saúde numa vertente que considere esse espaço no seu potencial de produção de cidadania e de mudança dos determinantes dos modos de viver.
A percepção de crianças do ensino fundamental sobre parada cardiorrespiratória	TERASSI, <i>et al.</i> , (2015).	Objetivando conhecer a percepção de crianças sobre parada cardiorrespiratória, realizou-se uma pesquisa de natureza qualitativa, com crianças de 8 a 10 anos matriculadas em uma escola privada de ensino com proposta construtivista.	Observou-se que os alunos do 5º ano possuíam conhecimento prévio mais elaborado que os demais. A abordagem da temática nas escolas mostrou-se positiva, contribuindo para troca de experiências, conscientização e construção de novos saberes, devendo, portanto, ser continuada.

Fonte: Elaborado pelos autores

5 DISCUSSÃO

SBV é constituído por etapas, podendo ser iniciada fora do hospital e começado por leigos capacitados, podendo diminuir os traumas das vítimas e aumentando a porcentagem de vida. SBV pode

ser definido como primeiro contato com a vítima. Sendo a primeira conduta a identificação correta da parada cardiorrespiratória, realizar o acionamento do serviço de emergência, compressões e ventilações de qualidade, nessa situação é de grande importância que a população leiga consiga realizar esses cuidados (CARVALHO, *et al.*, 2020).

Um estudo realizado com os alunos do 2º ano do ensino médio em Quixeramobim-CE os 114 alunos relataram que não teve treinamento sobre SBV. O ensino para os alunos é uma das estratégias interessante para o tipo de situação de emergência (MAIA, *et al.*, 2020).

Segundo Cardoso *et al.* (2020), as escolas representam um papel de grande importância, sendo um ambiente ideal para compartilhar com a população os conhecimentos das técnicas básicas que é inserido no SBV. Assim como os adultos, os adolescentes também tem potencial para realizar compressão torácica, que em sua maioria esses adolescentes estão em ambiente com cenários, onde pode acontecer uma emergência médica, como shopping, residência, estádios e restaurantes. As escolas realizando o treinamento corretamente em SBV, aumentaria os dados da população com conhecimento sobre as técnicas, além de ajudar no momento da ocorrência.

Uma situação que deve ser diagnosticada rapidamente é a parada cardiorrespiratória, para assim ser iniciada as manobras de RCP, e o público leigo em geral tem a sua extrema importância, para que possa agir de forma rápida e ágil. Contudo, não possuem conhecimento ou tem conhecimento incompletos e incorretos, sobre estado da vítima, sendo assim a vítima não recebe um atendimento correto (MOURA, *et al.*, 2017).

O estudo realizado por Carvalho *et al.* (2020) mostrou que 67,7% dos leigos não sabem o que é SBV, e 61,5% dos entrevistados responderam que em uma situação de emergência não se sentiram preparados para agir. 93,8% responderam que sabiam como identificar se a vítima está respirando, porém caiu para 41,5% quando relataram que não sabiam como facilitar a respiração da vítima. Dos entrevistados 73,3% responderam corretamente a posição do corpo, e 62,3% o local do corpo e 73,3% dos participantes não souberam responder a frequência das compressões.

Os dados apresentam que a população não possui conhecimento corretamente sobre a SBV e a sua importância na hora da ocorrência, muitos apresentam a falta de interesse, ou simplesmente desconhece sobre as técnicas básicas.

Importante lembrar que a ativação do Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU) permite não somente o envio rápido de socorro especializado, mas também pode fornecer orientações importantes para os socorristas leigos, facilitando o atendimento à vítima. As diretrizes ressaltam a importância de orientar o público quanto à necessidade de acionar o SAMU logo após constatada a ocorrência de PCR etapa esta frequentemente negligenciada devido à falta de informação ou nervosismo no momento da parada (MONTEIRO, *et al.*, 2018).

A pesquisa de Monteiro *et al.* (2018) também mostrou que os participantes em sua maioria não possuem conhecimento sobre SBV, apenas 8,2% dos entrevistados conhece como as compressões no tórax devem ser feitas e 7,2% como proceder perante um adulto consciente com obstrução de via aérea, além de muitos participantes relatarem ter a dificuldade de seguir as etapas do SBV.

Iniciar compressões torácicas precoces até a chegada dos profissionais de saúde é uma ação simples de ser executada por indivíduos não treinados e pode ser facilmente instruída por telefone através atendente da equipe de emergência. Mas muitas vezes, a população não está preparada para prestar este atendimento, visto não possuir conhecimento acerca do assunto.

Atender uma vítima, utilizando técnicas corretas seguindo protocolos para leigos reduz as taxas de morbimortalidade e sequelas maiores. De acordo com pesquisa realizada em Juiz de fora, locais com mais de 100 funcionários onde o risco de acidentes emergenciais é maior apresentaram conhecimento insuficiente em primeiros socorros. De maneira que o percentual de pessoas que não sabem realizar uma manobra ou posicionar o corpo da vítima para realizar a reanimação cardiopulmonar é alto (CHEHUEN, *et al.*, 2016).

6 CONCLUSÃO

Baseando-se nos autores, destaca-se que a grande maioria das pessoas não saberiam como se portar caso vivenciassem um acidente que houvesse a necessidade de ajuda rápida até o SAMU chegar. Poucos leigos sabiam de informações, sendo ela bem escassas. É notório a necessidade de repasse dos conhecimentos para esse público como meio de promoção de conhecimento, ajuda mútua e repasse de informações a fim de evitar acidentes maiores e garantir que uma vítima possa ser socorrida de maneira eficaz garantindo maior chances de sobrevivência, que um atendimento rápido significa vida quanto mais tempo se passa menor é a chance de sobrevivência com base nisso deve-se adotar campanhas em incentivo à população para capacitação em primeiros socorros e prevenção de acidentes.

REFERÊNCIAS

Cardoso, r, r; soares, l, g, b; calixto, f, r, p; carvalho, l, f, s; durante, r, v; veloso, r, c. Suporte básico de vida para leigos: uma revisão integrativa. Revista unimontes científica, v. 19, n. 2, p. 159-167, 2020. Disponível em: <https://www.periodicos.unimontes.br/index.php/unicientifica/article/view/1190>. Acesso em: 4 de abr. 2023.

Carvalho, l, r; ferreira, r, b, s; rios, m, a; fonseca, e, o, s; guimarães, c, f. Fatores associados ao conhecimento de pessoas leigas sobre suporte básico de vida. Revista eletrônica-revene, n. 36, p. 1-16, 2020. Disponível em: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1409-45682020000100163. Acesso em: 22 mar. 2023.

Chehuen, n; antonio, j; brum, i, v; pereira, d, r; santos, l, g; moraes, s, l; ferreira, r, e. Conhecimento e interesse sobre suporte básico de vida entre leigos. Rev port saúde pública, v. 29, n. 6, p. 443-452, 2016. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-832404>. Acesso em: 22 fev. 2023.

Ercole, f.f.; melo, l.s.; alcoforado, c.l.g. c. Revisão integrativa versus revisão sistemática. Revista mineira de enfermagem, v.18, n.1, p.9-12, 2014. Disponível em: <https://www.reme.org.br/artigo/detalhes/904>. Acesso em: 5 jun. 2021.

Galvão, t. F; pansani, t. S. A; harrad, d. Principais itens para relatar revisões sistemáticas e meta-análises: a recomendação prisma. Epidemiologia e serviços de saúde. V.24, n.2, p.335-342. 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ress/a/tl99xm6ypx3z4rxn5wmcncf/?lang=pt#> acesso em: 20 jun. 2022.

Knopfholz, j; kuma, s, z; medeiros, y, r, c; matsunaga, c, u; loro, l, s; ortiz, t, m; zanis, h, b; guilherme, g, f. Capacidade de manuseio da parada cardíaca em locais de alto fluxo de pessoas em curitiba. Rev soc bras clin med, v. 13, n. 2, p. 114 – 118, 2016. Disponível em: <https://www.sbcm.org.br/ojs3/index.php/rsbcm/article/view/139>. Acesso em: 24 fev. 2023.

Marconato, a. M, p; marconato, r, s; araujo, i, e, m; d'elboux, m, j. Curso de primeiros socorros para candidatos a carteira nacional de habilitação. Anais eletrônicos, 2016. Disponível em: <https://proceedings.science/enfhesp/trabalhos/curso-de-primeiros-socorros-para-candidatos-a-carteira-nacional-de-habilitacao#>. Acesso em: 7 mar. 2023.

Monteiro, m, j, f, s, p; pereira, m, c, a, r, s; carvalho, r, m, b, c; carril, e, s, b; carril, m, f, b; rodrigues, v, m, c, p. Capacitação de trabalhadores em suporte básico de vida. Revista cuidarte, v. 9, n. 2, p. 2117-2126, 2018. Disponível em: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2216-09732018000202117. Acesso em: 23 mar. 2023.

Moura, l, d, s; araujo, a, k, s; pereira, f, g, f; santos, i, n, p; formiga, l, m, f; lorena, m, h. Descrição dos atendimentos do serviço pré-hospitalar. Revista de enfermagem da ufpi, v. 6, n. 4, p. 47-52, 2017. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/bde-33141>. Acesso em: 2 abr. 2023.

Silva, j, k; conceição, d, m, m; rodrigues, g, m; dantas, g, s, v, d. Suporte básico de vida para leigos: relato de atividades extensionistas. Revista ciências em extensão, v. 13, n. 1, p. 190-203, 2017. Disponível em: https://ojs.unesp.br/index.php/revista_proex/article/view/1383. Acesso em: 9 mar. 2023.

Silva, k, l; sena, r, r.; gandra, e, c; matos, j, a, v; coura, k, r, a. Promoção da saúde no programa saúde na escola e a inserção da enfermagem. *Revista mineira de enfermagem*, v. 8, n. 3, p. 614 – 622, 2014. Disponível em: <https://www.reme.org.br/artigo/detalhes/950>. Acesso em: 10 mar. 2023.

Terassi, m; borges, a, k, p, k, g; garanhani, m, l; martins, e, a, p. A percepção de crianças do ensino fundamental sobre parada cardiorrespiratória. *Semina: ciências biológicas e da saúde*, v. 36, n. 1, p. 99-108, 2015. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-770844>. Acesso em: 15 mar. 2023

A importância do mapeamento da experiência do cliente como fator competitivo para empresas de mercado

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-009>

Thiago Vicente da Silva

Graduado em Engenharia de Produção.
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: thivicente21@gmail.com

Isabella Tamine Parra Miranda

Professora Doutora - Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: itpmiranda2@uem.br

Manoel Francisco Carreira

Professor Doutor – Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: mfcarreira@uem.br

Suely da Silva Carreira

Professora Doutora - Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá (UEM)
E-mail: sscarreira2@uem.br

RESUMO

Esse estudo tem como objetivo apresentar conceitos, metodologias e ferramentas, que visam construir, mapear e identificar a experiência do cliente e como suas aplicações são estratégicas e competitivas para empresas de mercado. Sendo assim, foi apresentada uma revisão bibliográfica

para que os leitores tenham conhecimento técnico sobre as ferramentas escolhidas e seus principais indicadores, para que fosse possível acompanhar toda a aplicação prática. Com base nisso, o estudo aplicado possui uma metodologia de análise qualitativa, composta por cinco etapas: identificação do problema, mapeamento de dados, análise do público, construção da jornada e implementação dos resultados. Dessa forma, para que todos os conceitos fossem implementados, a empresa escolhida para o projeto atua na área da tecnologia e realiza vendas de comidas por um aplicativo, seu segmento é conhecido como: Food Delivery. Portanto, o estudo de caso, na qual alguns indicadores e resultados são parcialmente divulgados devido à confiabilidade de informações, teve como benefício a melhoria da satisfação e a experiência proporcionada pela empresa para os clientes, tornando-a referência no segmento e melhorando indicadores estratégicos que marcam a competitividade de mercado em relação aos concorrentes.

Palavras-chave: Experiência do cliente, Indicadores de experiência, Mapeamento, Clientes, Mapeamento do público e arquétipo, Jornada do cliente.

1 INTRODUÇÃO

A globalização do mercado empresarial e econômico, juntamente com o desenvolvimento da tecnologia e dos meios de comunicação, têm criado uma concorrência acirrada entre as empresas, proporcionando maior importância ao conceito de competitividade e estratégia. O consumo está se transformando a cada dia e tem conectado, cada vez mais, consumidores e mercados de todo o mundo. Com base nisso, surgem novas oportunidades e ameaças, fazendo com que os clientes fiquem mais exigentes em relação aos produtos e/ou aos serviços que consomem (ZENONE, 2007).

Uma organização precisa buscar por desenvolvimentos que tragam resultados competitivos em relação aos seus concorrentes. E por isso, muitas delas investem em redução de custos, aumento de produtividade, diminuição da variabilidade dos processos e de movimentação de produtos, crescimento da demanda, atratividade de marca através de *marketing*, entre outros fatores que as tornam mais atrativas aos clientes. (MARIOTTO, 1991).

No entanto, segundo Mariotto (1991), os investimentos em tantas melhorias operacionais não ocasionam, necessariamente, nos resultados almejados de crescimento da empresa e assim, as mesmas não conseguem escalar os seus produtos e serviços, tornando a fidelização de clientes um processo árduo e quase inalcançável. É por isso que, em um mercado tão agressivo onde há muita concorrência presente e novos produtos e serviços sendo lançados todos os dias, vê-se necessário observar e ouvir o que os clientes têm a dizer sobre o que está sendo entregue (com o objetivo de traçar planos de melhorias), posicionando-os sempre no centro do negócio (KRAMER, 2014).

Diante do cenário apresentado e levando em consideração que o tema não possui a visibilidade merecida dentro da maioria das organizações mundiais, mesmo tendo impacto favorável para a estratégia de uma organização, faz-se a seguinte pergunta para essa pesquisa: quais são as melhores ferramentas e indicadores para mapear e acompanhar a experiência do cliente dentro de uma organização? Baseado neste questionamento, o objetivo geral deste trabalho consiste em apresentar conceitos, metodologias e ferramentas, que visam construir, mapear e identificar a experiência do cliente e como suas aplicações são estratégicas e competitivas para empresas de mercado.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 EXPERIÊNCIA E SATISFAÇÃO DE CLIENTES

Segundo Gremler (2014), a satisfação e o foco no cliente são cruciais para a competitividade entre empresas, ou seja, qualquer companhia que esteja interessada em gerar serviços de qualidade, precisa iniciar com uma ideia clara que quem é o seu consumidor e de que forma agregar valor com a venda do seu produto e/ou serviço. É nesse ponto, que se traz o estudo de experiência do cliente e sua importância.

Segundo Bryan Kramer (H2H, 2014), o mercado não é mais composto de relações entre “negócios” e “negócios” (B2B), muito menos de “negócios” e “clientes” (B2C). Mas sim, relações que, na verdade, são de pessoas para pessoas (*Humans to Humans – H2H*), pois o diferencial de uma marca é a sua comunicação e a experiência, criada de um indivíduo e direcionada para outro. E, somente assim, é possível entender as relações para construir estratégias relevantes de mercado e conquistar clientes.

2.2 FERRAMENTAS, CONCEITOS E METODOLOGIAS PARA O MAPEAMENTO DE EXPERIÊNCIA

2.2.1 Mapeamento de processos

Mapeamento de processos é utilizado como ferramenta gerencial e analítica, na qual tem por objetivo avaliar e melhorar processos existentes e novas estruturas. Com a análise de dados dos

processos, é possível coletar indicadores que mostram informações de custos, movimentação, falhas, improdutividades, entre outros problemas da empresa (VILLELA apud. HUNT, 1996).

Sendo assim, mapear o processo é, portanto, uma atividade simples e essencial para qualquer organização, na qual há importância e visibilidade para entender as entradas e saídas do sistema, bem como a relação entre pessoas, departamentos e o gerenciamento das atividades. Dessa forma, o mapeamento é considerado a primeira etapa para uma gestão de processos organizacional efetiva, pois assim, é possível identificar dificuldades operacionais e estratégias da empresa para que sejam relacionadas com os indicadores de resultado (FITZSIMMONS, 2000).

2.2.2 Identificação dos clientes

Conhecer o cliente da empresa é um dos primeiros caminhos para traçar estratégias de vendas, tendo em vista que os meios de sucesso de aquisição dos produtos e serviços dependem, desde da qualidade ofertada até o meio de comunicação realizado. Para isso, segundo Kloter (2017), o conceito de público-alvo e persona foram criados com o objetivo de direcionar maneiras de se comunicar com determinado grupo de pessoas.

A personalidade de uma marca está diretamente ligada às características e hábitos da humanidade e assim, as mesmas são classificadas como humanizadas quando há a personificação da comunicação com o público consumidor. Dessa forma, existem 12 tipos de arquétipos que foram padronizados para a área da publicidade com diferentes características, são eles: o fora da lei, bobo da corte, amante, prestativo, cara comum, inocente, governante, sábio, mago, herói, criador e o explorador (LACERDA, 2015).

Com base nessas informações, identificar o público consumidor da organização faz com que a mesma tenha vantagens competitivas, já que ela sabe como convencer e conversar com o cliente final. (PEREIRA, 2017) Pensando nisso, a XPlane, segundo Pereira (2017), que é uma empresa de consultoria de mercado dos EUA, desenvolveu uma ferramenta chamada por “Mapa da Empatia”. Este mapa faz parte de um conjunto de ferramentas de *design* centrado no cliente, na qual eles chamam de *Gamestorming*. A ferramenta foi criada com o objetivo de ajudar equipes a desenvolver uma compreensão profunda, compartilhada e empática de clientes e usar as informações para traçar estratégias para a organização, juntamente com o mapeamento do público consumidor.

2.2.3 BluePrints de Serviço

Cada vez mais, as organizações percebem que a experiência do cliente é uma fonte de crescimento e vantagem competitiva. Sendo assim, o objetivo do *design* de serviço é tomar ações

deliberadas que criem, entreguem e sustentem experiências de serviço positivas com o passar do tempo, de modo consistente e repetido (KALBACH, 2017).

Com base neste princípio, mapas de processo de serviços (também conhecidos como *blueprints*) foram criados em meados de 1980. O *Blueprint* é uma representação esquemática e detalhada, como um fluxograma, de todas as etapas do processo de entrega de um serviço, identificando tanto as atividades de linha de frente (*front office / frontstage*), como as atividades de retaguarda (*back office / backstage*), separadas pela denominada linha de visibilidade (FITZSIMMONS e FITZSIMMONS, 2000).

Sendo assim, a ferramenta do BluePrint de Serviço possui uma estrutura simples e predefinida com um foco claro de atenção, isso contribui para o fácil entendimento de outras pessoas que não possuem tanta familiaridade com a aplicação da mesma. Além disso, são adequadas para cocriação com equipes e *stakeholders*, pois normalmente é necessário uma pesquisa e investigação leve das informações adicionadas (KALBACH, 2017).

No entanto, o ponto fraco da ferramenta é que ela não permite visualizar muitas dicas contextuais e ambientais de uma experiência que está sendo proporcionada. Por exemplo: análises qualitativas que permitam entender se para o cliente a experiência do ambiente está muito barulhenta, ou se a comida é muito saborosa e assim por diante (KALBACH, 2017).

2.2.4 Mapa da jornada do cliente

De acordo com Colin Shaw (2007), o mapa é uma derivação do *blueprint* de serviço, porém com diferenças no ponto de vista, foco e uso. Dessa forma, acredita-se que as empresas precisam usar ferramentas e processos que reforçam uma compreensão das necessidades reais dos clientes e assim, usados corretamente, esse mapa tem a capacidade de mudar a perspectiva de uma empresa: de fora para dentro.

Os mapas de jornada do cliente, são versáteis e possuem várias usabilidades. No entanto, normalmente são utilizados para compreender melhor a fidelidade do cliente e como melhorar as experiências existentes, até porque, criar ótimas experiências não é uma otimização dos pontos de contato individuais, mas como os pontos de contato se reúnem em um todo unificado (KALBACH, 2017).

Portanto, a ferramenta do mapa da jornada do cliente possui simplicidade visual de aplicação e compreensão, assim, é possível difundir os aprendizados com todos os níveis hierárquicos da empresa. Além disso, ela é adequada para ser desenvolvida com equipes e *stakeholders*, uma vez que não é necessário ter conhecimento técnico para usar a ferramenta (KALBACH, 2017)

No entanto, a utilização da ferramenta omite os processos internos da organização e seus respectivos responsáveis, não deixando claro na empresa onde estão as aplicações que vão melhorar a experiência do consumidor final. Além do mais, as pessoas são mostradas como consumidores finais e a análise não é levada em consideração aqueles indivíduos que não são clientes (KALBACH, 2017).

2.2.5 Mapa da experiência do cliente

Para Kalbach (2017), os mapas da experiência do cliente são uma evolução do mapa de jornada, uma vez que ele separa as experiências identificadas pela organização das soluções propostas. Dessa forma, ele contribui para mudar o pensamento coletivo de uma empresa sobre os recursos e processos para alcançar os resultados almejados.

Portanto, a ferramenta do mapa da experiência do cliente oferece uma perspectiva externa e nova que ajuda a criar empatia pelo cliente e assim, fornecer informações e ideias para a organização além da relação com uma única marca. No entanto, ela pode ser considerada abstrata por alguns *stakeholders*, principalmente para tomadas de decisões estratégicas já que os diagramas podem apresentar uma análise exagerada e sobrecarregada do mapeamento desenvolvido (KALBACH, 2017).

2.2.6 Diagrama do modelo mental

Os modelos mentais são construções cognitivas baseadas em crenças, suposições e experiências passadas e tem como objetivo, prever como as coisas funcionam. Além disso, o modelo mental de uma pessoa é uma percepção de como o sistema funciona, não necessariamente como ele pode funcionar. Sendo assim, a compreensão de um sistema que é criado, é diferente da compreensão do usuário e por isso, a validação e coleta de *feedbacks* são etapas importantes para o processo da empresa (KALBACH, 2017).

Segundo Kalbach (2017), o mapeamento é a principal maneira de compreender os modelos mentais e torná-los visíveis para a organização. Ou seja, mapear as experiências é efetivamente mapear o modelo mental de alguém. Dessa forma, construir a experiência através do diagrama requer a capacidade de colocar a própria perspectiva de lado e enxergar o sistema como o cliente/usuário veria.

Portanto, o diagrama do modelo mental fornece resultados muito mais consistentes e normalizados, já que existe um profundo entendimento do pensamento humano em relação ao escopo da finalidade da organização e à tomada de decisão que o cliente vai tomar no final. No entanto, não existe um fluxo cronológico da análise e os diagramas podem ser muito técnicos e detalhados, tornando-se difícil o acesso e entendimento para aquelas pessoas que não possuem conhecimento específico da ferramenta (KALBACH, 2017).

2.2.7 Comparativo técnico das ferramentas

A partir das ferramentas apresentadas pôde-se perceber que os diagramas e mapas possuem semelhanças entre si. E assim, o foco no alinhamento e proposta de valor para a experiência de um cliente é o seu principal ponto em comum.

Cada mapa apresentado possui abordagens e objetivos diferentes, seja ela em relação aos processos analisados, seja ela relacionado aos diferentes *stakeholders*. Por isso, entender as diferenças de cada uma delas é extremamente importante para que a melhor ferramenta seja escolhida e atenda às necessidades das estratégias da organização.

Sendo assim, um comparativo das ferramentas foi desenvolvido com base em 5 variáveis principais: ponto de vista, escopo, foco, estrutura e uso.

- Ponto de vista: a quem a ferramenta está referenciando;
- Escopo: qual o objetivo central da aplicação;
- Foco: análises e conclusões que resultam da implementação;
- Estrutura: qual o melhor uso temporal;
- Uso: quais áreas e pessoas envolvidas da organização.

Dessa forma, segue a tabela 2.2.7.1 que trata-se desse comparativo mapeado:

Tabela 2.2.7.1.: Comparação dos diferentes diagramas

TIPO	PONTO DE VISTA	ESCOPO	FOCO	ESTRUTURA	USO
BluePrint de Serviço	Pessoa como recipiente do serviço.	Concentrado nos encontros de trabalho e ecossistemas, frequentemente em tempo real.	Ações em tempo real, evidência física nos canais. Ênfase no fornecimento de serviços, incluindo funções, processos e fluxograma.	Cronológica das ações.	Setores e pessoas da linha de frente, equipes internas e gerentes para melhorar um serviço existente ou debater novos.
Mapa da Jornada do Cliente	Pessoa como cliente fiel, geralmente tomando uma decisão de compra.	Geralmente desde o momento de ciência da compra até sair da empresa e retornar.	Ênfase nos estados cognitivos e emocionais da pessoa, inclusive em momentos de verdade e satisfação.	Cronológica.	Utilizado pelo marketing, vendas, gerenciamento de contas, suporte do cliente, gerentes de marca para otimizar as vendas, as relações com o cliente e o valor da marca.

Mapa da Experiência	Pessoa como um ator se comportando no contexto de uma atividade mais ampla.	Início e fim por definição, dado por uma experiência específica ou contexto.	Ênfase em comportamentos e objetivos. Geralmente inclui ações, pensamentos, sentimentos e pontos críticos.	Cronológica.	Gerente de produtos, <i>designers</i> , desenvolvedores, estrategistas. Normalmente usado para melhorias do <i>design</i> de produtos e serviços.
Diagrama do Modelo Mental	Pessoa como um ser humano que pensa e sente dentro de um certo domínio.	Quantidade de experiência por definição, desenvolve-se com dados.	Ênfase em motivações fundamentais, sentimentos e filosofia.	Hierárquica.	Usado para ganhar empatia das pessoas. Gerentes de produtos, desenvolvedores, <i>designs</i> . Informa a estratégia de produtos e serviços.

Sendo assim, pode-se concluir que cada ferramenta possui características semelhantes e ao mesmo tempo únicas. Cada uma pode ser aplicada em diferentes situações e, portanto, é preciso definir o objetivo, a estratégia por trás da aplicação e o público que será analisado para assim, selecionar a que melhor se encaixa.

2.3 ESTRATÉGIA EMPRESARIAL E INDICADORES DE RESULTADO

Segundo Morgan & Rego (2006), gestores de empresas costumam usar dados de *feedbacks* dos clientes para definir metas estratégicas e de desempenho da organização. Além disso, acreditam que os indicadores relacionados à experiência são o melhor caminho para avaliar o negócio no futuro. Dessa forma, existem diversos indicadores de resultado dos quais podem ser influenciados por um conjunto de fatores, ligados ao *feedback* e à lealdade de clientes.

2.3.1 NPS – Net Promoter Score

O *Net Promoter Score*, conhecido como NPS, é um indicador de resultado que propõe ajudar empresas a crescerem através de lucros advindos da satisfação dos clientes e assim, serve para mensurar como a mesma está criando relacionamento e gerando valor aos seus clientes. O cálculo do indicador faz-se pela diferença de percentual entre clientes detratores - que retratam a marca da empresa - e promotores - que promovem a marca da empresa (REICHHELD, 2008)

Um NPS bem avaliado assegura que os clientes voltem a fazer negócio com a organização, já que quando estão felizes e satisfeitos comentam sobre essas experiências para outros públicos e assim,

contribui para o crescimento do negócio de forma orgânica. Além disso, através desse resultado, é possível planejar onde e como investir na lealdade do cliente e calcular o retorno sobre o investimento realizado (REICHHELD, 2008).

2.3.2 CSAT – Customer Satisfaction Score

O *Customer Satisfaction Score*, conhecido como CSAT, é uma forma de medir a satisfação do cliente com uma experiência específica oferecida por uma empresa, como por exemplo: o atendimento ao cliente (SAC). De forma geral, pode-se dizer que a qualidade do serviço é equivalente ao desempenho do serviço e do produto ofertado pela organização. *Customer Satisfaction* é associado, especificamente, ao uso do produto ou com base na experiência do serviço e, portanto, representa uma fatia mais estreita da experiência do cliente (MITTAL, 2010).

Um CSAT bem avaliado assegura que os clientes estão tendo um atendimento eficiente, de qualidade e informativo, em que seus problemas realmente estão sendo resolvidos. Além disso, existe um subindicador que influencia diretamente no CSAT, que é a quantidade de chamados realizados pelos consumidores. Quanto menor o número de contatos, menor o número de problemas e conseqüentemente, maior qualidade do serviço/produto ofertado pela organização (REICHHELD, 2008).

2.3.3 Retenção de clientes

Segundo Baterson e Hoffman (2001), a retenção tem maior efeito sobre os lucros de uma empresa do que outras variáveis relacionadas às estratégias competitivas de mercado, como por exemplo: *market share*, economias de escala, entre outras. Além disso, o investimento de melhorias deve ser direcionado para o relacionamento com o cliente, uma vez que ele contribui estrategicamente com *feedbacks*, reclamações e sugestões.

A fidelidade está intimamente relacionada ao conceito de relacionamento, pois a base da fidelidade está na satisfação sustentada do cliente e é uma relação de atitude e emoção, não apenas comportamental. (BARNES, 2003). Segundo Javandein (2008) a comunicação positiva de um serviço tende a ser a explicação para a retenção de clientes.

Portanto, a retenção é uma métrica importantíssima para qualquer tipo de produto e/ou marca, tendo em vista que os clientes precisam sentir vontade em consumir e vivenciar cada vez mais as experiências proporcionadas pela empresa. Ou seja, estimular o engajamento do cliente é essencial para a marca construir receitas recorrentes com clientes satisfeitos (STEINMAN, 2017).

2.3.4 Comparativo técnico dos indicadores

A partir dos indicadores apresentados pôde-se perceber que existem diferenças em sua aplicação, bem como as fórmulas de cálculo. Dessa forma, entender suas aplicabilidades é importante para que os indicadores retornem resultados tangíveis à organização. Sendo assim, o quadro a seguir apresenta as principais métricas e seus racionais matemáticos.

Tabela 2.3.4.1.: Apresentação dos diferentes indicadores

Indicador	Objetivo	Racional Matemático
NPS	Medir o nível de indicação que a empresa tem diante dos clientes.	$NPS = \frac{:\text{PROMOTORES} - :(\text{DETRAIRES}}{\text{QUANTIDADE DE PESQUISADOS}} \times 100$
CSAT	Medir o nível de satisfação que os clientes possuem, diante de um processo (normalmente o de atendimento).	$CSAT = \frac{\sum(n^{\circ} \text{ocorrências} \times \text{nota})}{\text{Total de respostas}}$
Retenção	Medir qual a taxa de clientes que voltam a comprar na empresa durante um período determinado de tempo.	$\text{Taxa de retenção de clientes} = \frac{\left(\frac{\text{n}^{\circ} \text{ de clientes ao fim do período} - \text{n}^{\circ} \text{ de clientes adquiridos durante o período}}{\text{n}^{\circ} \text{ de clientes no começo do período}} \right) \times 100$

Sendo assim, pode-se concluir que cada indicador possui suas respectivas características. No entanto, entender o racional matemático e seu objetivo contribui para criar estratégias que vão movimentá-los.

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para construção de um estudo prático, aplicando algumas análises teóricas que foram apresentadas, foi-se necessário criar uma metodologia de procedimentos, na qual contribuiu para a organização e gerenciamento do trabalho. Assim, as macro etapas do projeto foram definidas, conforme a figura abaixo:

Figura 3.3.1: Macro etapas do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

A organização e coleta das informações nas etapas 1, 2 e 3 do estudo em questão, foram importantes para que as etapas 4 e 5 fossem executadas com maior assertividade e com base nas ferramentas evidenciadas. Dessa forma, o grande desafio foi envolver todos os *stakeholders*, uma vez que a empresa atua no ramo de *food delivery* e possui um aplicativo na qual unifica três *stakeholders*: clientes, restaurantes e entregadores.

Sendo assim, têm-se os principais objetivos de cada etapa do projeto:

- Etapa 01: identificação dos problemas com base na estrutura organizacional, a fim de desvendar o objetivo do mapeamento.
- Etapa 02: após a primeira etapa, iniciou-se um estudo analítico de dados e informações que ajudariam na construção de hipóteses de melhoria da jornada.
- Etapa 03: validação quali e quantitativa com entrevistas e formulários com os tipos de clientes da organização.
- Etapa 04: aplicação da ferramenta de mapeamento e construção da jornada com um olhar estratégico para ações que precisam ser implementadas para melhorar a experiência final.
- Etapa 05: implementação das ações e acompanhamento dos indicadores de resultado, com o objetivo de identificar o que deu certo e o que não. Assim, seria possível despriorizar algumas ações e investir naquelas que trariam maiores resultados.

4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

4.1 SITUAÇÃO PROBLEMÁTICA EVIDENCIADA

A preocupação da organização, antes do projeto desenvolvido, era em relação à proposta de valor que o serviço estava oferecendo, tanto para os clientes finais (consumidores que fazem os pedidos), quanto para os restaurantes e entregadores parceiros da plataforma e como seria possível melhorar as experiências oferecidas.

Sendo assim, para que planos de ação e estratégias de melhoria fossem criados, foi preciso desenvolver um estudo analítico que se baseasse no mapeamento de experiência e de processos envolvidos. A fim de identificar causas raízes de problemas nos pontos de contato com os *stakeholders* e que pudessem ser analisados qualitativa e quantitativamente.

Portanto, o estudo contribuiu para responder a principal questão: qual a melhor ferramenta e o melhor indicador, dentre os principais que existem, para mapear e acompanhar a experiência do cliente dentro de uma organização e gerar *insights* que contribuam para a melhoria e inovação do serviço?

4.2 APLICAÇÃO PRÁTICA DAS METODOLOGIAS E FERRAMENTAS

Para a aplicação do mapeamento da experiência do cliente como um fator competitivo de mercado, as etapas apresentadas no tópico 3.1. serão descritas a seguir.

Identificação de problemas: para início do estudo prático, foi preciso conhecer toda a estrutura da área de *Customer Experience* da empresa, com o objetivo de desvendar suas principais dificuldades.

Dessa forma, a estrutura organizacional macro possui três segmentações:

- **Atendimento:** responsável pela solução de problemas e pelo contato com empresas terceirizadas que fazem o atendimento aos *stakeholders* da empresa.
- **Projetos:** execução de projetos que visam a melhoria contínua dos processos da organização, bem como os problemas estruturais e as funcionalidades do aplicativo.
- **Estratégia:** encarregado de acompanhar toda a estrutura e as ações através de indicadores de desempenho, relacionando a experiência do cliente como fator final.

Figura 4.2.1: Estrutura macro da área de CX.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Realizado isso, para que o objetivo do projeto fosse realmente definido, era preciso que o mesmo tivesse um impacto de forma *cross*, ou seja, que ele envolvesse as três frentes relacionadas e que movimentasse os indicadores de desempenho de ambas. Sendo assim, o projeto foi definido: a dificuldade estava em identificar como melhorar a experiência dos consumidores durante a jornada de realização do pedido pelo aplicativo.

Mapeando a experiência dos consumidores ao fazer um pedido no aplicativo, era possível identificar pontos de fricção da jornada e entender, qual a melhor forma de atendimento, quais os problemas mais evidentes, quais seriam os projetos que precisavam ser realizados para melhorar essa experiência e quais indicadores poderiam ser analisados como reflexo dessas ações para que a organização atingisse um nível de satisfação e excelência cada vez maior no mercado. Portanto iniciou-se em seguida, a etapa 02.

Mapeamento de dados: com o objetivo definido, iniciou-se o mapeamento dos processos e de outras pesquisas para coletar e aproveitar informações e dados de estudos já realizados.

Sendo assim, dados de clientes foram mapeados e coletados para contribuir com a construção das etapas subsequentes, foram eles:

- Ticket médio;
- Modelo de negócio mais consumido (restaurante, mercado, farmácia e etc);
- Tipo de comida mais consumida;
- NPS por região;
- Taxa de resposta de avaliação;
- Volume de pedidos e itens por perdido;
- Horário de compra;
- *Contact Rate* e motivos de contato no atendimento.

Com base nessas informações coletadas, foi possível selecionar um grupo de clientes que tinham um comportamento frequente e assíduo na plataforma. Assim, era possível investigar a jornada de compra e identificar oportunidades para melhorar a fidelidade deles, até porque clientes que compram com maior frequência possuem um conhecimento mais apurado da experiência e conhecem bem o serviço prestado. Além do mais, era preciso estudar esse público-alvo e desenvolver uma pesquisa, na qual contribuiria para o levantamento de hipóteses (problemas) e possíveis soluções de melhoria da jornada.

Análise do público e diagnóstico: essa etapa foi o momento de questionar o público-alvo e levantar as hipóteses para ter as primeiras respostas. Essa é considerada uma das etapas mais importantes, pois, como foi apresentado anteriormente, os clientes consumidores investigados são aqueles que mais utilizam o produto e são capazes de dizer o quão bom é esse serviço/produto.

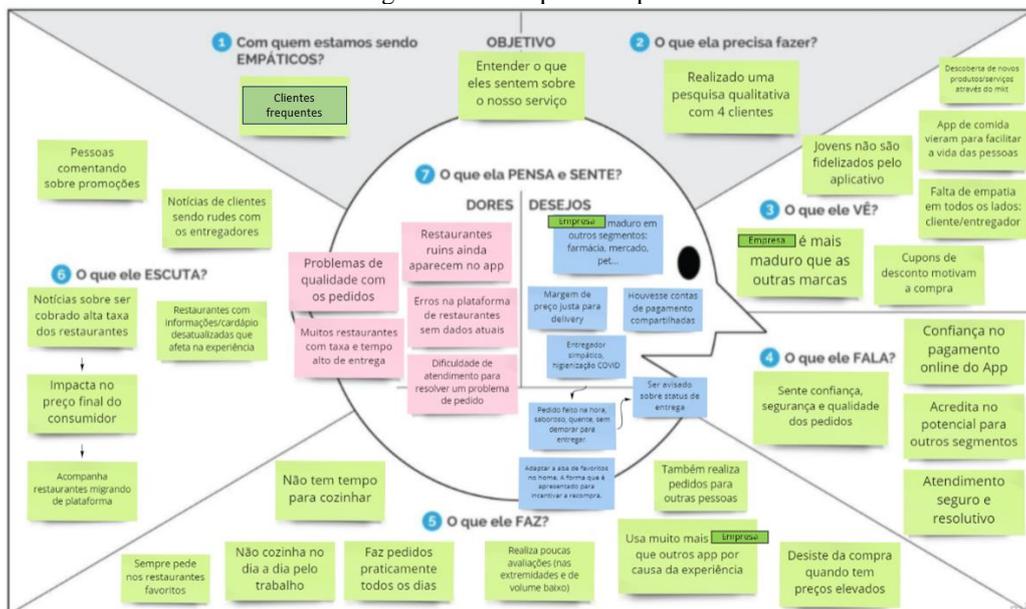
Sendo assim, foi desenvolvido um roteiro para as entrevistas com 4 clientes. O roteiro em questão permitiu que o entrevistador questionasse sobre: hábitos de consumo, dificuldades técnicas de realizar um pedido, motivos de satisfação e insatisfação e o mais importante, o desenho da jornada de pedido pela perspectiva do cliente.

Ou seja, foi solicitado aos clientes que descrevessem passo a passo (como se fosse um fluxograma de mapeamento) as etapas que ele fazia ao pedir sua comida favorita e com isso, ele abria o aplicativo e descrevia como era o processo. Essa questão influenciou diretamente para o desenvolvimento das etapas “macros” da jornada do pedido, que serão explicadas na próxima etapa.

Além disso, após realizar as 4 entrevistas, foi desenvolvido a ferramenta do mapa de empatia (tópico 2.2.2.), na qual teve por objetivo captar os principais sentimentos e opiniões que os clientes

possuíam pela marca. No mapa da figura 4.2.2, são analisadas as percepções externas, internas e sentimentos pessoais relacionados à organização como um todo.

Figura 4.2.2: Mapa de empatia



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Após a construção do mapeamento de empatia pela entrevista qualitativa, algumas perguntas foram respondidas com os principais insumos aprendidos em cada tópico:

1. O que o cliente vê?
 - a. A organização possui uma marca muito madura no mercado de *food delivery*;
 - b. Novos serviços e produtos são descobertos através de um *marketing* forte.
2. O que ele fala?
 - a. Que possui confiança com as questões de segurança de dados que o aplicativo proporciona, principalmente para pagamento online.
3. O que ele faz?
 - a. Sempre pede naqueles restaurantes que já conhecem e que são favoritos;
 - b. Realiza poucas avaliações de feedback sobre o pedido.
4. O que ele escuta?
 - a. Notícias nas redes sociais sobre a empresa que impactam no preço do pedido.

Com essas informações em mãos, além de outras respostas adquiridas com as perguntas do roteiro, seria possível iniciar a construção da jornada do pedido. No entanto, com o objetivo de deixar o público analisado ainda mais consistente e objetivo, foi justificável a definição de um arquétipo (tópico 2.2.2).

Dessa forma, para representar o grupo de clientes analisados, o arquétipo definido foi: “O Governante”. Essa personificação representa aquelas pessoas que sentem a necessidade de estar no controle da situação, que gostam de liderar e de estar no poder. Ou seja, são as pessoas que pedem comida para toda a família, sempre com o objetivo de agradar e satisfazer a todos.

Além disso, esse grupo procura por estabilidade financeira e de tempo, qualidade nos produtos que consomem, garantia de entrega, confiança no serviço e na utilização dos dados e por fim, personalização dos produtos para que eles se sintam clientes especiais. Ou seja, essa personificação ajudou na construção dos planos de ação para melhorar a experiência de consumo.

Depois dessa construção para consumidor final, foi realizado o mesmo para os outros *stakeholders* da empresa: restaurantes e entregadores. Sendo assim, os mesmos procedimentos foram repetidos, as entrevistas foram realizadas, o mapa de empatia construído e por fim, a definição do arquétipo (figura 4.2.3).

Figura 4.2.3: Arquétipos de cada *stakeholder*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Assim como o arquétipo de governante foi definido com suas respectivas características, as outras personificações tiveram as mesmas definições:

- O Cuidador (Restaurantes): representa aquela pessoa que sente a necessidade de estar no controle da operação do trabalho, para que tudo saia perfeito para o consumidor. Ela gosta de cuidar, dar atenção, tratar cada um como se fosse único e especial e não mede esforços em fazer tudo o que for possível para ver um cliente feliz e satisfeito.
- A Pessoa Comum (Entregadores): representa aquela pessoa que mantém conexões com todos os grupos sociais, ou seja, todos os tipos de clientes e restaurantes dos diferentes perfis. Além disso, possui simplicidade no seu discurso e na sua postura e assim, valoriza o ambiente em que está inserido e o seu trabalho.

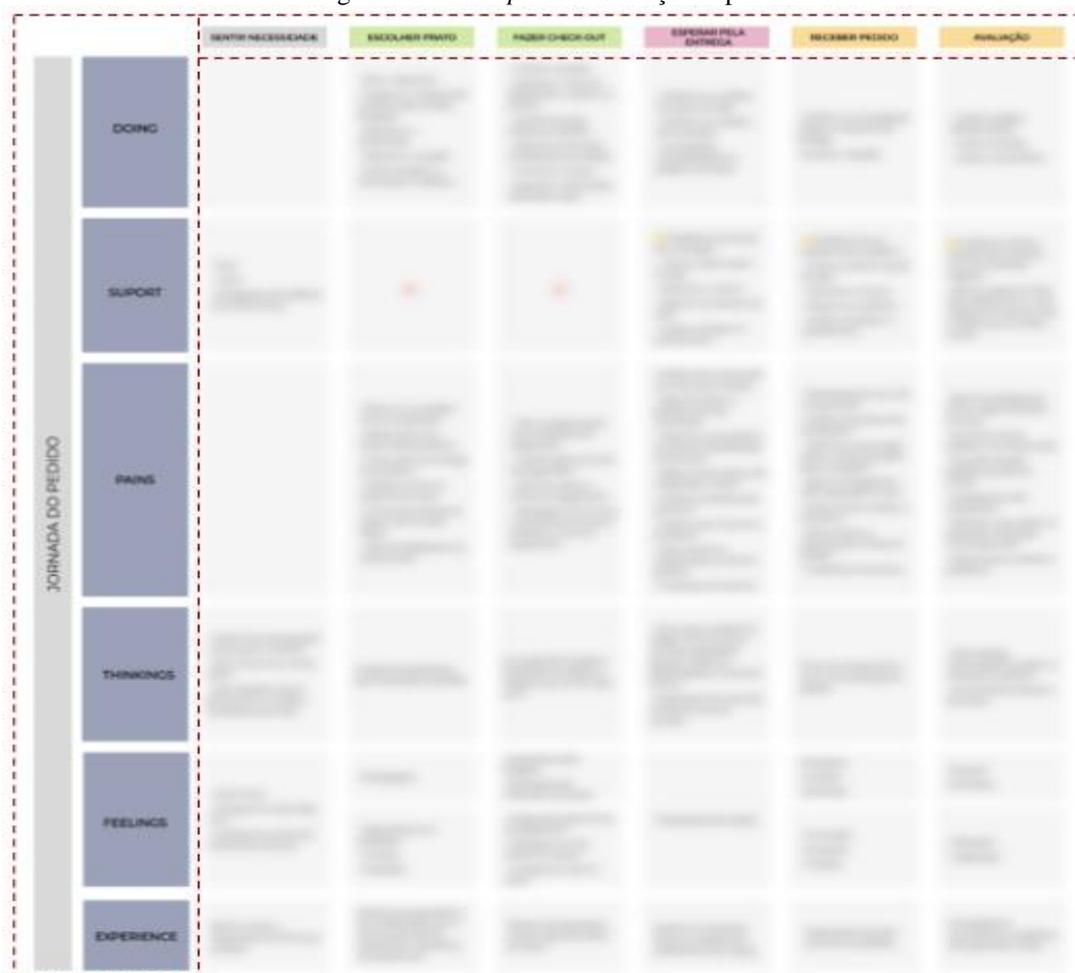
Construção da jornada: na etapa de construção, foram analisadas diversas ferramentas de mapeamento, a fim de compilar e utilizar todas as informações que foram coletadas, juntamente com as análises, para finalmente construir a jornada do pedido e identificar pontos de atuação para a melhoria da experiência.

Com base na Tabela 2.2.7.1: Comparação dos diferentes diagramas, as características de cada ferramenta representam o porquê aplicá-las e em qual momento. Dessa forma, a que melhor representa o mapeamento para a finalidade do projeto é o diagrama *blueprint de serviço*.

Primeiramente, essa ferramenta foi escolhida para analisar a experiência do usuário (cliente) como pessoa física que utiliza do serviço que está sendo oferecido, ou seja, a plataforma de *delivery*. Além disso, o foco da utilização desse mapeamento é exatamente os processos, os pontos de contato e as interações que podem ser mapeadas, desde sentimentos e sensações até possíveis oportunidades de melhoria e gargalos.

Sendo assim, as macro etapas (conhecidas processos operacionais do serviço ou evidências físicas) foram determinadas e separadas em 6 estágios: sentir necessidade, escolher prato, fazer *check-out*, esperar pela entrega, receber pedido e avaliar o pedido. Além disso, para construir a matriz, foram analisadas as ações dos clientes (*doing*), processos de suporte (*support*), dores e dificuldades (*pains*), pensamentos (*thinkings*), sentimentos (*feelings*) e experiência gerada pela perspectiva do cliente (*experience*), como mostra na figura abaixo:

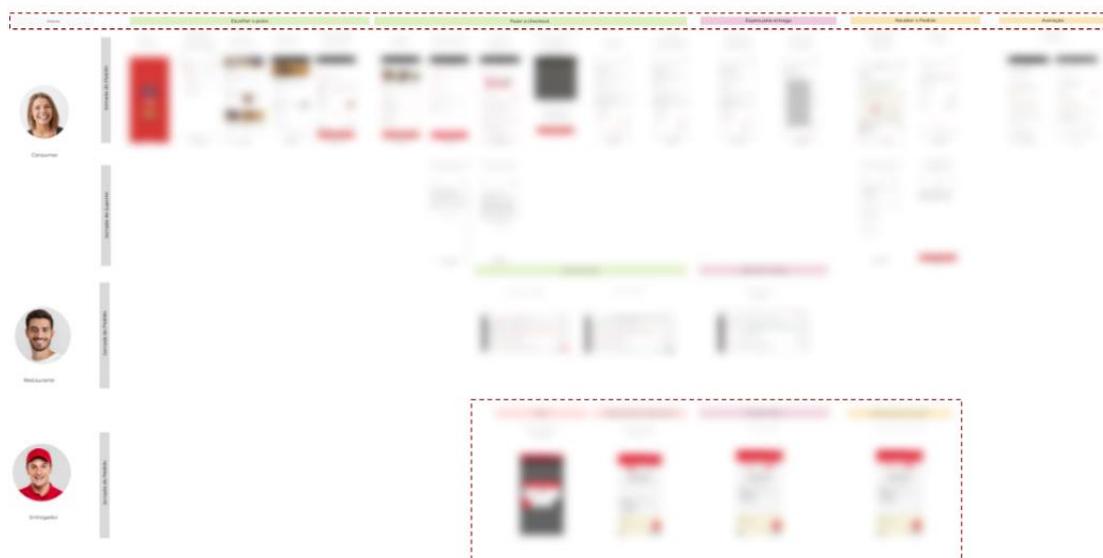
Figura 4.2.4: *Blueprint* de Serviço adaptado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Além disso, também foi construído um mapa da jornada do cliente adaptado, para que a visualização do processo ficasse mais clara e objetiva. Para realizar essa etapa, foi necessário desenvolver o mapeamento dos processos de utilização dos aplicativos e sistemas (utilizados por entregadores, clientes e restaurantes), com o objetivo de entender como eles se relacionam com os estágios construídos na ferramenta de *blueprint*. Assim, foi possível construir o mapa de forma visual com prints de tela, como mostra a imagem a seguir:

Figura 4.2.5: Mapa de Jornada adaptado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2021.

Dessa forma, com os dois mapas construídos foi possível identificar problemas na experiência negativa que o serviço estava proporcionando aos clientes, bem como o impacto perceptível que os *stakeholders* sentiam em sua jornada de relação com a marca. Sendo assim, para concluir a etapa de análise e diagnóstico, foi realizada uma pesquisa quantitativa a fim de validar hipóteses de dores e oportunidades de melhoria a nível escalável.

Com uma confiabilidade de 90% e uma margem de erro de 5%, a pesquisa em questão (realizada nesse momento somente com consumidores) conteve 354 respostas. Nela, foram realizadas 7 perguntas que se relacionavam com as variáveis de “dores” identificadas e as oportunidades de melhoria, sendo a maioria relacionada com os estágios criados nas etapas macros da jornada do cliente. Sendo assim, na pesquisa, foram questionadas sobre as seguintes variáveis:

- Esforço na utilização do aplicativo em cada etapa da jornada;
- Grau de satisfação e dificuldades que eram encontradas em diferentes cenários;
- Critérios de escolha de um pedido, restaurante e de utilização do próprio aplicativo;
- Relacionamento com o suporte e com o *feedback* da experiência.

Assim, foi possível validar estatisticamente, com base na voz dos clientes, as oportunidades de melhoria dos processos e do aplicativo para proporcionar uma experiência mais positiva e assertiva. Com isso, iniciou-se a etapa de criação e desenvolvimento dos planos de ação, bem como a priorização dos mesmos para implementação e acompanhamento.

Implementação de resultados: nessa etapa foi identificada as oportunidades de melhoria e analisados os principais indicadores de resultado, com o objetivo de metrificar e correlacionar a experiência do cliente com os desejos do consumidor.

Sendo assim, com base nas análises construídas até então, foram priorizadas oportunidades dentro das etapas: de escolha do prato, avaliação e suporte, por serem as etapas mais críticas para a experiência do cliente e de curto prazo e alto resultado. Além disso, os indicadores de desempenho foram mapeados (além dos indicadores principais gerais, como: NPS, CSAT e retenção de clientes) com base em cada etapa, como por exemplo:

1. Etapa: Escolha do pedido
 - a. Porcentagem de clientes que fazem pedidos nos mesmos restaurantes;
 - b. Tempo de permanência de um usuário para escolher um pedido;
 - c. Utilização de abas do aplicativo (aba de favorito);
2. Etapa: Avaliação
 - a. Taxa de resposta das avaliações dos pedidos;
 - b. Nota média de satisfação do pedido;
 - c. Taxa de resposta das avaliações das entregas.
3. Etapa: Suporte
 - a. Principais motivos de contato dos clientes;
 - b. Percentual dos motivos de contato;
 - c. Tipos de restaurantes que tinham mais chamados clientes.

Portanto, foi possível construir melhorias baseadas na construção da jornada do cliente, dos indicadores de desempenho analisados e, principalmente, pela voz do cliente - com as entrevistas e as pesquisas realizadas. Assim, foi necessário tangibilizar uma estratégia direcionada e aplicá-la de forma rápida para que trouxessem grandes resultados.

Dentre os benefícios adquiridos ao aplicar o mapeamento da experiência do cliente, bem como sua jornada, dentro de uma organização, um deles é contribuir para que a empresa tenha estratégias direcionadas para o público-alvo em questão, a fim de oferecer produtos e serviços únicos, memoráveis e de ótima qualidade.

Com base nisso, as principais vantagens competitivas estão diretamente relacionadas com o aumento da retenção, fidelização e recomendação por parte dos clientes satisfeitos; Apoio na tomada

de decisões estratégicas que agregam valor ao público consumidor e com isso, melhoria no direcionamento de investimentos e no retorno; posicionamento da marca frente às redes sociais, com campanhas que sejam direcionadas e assertivas, juntamente com o engajamento nos meios de comunicação. E por fim, com uma experiência mais positiva, há o aumento de clientes indicando a empresa para outras pessoas e com isso, o volume de pedidos e o faturamento aumentam significativamente.

No projeto apresentado, o principal indicador qualitativo foi disseminar a história do mapeamento da jornada entre as áreas da empresa, para que todos utilizassem os insumos dentro das ações cotidianas, pensando sempre no impacto que uma mudança causaria nos *stakeholders* envolvidos. Por outro lado, os indicadores numéricos também tiveram resultados positivos, uma vez que o mapeamento direcionou inúmeros planos de ação dentro da jornada e que tiveram impacto no crescimento do NPS (obtido mais clientes promotores da marca), de retenção (fazendo com que a fidelização aumentasse) e nos indicadores de desempenho separados por etapas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existem inúmeras ferramentas, metodologias, conceitos e indicadores que possibilitam mapear e identificar qual a experiência que uma empresa está proporcionando aos clientes. Algumas delas, as principais, foram descritas neste trabalho com o objetivo de apresentar seus principais benefícios e razões para serem utilizadas.

Dessa forma, pode-se concluir que a melhor ferramenta e/ou o melhor indicador que mapeia e mensura a experiência do cliente é aquele que melhor se adequa às necessidades da organização. Ou seja, é preciso entender qual o principal objetivo que a empresa quer interpretar com a aplicação destes conceitos e assim, escolher aqueles que mais ajudam a responder questões estratégicas. No entanto, para o estudo de caso apresentado, a melhor ferramenta considerada foi o blueprint de serviço (devido à relação entre jornada e processo) e os melhores indicadores foram NPS, CSAT e retenção (devido aos resultados com a sua utilização).

Além disso, a experiência do consumidor pode e deve ser analisada por qualquer tipo de instituição: pública, privada, sem fins lucrativos, entre outras. Assim, a mesma precisa entender os conceitos para que as conclusões da aplicação proporcionem planos de ação que melhorarão indicadores de desempenho.

A experiência do cliente, quando analisada de forma frequente, proporciona inúmeros benefícios qualitativos e quantitativos. Ou seja, ouvir o cliente e entender quais são suas reais necessidades para um serviço/produto de qualidade é a forma mais assertiva de descobrir o que o mercado consumidor precisa. Quando essas informações são correlacionadas com os indicadores

numéricos, fica ainda mais assertivo. Por fim, a engenharia de produção que cuida das estratégias de processos, produtos e serviços em geral das organizações, também contribui para essa estratégia de experiência, uma vez que quando estão correlacionadas podem agregar valor no que é ofertado ao cliente final.

REFERÊNCIAS

- Barnes, g. James. Segredos da gestão pelo relacionamento com os clientes: crm. Rio de janeiro: qualimark, 2002
- Baterson, john; hoffman, k. Douglas. Marketing de serviços. Porto alegre: bookman, 2001.
- Fitzsimmons, j. A.; fitzsimmons, m. J. Administração de serviços. Operações, estratégia e tecnologia de informação. 2.ed. Bookman, porto alegre, 2000.
- Javadein. S., khanlari, a. & estiri, m. (2008). Customer loyalty in the sport services industry: the role of service quality, customer satisfaction, commitment and trust. International journal of human sciences, 5 (2).
- Kalback, jim. Mapeamento de experiência: um guia prático para criar valor por meio de jornadas, blueprints e diagramas. 1ª edição revista. Ed. Rev. [s. L.]: alta books, 2017.
- Kotler, philip; kartajaya,hermawan; setiawan, iwan. Marketing 4.0: do tradicional ao digital. Sextante, 2017
- Kramer, bryan. Human to human: #h2h, 2014.
- Lacerda, bruno. Conte histórias, mas seja verdadeiro. Disponível em: www.implantandomarketing.com/conte-historias-mas-seja-verdadeiro. Acesso em: 10 de outubro de 2021.
- Mariotto l., Fábio. O conceito de competitividade da empresa: uma análise crítica. Revista administração de empresas: são paulo, 1991.
- Mittal, vikas and carly frennea. 2010: “customer satisfaction: a strategic review and guidelines for managers”. Published by marketing science institute (msi), massachussets.
- Morgan, neil a. And lopo leotte rego. 2006. “the value of different customer satisfaction and loyalty metrics in predicting business performance.” Marketing science 25(5):426–39
- Pereira, daniel. Mapa de empatia: o que é. O analista de modelos de negócios. [s.i], 2017.
- Reichheld, fred. A pergunta definitiva 2.0: como as empresas que implementam o net promoter score prosperam em um mundo voltado aos clientes. 1ª edição revista. Ed. [s. L.]: alta books, 2017.
- Shaw, colin. The dna of customer experience: how emotions drive value (palgrave macmillan, 2007)
- Steinman, dan et al. Customer success: como as empresas inovadoras descobriram que a melhor forma de aumentar a receita é garantir o sucesso dos clientes. 1ª edição revista. Ed. Rev. [s. L.]: autêntica business, 2017.
- Zenone, luiz: “marketing estratégico e competitividade empresarial”. Novatec editora ltda, maio/2007.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-010>

Luiz Fernando Pinto de Oliveira

Mestrado em Engenharia Elétrica pela Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC/UNICAMP

Instituição: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

E-mail: luizoliveira@ieee.org

Gabriel Ayres de Oliveira

Bacharel em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Instituição: Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP

E-mail: g234619@dac.unicamp.br

Flávio José de Oliveira Morais

Doutorado em Engenharia Elétrica na Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação – FEEC/UNICAMP

Instituição: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP

E-mail: flavio.morais@unesp.br

RESUMO

Atualmente, o mundo avança rapidamente na quarta revolução industrial, que tem como foco o desenvolvimento de sistemas ciberfísicos. Quando se busca atingir requisitos de consumo ultrabaixo em aplicações envolvendo dispositivos autoalimentados de Internet das Coisas (IoT) em cenários semiestruturados, não apenas as técnicas de captação de energia devem ser bem especificadas, mas também a própria Rede de Sensores Sem Fio (WSN). As características elétricas de cada módulo de comunicação devem ser não apenas conhecidas, mas também eficientes em geral, maximizando assim a autonomia do dispositivo IoT. Nesse sentido, este trabalho busca realizar um estudo em termos de eficiência energética de dispositivos IoT autossustentáveis no contexto de redes de comunicação sem fio.

Palavras-chave: Energy harvesting, Ultra-low power systems, Internet of Things.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, com o barateamento contínuo de soluções integradas que embarcam microcontroladores e rádios wireless, uma gama de diferentes dispositivos inteligentes que se conectam à internet vem sendo introduzida de maneira crescente. O custo baixo desses dispositivos permite que diversas aplicações, tanto domésticas quando industriais, se beneficiem de sua flexibilidade. Visto que estes dispositivos estão munidos de diversos sensores, sua conexão constante permite que uma análise de dados possa ser feita em tempo real. Uma de suas aplicações está em soluções de baixo consumo, onde os dispositivos se mantêm conectados por longos períodos de tempo às suas redes, alimentados por baterias. Nesse trabalho explora-se então a maximização da longevidade deste tipo de sistema, analisando não somente técnicas de captura de energia (energy harvesting) e armazenamento de energia, como também o consumo de algumas tecnologias comuns utilizadas para Internet das Coisas (Internet of Things - IoT).

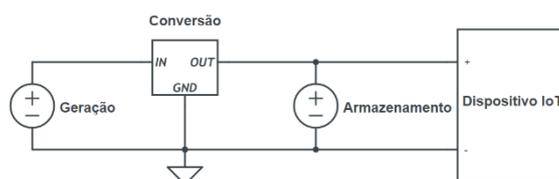
Esse trabalho está dividido da seguinte forma, na Seção II são expostas diferentes partes da colheita de energia, incluindo sua geração, armazenamento e conversão. Na Seção III são descritos os principais tipos de geradores de energia elétrica utilizados em sistemas de colheita de energia. Na

Seção IV serão introduzidas as diferentes tecnologias de rede sem fio voltadas para redes de IoT, sendo elas: Wi-SUN, Bluetooth Low Energy (BLE), LoRa e ZigBee. A Seção V apresenta a análise energética de cada uma dessas redes sem fio, e na Seção VI realizam-se as suas respectivas comparações, apresentando-se as principais conclusões na Seção VII.

2 SISTEMAS DE COLHEITA DE ENERGIA

Devido aos desenvolvimentos tecnológicos e à implementação de redes em toda a indústria, a IoT alcançou a todos. De forma a garantir que a longevidade planejada para as próximas décadas se realize, os sensores atuais precisarão ser cada vez menores, mais precisos e acurados, podendo ser aplicados em ambientes cada vez mais diversos. A diversidade, porém, também engloba cenários onde a energia necessária não pode ser fornecida por cabos para alimentar esses sensores e seus sistemas associados. Conforme ilustrado na Figura 1, um sistema de colheita de energia pode ser compreendido por meio da junção de três subsistemas: os geradores de energia elétrica, os circuitos conversores de tensão elétrica e os sistemas de armazenamento de energia elétrica.

Figura 1. Sistema de colheita de energia.



As subseções seguintes abordarão cada um desses subsistemas, destacando sua utilização em aplicação de IoT de ultrabaixo consumo energético.

3 GERADORES DE ENERGIA ELÉTRICA

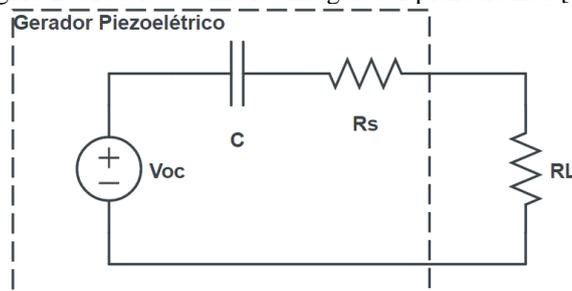
Sistemas de colheita de energia são sistemas que realizam a conversão da energia já disponível no cenário da aplicação (que se apresenta em suas diversas formas) em energia elétrica. As energias luminosa, térmica e mecânica são as principais fontes de energia comumente encontradas em cenários industriais, caracterizados por serem ambientes semiestruturados, com iluminação artificial gerada por lâmpadas além de calor e vibração gerados por máquinas elétricas. De acordo com [1]-[3], a seleção dos painéis fotovoltaicos (Photovoltaic - PV) mais adequados para os sistemas de colheita de energia em ambiente industrial está diretamente relacionada ao tipo de iluminação artificial utilizada. Por outro lado, conforme [4], os geradores termoelétricos (Thermoelectric Generator - TEG) independem das condições de iluminação locais, mas são fortemente dependentes da diferença de temperatura aplicada em suas extremidades. Mesmo que um determinado gerador seja capaz de fornecer energia elétrica

para um dispositivo, este, por sua vez, deve ser capaz de permanecer em operação mesmo em períodos de indisponibilidade de geração de energia elétrica. Nesse sentido, o desenvolvimento de sistemas de colheita de energia híbridos torna-se desejáveis, pois conforme descrito em [5], [6], essa técnica contribui não só para aumentar a disponibilidade da fonte de energia, mas também para reduzir o tempo de carga de dispositivos de armazenamento de energia.

3.1 GERADORES PIEZOELÉTRICOS

O desenvolvimento tecnológico para coletores de energia muitas vezes visa aumentar a potência produzida e estender a banda de frequência do sistema. Dentre as principais propostas de coletores de energia vibracional destacam-se os piezoelétricos, cujos dispositivos piezoelétricos atingiram um faturamento global de US\$ 37 bilhões em 2017 [7]. Portanto, os Coletores Piezoelétricos de Energia Vibracional (PVEH) podem resolver problemas de suprimento de energia de aplicações que possuem uma determinada frequência de vibração, como por exemplo em vagões de carga, relativos a sensores de baixo consumo [8], devido a alguns fatores como o mecanismo de conversão direta, flexibilidade em termos de configurações possíveis, fácil miniaturização [9], grande densidade de energia [10], e a alta tensão de saída quando sob estresse mecânico [11]. A Figura 2 exibe uma modelagem real de um gerador piezoelétrico.

Figura 2. Modelo de um sistema gerador piezoelétrico [12].

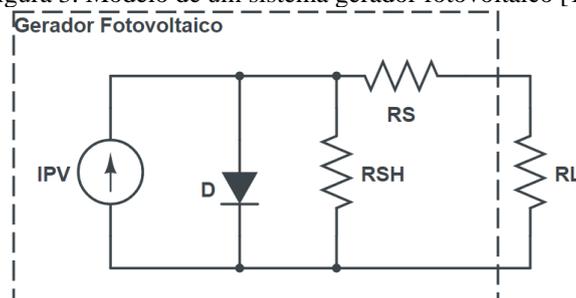


Conforme observado na Figura 2, a tensão de circuito aberto (V_{oc}) é a tensão gerada pelo sistema piezoelétrico quando este está sob estresse mecânico. Já a capacitância (C) é específica para cada material (semicondutores) e geometria do gerador, porém seu valor é fundamental para se conhecer a frequência de ressonância do gerador. Por fim, a resistência série (R_s) representa a resistência elétrica interna ao gerador, informação essencial para se escolher o melhor conversor CC-CC para um determinado gerador piezoelétrico. Em suma, os geradores piezoelétricos possuem grandes valores de V_{oc} , porém a frequência de vibração do sistema deve ser próxima à frequência natural do gerador para que haja máxima transferência de potência.

3.2 GERADORES FOTOVOLTAICOS

Os painéis fotovoltaicos realizam a transformação da energia contida em fótons, provenientes de fontes de luz, em energia elétrica. Como vantagens dos painéis fotovoltaicos destacam-se a simplicidade da estrutura física do gerador (não possuem partes móveis, material composto de elementos semicondutores) e versatilidade (pode ser de fabricado de diferentes formas e tamanhos). Como desvantagens do sistema tem-se: estrutura frágil, baixa eficiência e não possui geração de energia durante os períodos noturnos. A Figura 3 exibe uma modelagem real de um gerador fotovoltaico.

Figura 3. Modelo de um sistema gerador fotovoltaico [13].



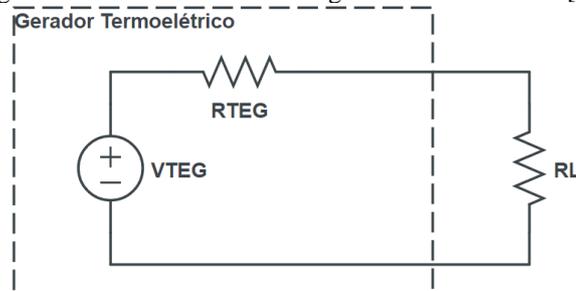
Basicamente existem dois tipos de cenários de aplicação de painéis fotovoltaicos: indoor e outdoor. Em ambientes internos (indoor) a iluminação é feita de forma artificial, com baixa potência luminosa, quando comparado com a iluminação natural (outdoor, proveniente do sol). Os geradores PV são constituídos de diodos semicondutores, cujas junções PN são expostas para receber a injeção de fótons e, assim, induzir a geração de corrente elétrica. Por esse motivo, a Figura 3 exibe uma fonte de corrente (IPV) com um diodo em paralelo. Já as resistências RSH e RS são as resistências de folha (dependente de parâmetros da física do estado sólido) e a resistência série do gerador. Diferentemente dos geradores piezoelétricos, os geradores fotovoltaicos possuem um baixo valor de V_{oc} e a corrente IPV é fortemente dependente do tipo de fonte de luz existente no cenário da aplicação.

3.3 GERADORES TERMOELÉTRICOS

Outra alternativa comumente encontrada na literatura está em utilizar células termoelétricas. Tais células transformam o gradiente de temperatura existente entre estruturas semicondutoras conectadas em série eletricamente e em paralelo termicamente, em energia elétrica. Diferentemente dos painéis fotovoltaicos, os geradores termoelétricos TEG podem operar de dia e/ou de noite desde que haja uma diferença de temperatura entre as suas duas superfícies de contato. A diferença de temperatura entre as junções PN induzem a geração de corrente elétrica por difusão de portadores. Porém, como desvantagens do sistema tem-se: sua estrutura é muito frágil, além de não ser capaz de

operar em locais com valores extremos de temperatura (climas desérticos e/ou de altitude), isto é, onde não há diferença de temperatura em nenhum local da aplicação. A Figura 4 exibe uma modelagem real de um gerador termoelétrico.

Figura 4. Modelo de um sistema gerador termoelétrico [14].



De acordo com a Figura 4, um TEG pode ser modelado como uma tensão de circuito aberto de V_{TEG} volts e uma resistência série interna de R_{TEG} ohms. Quanto maior for a diferença de temperatura entre as faces de um TEG, maior será sua V_{TEG} . Baseando-se na lei de Fourier da termodinâmica da condução de calor por contato, quanto maior for a área de contato entre o TEG e o material em que ele se encontra fixado e, quanto menor for a espessura deste material, maior será o fluxo de calor que percorrerá as faces do TEG. Porém, diferentemente dos geradores anteriormente descritos, os TEGs possuem os menores valores de V_{oc} , informação de grande relevância para a correta escolha de um conversor CC-CC.

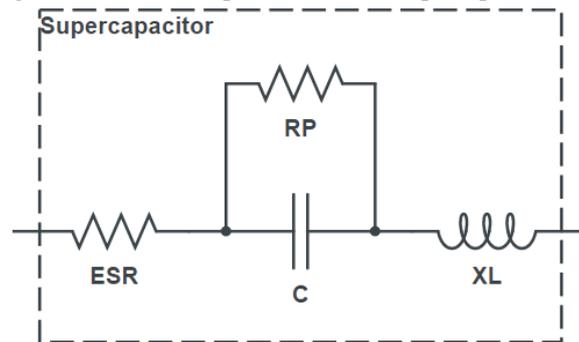
3.4 SISTEMAS DE ARMAZENAMENTO DE ENERGIA

O uso de baterias, no passado, já foi a escolha mais comum para atuar como sistemas portáteis de alimentação associados a sensores, porém pilhas e baterias necessitam ser recarregadas e/ou substituídas periodicamente devido a capacidade de carga limitada. Tais características aumentam os custos de manutenção, principalmente se o dispositivo estiver constantemente ativo e/ou localizado em posições de difícil acesso [15]. Embora as baterias ainda sejam os dispositivos de armazenamento de energia comumente encontrados, elas não são a solução mais adequada para as aplicações envolvendo circuitos de ultrabaixo consumo alimentados por sistemas de colheita de energia. Isto porque, dependendo do tipo da tecnologia utilizada, as baterias podem explodir e causar incêndios em casos de sobretensão de alimentação e/ou sobretemperatura de armazenamento, o que pode ser extremamente perigoso caso sejam utilizadas em indústrias de materiais perigosos ou inflamáveis.

Os chamados supercapacitores, também chamados de ultra capacitores ou capacitores de dupla camada, por outro lado, podem ser recarregados. Além disso, possuem também alta capacidade de armazenamento de energia, baixa autodescarga, sendo também dispositivos inerentemente mais

seguros devido à sua construção. Seus eletrodos e dielétrico são baseados em carbono ativado, material que possibilita uma grande área de superfície com uma espessura muito pequena, quando submetido a um campo elétrico devido sua alta porosidade [16]. A sua principal vantagem em relação as baterias é sua capacidade de suportar picos de descargas com grandes quantidades de energia. Em contrapartida, possuem desvantagem em relação as baterias por ter o custo mais elevado [17]. A Figura 5 exibe um modelo simplificado de um supercapacitor.

Figura 5. Modelo simplificado de um supercapacitor [17].



Aplicações que utilizam transmissão a rádio, que são exemplos de aplicações pulsadas, são impactadas negativamente pelo valor da resistência equivalente série (ESR) presentes nos supercapacitores, pois a energia é dissipada por efeito joule. O valor da capacitância (C) determina a quantidade de carga elétrica que este armazenará após um ciclo de carga completo. Este valor deve ser projetado considerando os intervalos de máximo consumo de energia (como os períodos de transmissão/recepção de dados por módulos de RF) do sistema, bem como os possíveis intervalos de ausência de geração de energia elétrica pelo elemento coletor. Dessa forma, ao especificar os valores de capacitância (C), ESR, autodescarga (RP) e tensão máxima suportada pelo supercapacitor, finaliza-se o circuito eletrônico de colheita de energia.

3.5 CONVERSORES CC-CC

Independentemente do tipo de gerador de energia adotado, os sistemas de colheita de energia possuem um circuito eletrônico mínimo, normalmente baseado em um conversor CC-CC, que realiza a gestão de energia elétrica gerada. Portanto, para além de se regular os níveis de tensão gerados, os circuitos eletrônicos conversores de tensão são responsáveis por realizar o controle de energia entre o elemento coletor e o de armazenamento de energia. Dessa forma, os conversores de tensão CC-CC são comumente utilizados no processo de ajuste dos níveis variantes de tensão de entrada (fornecida pelo gerador de energia) para níveis fixos de tensão de saída (para a carga e/ou elemento de armazenamento de energia).

Existem diversos Circuitos Integrados (CIs) conversores CC-CC off-the-shelf, entretanto, cada qual possui requisitos de operação adequados para diferentes aplicações de coleta de energia. Como exemplo, destacam-se o CI LTC3108 projetado para operar com geradores termoelétricos, o CI BQ25505 para geradores fotovoltaicos, o CI LTC3588 para geradores piezoelétricos e o CI AEM30940 para geradores via Radiofrequência (RF).

A tensão de entrada mínima de um conversor deve ser alcançada para que o mesmo seja capaz de realizar a rotina de ajuste da tensão a ser controlada. Embora o coletor de energia seja capaz de fornecer a tensão de entrada mínima para o conversor CC-CC, uma vez que este CI é alimentado pelo próprio coletor, a primeira vez em que o CI for alimentado deve-se fornecer uma tensão de entrada mínima para que ele inicialize o seu circuito eletrônico interno. Devido a este processo ser comum a todos CIs conversores CC-CC, ele é comumente chamado de partida fria (cold start). O processo de partida fria dos conversores CC-CC não deve ser desprezado, uma vez que nesse instante os níveis de tensão de entrada mínima para sair da fria normalmente são maiores do que os níveis de tensão de entrada mínima quando o CI já está ativo. Logo, o elemento coletor deve ser capaz não só de operar na faixa de tensão de entrada do conversor CC-CC, mas também deve ser capaz de fornecer um sinal de tensão maior do que a tensão de entrada de partida fria do conversor. Por exemplo, o CI AEM10900 (projetado para operar com geradores fotovoltaicos) apesar de possuir uma tensão de entrada que opera na faixa de 50 mV a 5 V, necessita de uma tensão mínima de 380 mV para sair da etapa de partida fria.

Os limites de potência de entrada dos conversores CC-CC também devem ser atendidos, pois caso a potência de entrada seja inferior ao mínimo exigido, mesmo que o coletor forneça a tensão de entrada dentro dos limites, o conversor não irá operar. De igual forma, caso a potência de entrada seja superior à máxima potência permitida, os conversores CC-CC realizam a desconexão elétrica automaticamente para proteger o circuito contra sobretemperatura.

A impedância da fonte coletora de energia deve coincidir ou aproximar-se da impedância de entrada do conversor CC-CC, para que ocorra o casamento de impedâncias, isto é, haja a máxima eficiência na conversão. Mesmo cumprindo as especificações de operação do conversor CC-CC, a eficiência de conversão de energia deste pode impactar no desempenho geral de colheita de energia. Logo, a eficiência de conversão do CI CC-CC torna-se outro parâmetro relevante a ser considerado. À saber, a eficiência de conversão do CI LTC3108 atinge no máximo 60 %, por outro lado, o CI BQ25505 pode alcançar uma eficiência maior do que 90 %, dentro de certos limites. Visto que os geradores anteriormente descritos são diretamente impactados pelo nível de disponibilidade de energia (vibracional, luminosa e/ou térmica) presente no cenário, deve-se optar por conversores CC-CC que implementem o algoritmo que traça o ponto de máxima transferência de potência (Maximum Power Point Tracking - MPPT) continuamente. Dessa forma, o desempenho do sistema de colheita de energia

tem potencial de permanecer constante mesmo que o elemento coletor de energia não opere em sua melhor condição de operação.

Por se tratar de um circuito ativo, os CIs conversores CC-CC drenam uma corrente elétrica constante para operarem conforme o projetado, conhecida como corrente quiescente. A corrente quiescente dos componentes que constituem o conversor CC-CC deve ser contabilizada, de modo que a sua magnitude não inviabilize o fornecimento de corrente para os demais circuitos do sistema. Como exemplo, o CI MP3414 possui uma corrente quiescente de 35 μA , por outro lado, o CI BQ25505 consome cerca de 325 nA, ou seja, drena cerca de 107 vezes menos corrente elétrica.

Embora seja desenvolvido um circuito eletrônico de colheita de energia que opere dentro das especificações ótimas do coletor de energia, conversor CC-CC e do supercapacitor, todos os demais componentes eletrônicos constituintes da aplicação a ser desenvolvida também devem ser especificados para operarem no modo de ultrabaixo consumo. Os dispositivos eletrônicos desenvolvidos para as aplicações em IoT possuem características como: possuem baixo poder de processamento e memória disponíveis, dimensões reduzidas, leves, baixo consumo e baixo custo. Assim, em se tratando de uma aplicação em IoT que possui um sistema microcontrolado como sendo a sua unidade de processamento de dados sensoriais central, este deve possuir um período de modo ativo o mínimo possível. Para alcançar a maior taxa de execução das instruções, o microcontrolador deve operar em sua máxima frequência de relógio e, imediatamente após finalizar suas rotinas, deve entrar no seu modo de menor consumo de corrente elétrica, conhecido como modo deep sleep. Neste caso, o firmware implementado deve ser energeticamente eficiente, isto é, consumir o menor número de ciclos de relógio, mantendo a mesma funcionalidade.

Atuando como elemento de comunicação entre os dispositivos microcontrolados, os módulos de RF são os elementos que consomem a maior quantidade de energia das aplicações envolvendo circuitos de ultrabaixo consumo alimentados por sistemas de colheita de energia. O tipo do protocolo de comunicação serial estabelecido entre o microcontrolador e módulo de RF também pode impactar no consumo energético. De acordo com [18], o protocolo de comunicação serial Serial Peripheral Interface (SPI), consome menos energia do que o Inter-Integrated Circuit (I2C) e o Universal Asynchronous Receiver/Transmitter (UART) [18]. Uma técnica de redução de consumo de energia dos dispositivos que não estão sendo utilizado no momento consiste em remover a alimentação dos mesmos. Dessa forma, apenas quando for utilizar determinado CI ou módulo de RF, que se fornecem as suas respectivas tensões de alimentação.

Portanto, após instruir-se das principais características pertinentes à área de desenvolvimento de sistemas inteligentes de ultrabaixo consumo alimentados por sistemas de colheita de energia, passar-

se-á para a etapa da análise das principais tecnologias de Rede de Sensores Sem Fio (RSSF) utilizadas em aplicações de IoT.

4 TECNOLOGIAS DE IOT

4.1 Wi-SUN FAN

O Wireless Smart Ubiquitous Network Field Area Network (Wi-SUN FAN) é um padrão aberto baseado em sua maioria na especificação IEEE 802.15.4g, contendo também partes menores de outros padrões IEEE. Com características de autoformação, a adição de novos dispositivos é fácil, além de permitir a restauração automática caso um caminho da rede falhe. Gerido pela Wi-SUN Alliance, um conglomerado de empresas cujo objetivo está em promover e desenvolver essa especificação, além de gerir a certificação de dispositivos compatíveis produzidos por múltiplas fabricantes. Em relação à sua topologia, apresenta um modo híbrido que permite conexões densas, como redes de medidores inteligentes urbanos, e também em estrela de modo a conectar dispositivos espalhados por um campo aberto por exemplo. Com taxas de transmissão de até 300 Kbps, este formato habita em bandas não licenciadas do espectro, variando conforme a região em que está sendo usado [19]. Seu alcance está na faixa dos poucos quilômetros, podendo variar com a aplicação.

4.2 BLE

Com o propósito de suprir a demanda de aplicações IoT que necessitam operar sob baixo consumo de energia elétrica, curto alcance e alta taxa de transferência de dados, a Bluetooth SIG reprojeteu sua própria tecnologia para criar o protocolo de comunicação BLE. Diferentemente de suas versões anteriores que possuíam taxas de transferências de dados de até 3 Mbps, o BLE opera em no máximo 1 Mbps, porém é capaz de operar até a metade da potência do Bluetooth clássico [20]. Operando em 2,4 GHz, divide sua banda em quarenta canais, três dedicados para operar na descoberta e estabelecimento de conexão com os demais dispositivos e o restante para a troca de dados. Entretanto, o número máximo de dispositivos ativos na rede depende da aplicação, podendo em alguns casos chegar a cinquenta dispositivos simultaneamente [21].

4.3 LoRa

A tecnologia Long Range (LoRa) é uma outra solução utilizada em RSSF. Trata-se de uma técnica de modulação de dispersão espectral capaz de realizar a troca de dados em longas distâncias sob baixas taxas de transferência de dados. Já o LoRaWAN refere-se ao protocolo de comunicação aberto para a classe de redes sem fio Low Power Wide Area Network (LPWAN) que faz uso da modulação LoRa (camada física), operando nas bandas ISM de 433 MHz, 868 MHz e 915 MHz [22].

Sua grande vantagem está no alcance da transmissão de dados, chegando até 10 km de distância. Porém, para alcançar tais distâncias a taxa de transferência máxima é limitada em até 27 kbps (LoRa) ou 50 kbps (FSK). De acordo com [23], embora o desempenho do LoRaWAN seja determinado pelas camadas PHY e de MAC, os regulamentos do ciclo de trabalho máximo (definido como a porcentagem máxima de tempo durante o qual um dispositivo final pode ocupar um canal) nas bandas de frequências não-licenciadas, Industrial, Scientific and Medical (ISM) surgem como um fator limitante. Para que não haja a sobrecarga da rede e, portanto, reduzir a probabilidade de erros de transmissão, para uma rede com 5000 dispositivos finais em média cada dispositivo deve gerar até 2 pacotes de dados por dia [24]. Logo, para aplicações que necessitam de uma maior demanda de pacote de dados por dia, o LoRaWAN torna-se incapaz de ser utilizado.

4.4 ZigBee

O IEEE desenvolveu um padrão para dispositivos de comunicação de dados usando transmissões de RF de curto alcance com baixa taxa de dados, baixa potência e baixa complexidade em uma rede de área pessoal sem fio (WPAN), conhecido como IEEE 802.15.4 [25]. Baseadas no padrão IEEE 802.15.4, diversas empresas de desenvolvimento de tecnologias de comunicação sem fio implementaram protocolos de comunicação para a troca de dados em uma RSSF. A ZigBee Alliance é uma associação de empresas de diferentes segmentos do mercado que desenvolveu protocolos de comunicação baseados na camada física e de link de dados do padrão IEEE 802.15.4 com a intenção de se tornar uma plataforma universal para a implementação de RSSF. O protocolo, denominado de ZigBee, possui vantagens como a segurança na transmissão de dados, suporte para RSSF complexas, baixo consumo de energia e com capacidade de endereçar até 65536 dispositivos na mesma rede. Embora o tamanho máximo teórico de uma rede Zigbee seja superior a 65000 nós, na prática, os problemas relacionados à largura de banda e atrasos nos quais o crescimento da rede pode incorrer devem ser considerados, restringindo o seu horizonte de aplicações, além disso ele possui taxa de transmissão de dados máxima de até 250 kbps (limite estipulado pelo padrão IEEE 802.15.4) [26]. O ZigBee também opera em 2,4 GHz, dentro da banda ISM. Para aplicações industriais críticas o tempo de atraso é um fator muito importante da rede, sendo que para o ZigBee o atraso na transmissão das mensagens não é causado pelo aumento da carga útil (conhecida como payload), mas sim na criação de seus cabeçalhos [27].

5 ANÁLISE ENERGÉTICA DAS TECNOLOGIAS IOT

5.1 MÉTODO

De maneira a realizar uma análise comparativa bem embasada entre as diferentes tecnologias presentes nesse trabalho, faz-se necessária uma métrica comum que possa ser derivada dos diversos estudos energéticos feitos separadamente em cima das mesmas.

De modo a comparar as tecnologias de forma fácil e direta, será usada uma métrica matemática generalizada, visto que as medições e os métodos variam de maneira substancial na literatura para os diferentes tipos de tecnologias. A solução utilizada aqui está em ponderar os valores de potência para três períodos substanciais onde essas tecnologias se encontram: período ocioso, transmissão e recepção. Também se levou em conta a vazão de bits dentro desse período. Na Equação (1), C_{bit} denota o custo energético de um bit. P_S , P_{TX} e P_{RX} são respectivamente a potência em repouso (idle), transmissão e recepção, e n_{bits} o número de bits transmitidos no total por janela.

$$C_{bit} = \frac{0,99 \times P_S + 0,01 \times (P_{TX} + P_{RX})}{n_{bits}} \quad (1)$$

Dessa forma as seções seguintes avaliarão tais parâmetros elétricos de cada tecnologia de RSSF, especificando todas as considerações necessárias para se realizar as análises comparativas.

5.2 AVALIAÇÃO DO PADRÃO BLE

Para o estudo do BLE, assume-se que os dispositivos já estão no modo de conexão, o que implica que todos os procedimentos anteriores no modo de advertising não serão considerados. Todas as informações aqui utilizadas foram tiradas dos datasheets dos respectivos transceivers [28]-[32].

Tabela I - Características dos módulos BLE comerciais

Transceiver	TX [mA]	RX [mA]	Sleep [μA]	Bytes Úteis	Taxa [Kbps]
E72-2G4M02S2B/4.2	11,00	2,00	0,2	251	1000
BT40E/5.2	3,2	2,60	0,9	251	2000
BT680T/5.0	11,5	6,60	0,1	251	921,6
E73-2G4M08S1CX/5.0	17,05	8,27	2	251	1000
nRF52862/5.0	5,30	11,0	0,3	251	1000
Média					

	9,6 1	6,2 34	0,7	251	1184, 32
--	----------	-----------	-----	-----	-------------

Conforme exposto na Tabela I, o consumo de corrente durante a transmissão de dados difere do consumo durante a recepção, e essa informação é de extrema importância pois, dependendo da aplicação (somente transmissão ou somente recepção de dados) a autonomia do sistema será drasticamente afetada. Ao olhar para as taxas de transmissão nota-se que todos os módulos alcançam altas taxas de dados, até 1 Mbps. Dependendo de qual protocolo de comunicação que será utilizado para se comunicar com o módulo (UART, I2C ou SPI), esses altos valores de taxa podem impactar na eficiência energética do sistema. Pensando nesse tipo de situação, alguns fabricantes de microcontroladores e de rádios desenvolveram uma UART de baixo consumo, chamada de LPUART.

5.3 AVALIAÇÃO DO PADRÃO LoRa

Os dispositivos LoRa podem ser separados em classe A, B e C, cuja diferença está no consumo de energia devido ao tamanho de sua janela de recepção. Com o foco em eficiência, nesse trabalho serão estudados somente os dispositivos de classe A, que são aqueles mais energeticamente eficientes [33].

A conexão usando modulação LoRa apresenta taxas de dados (Data Rate, DR) que variam de 0,3 Kbps a 5 Kbps (DR0 à DR5) [34]. A conexão também permite que alguns parâmetros sejam configurados, como a largura de banda (BW), fator de espalhamento (SF) e taxa de codificação (CR). Para uma conexão de maior eficiência, porém de menor alcance, ainda é útil em um ambiente industrial por exemplo, esses valores são definidos como descrito na Tabela II. Geralmente para os diferentes hardwares, combinações desses parâmetros são definidas de antemão e podem ser acessadas usando diferentes modos disponíveis para o usuário.

Tabela II - Parâmetros de configuração do rádio LoRa para maximizar o seu desempenho

BW [kHz]	SF	CR
500	7	4/5

A Tabela III apresenta os dados de diferentes rádios LoRa, no cenário de menor consumo energético [34]-[36]. No seu fim também está uma média dos resultados, de maneira a encontrar um valor comum.

Tabela III - Características dos módulos LoRa comerciais

Transceiver	TX [mA]	RX [mA]	Sleep [μA]	Bytes Úteis	Taxa [Kbps]
RN2483	32,9	14,2	9,9	64	300
MTDOT-868-XI-SMA	26	12	30,9	64	21,9
Nemeus-MM002	20	11,7	2	64	40
HM-TRLR-LF/HFS	33	13	1,5	64	17,35
SX1276	29	10,8	1	64	37,5
Média					
	28,18	12,34	9,06	64	1184,32

Ao analisar os dados de consumo de corrente elétrica de diferentes rádios LoRa, nota-se que, ainda que haja pequenas variações entre os rádios, o consumo médio de corrente dos mesmos é superior ao consumo médio dos transceivers dos BLEs.

6 AVALIAÇÃO DO PADRÃO Wi-SUN FAN

O padrão Wi-SUN FAN sofre da falta de dados sobre suas características e análises mais aprofundadas sobre seu consumo. Dessa forma, a análise aqui será baseada nas informações disponíveis nos datasheets [37]-[39].

Tabela IV - Características dos módulos Wi-SUN FAN comerciais

Transceiver	TX [mA]	RX [mA]	Sleep [μA]	Bytes Úteis	Taxa [Kbps]
CC1312R	24,9	5,8	0,85	250	1000
CC1352P7	63	5,8	1	250	500
CC1200	35	23	8	250	1250
Média					
	40,97	11,53	3,28	250	916,67

Conforme exposto na Tabela IV, apesar do Wi-SUN FAN ser especificado para operar em ambiente com elevados níveis de interferência (como o encontrado em ambientes industriais), o

consumo médio de TX do Wi-SUN FAN é cerca de 326,32 % maior do que o consumo médio de TX do BLE. Porém parte desse consumo está atrelado ao consumo dos circuitos de Power Amplifier (PA) e Low Noise Amplifier (LNA) presentes em tecnologias de médio e longo alcance, como é o caso do Wi-SUN FAN.

6.1 AVALIAÇÃO DO PADRÃO ZIGBEE

De modo a comparar com os dispositivos equivalentes de outros protocolos, os dispositivos utilizados são aqueles chamados de dispositivos de borda (end-devices), caracterizados por serem Reduced Function Devices (RFD) e que estariam se comunicando com um dispositivo gateway operando como Full Function Device (FFD). A Tabela V exibe a comparação de alguns dos principais transceivers utilizados para se implementar uma RSSF do tipo ZigBee. Todos os dados da Tabela V estão presentes em [40].

Tabela V - Característica dos módulos ZigBee comerciais

Transceiver	TX [mA]	RX [mA]	Sleep [μ A]	Bytes Úteis	Taxa [Kbps]
deRFmega128 - 22M00	12,7	17,6	1	102	250
MRF24J40MA	23	19	2	102	250
CC2430	25	27	0,9	102	250
ANY900	33	17	6	102	250
RC2400	34	24	1	102	250
Média					
	25,54	20,92	2,18	102	250

No caso dos transceivers ZigBee o consumo médio de TX e RX são semelhantes, conforme a Tabela V. Com exceção do LoRa, todas as demais RSSF possuem soluções da fabricante Texas Instruments, cuja característica principal de seus transceivers é possuir baixo consumo em modo sleep.

7 COMPARAÇÃO DAS TECNOLOGIAS

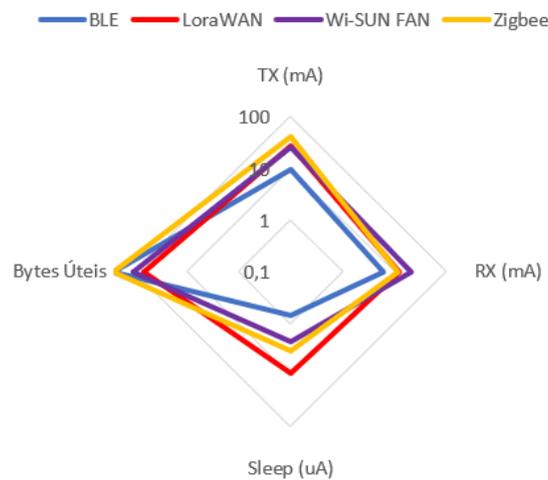
Usando a metodologia descrita na Seção V.A, o cálculo da Equação (1) é então aplicado para todas as médias encontradas para os padrões escolhidos. Todos os transmissores aqui utilizados têm tensão nominal de 3,3 V, sendo assim, sua potência pode ser calculada por $P=U \times I$. Este resultado é mostrado na Tabela VI.

Tabela VI - Comparação usando a métrica para 1000 bits em Watts

BLE	ZigBee	Wi-SUN FAN	LoRaWAN
12,7	17,6	1	102

O gráfico da Figura 6 mostra uma comparação entre os dados médios de cada uma das RSSF. Todos os dados presentes estão em escala logarítmica.

Figura 6. Comparação visual entre os dados das RSSFs.



Visualmente, considerando uma mesma quantidade de bytes úteis, uma maior área dos losangos correspondentes a cada uma das RSSF indica um maior consumo energético. Mesmo os bytes úteis não sendo os mesmos, ainda sim pode-se observar que o consumo energético está bem representado pelo gráfico.

8 CONCLUSÃO

O maior problema quando se comparam diferentes RSSF está em suas vastas diferenças em relação aos diferentes modos de operação, nos passos que definem as sequências de inicialização de conexão além das sequências de transferência e recepção de dados nas janelas especificadas. Assim, uma comparação detalhada se torna difícil de ser realizada. Independente disto, pode-se encontrar como resultado que o Bluetooth Low Energy é o mais eficiente entre as tecnologias aqui propostas.

Portanto, quando se é desejado alcançar os requisitos de ultrabaixo consumo em aplicações envolvendo dispositivos de IoT autoalimentados em cenários semiestruturados, não somente o sistema de energy harvesting deve ser bem especificado, mas também a escolha da RSSF a ser utilizada deve ser feita com base nas características elétricas individuais de cada módulo transceptor, aumentando-se, portanto, a autonomia do dispositivo de IoT.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil (161957/2022-6).

REFERÊNCIAS

- X. Ma, s. Bader, and b. Oelmann, “characterization of indoor light conditions by light source classification,” *iee sensors journal*, vol. 17, no. 12, pp. 3884–3891, 2017.
- X. Yue, m. Kauer, m. Bellanger, o. Beard, m. Brownlow, d. Gibson, c. Clark, c. Macgregor, and s. Song, “development of an indoor photovoltaic energy harvesting module for autonomous sensors in building air quality applications,” *iee internet of things journal*, vol. 4, no. 6, pp. 2092–2103, 2017.
- A. Nasiri, s. A. Zabalawi, and g. Mandic, “indoor power harvesting using photovoltaic cells for low-power applications,” *iee transactions on industrial electronics*, vol. 56, no. 11, pp. 4502–4509, 2009.
- A. D. Dos santos, s. C. De brito, a. V. Martins, f. F. Silva, and f. Morais, “thermoelectric energy harvesting on rotation machines for wireless sensor network in industry 4.0,” in *2021 14th iee international conference on industry applications (induscon)*, 2021, pp. 694–697.
- N. Kanagaraj, “photovoltaic and thermoelectric generator combined hybrid energy system with an enhanced maximum power point tracking technique for higher energy conversion efficiency,” *sustainability*, vol. 13, no. 6, 2021. [online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/6/3144>
- M. K. Mishu, m. Rokonuzzaman, j. Pasupuleti, m. Shakeri, k. S. Rahman, s. Binzaid, s. K. Tiong, and n. Amin, “an adaptive te-pv hybrid energy harvesting system for self-powered iot sensor applications,” *sensors*, vol. 21, no. 8, 2021. [online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/21/8/2604>
- K. Uchino, “piezoelectric energy harvesting systems—essentials to successful developments,” *energy technology*, vol. 6, no. 5, pp. 829–848, 2018. [online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ente.201700785>
- F. Qian, w. Zhou, s. Kaluvan, h. Zhang, and l. Zuo, “theoretical modeling and experimental validation of a torsional piezoelectric vibration energy harvesting system,” *smart materials and structures*, vol. 27, no. 4, p. 045018, mar 2018. [online]. Available: <https://doi.org/10.1088/1361-665x/aab160>
- W. Wei, y. Hu, q. Wu, x. Zhao, j. Zhang, and y. Zhang, “an air brake model for longitudinal train dynamics studies,” *vehicle system dynamics*, vol. 55, no. 4, pp. 517–533, 2017.
- Z. Chen, j. He, j. Liu, and y. Xiong, “switching delay in self-powered nonlinear piezoelectric vibration energy harvesting circuit: mechanisms, effects, and solutions,” *iee transactions on power electronics*, vol. 34, no. 3, pp. 2427–2440, 2019.
- J. Wang, g. Li, m. Zhang, g. Zhao, z. Jin, k. Xu, and z. Zhang, “energy harvesting from flow-induced vibration: a lumped parameter model,” *energy sources, part a: recovery, utilization, and environmental effects*, vol. 40, no. 24, pp. 2903–2913, 2018.
- T. J. Kazmierski and s. Beeby, *energy harvesting systems*. Springer, 2011.
- M. Alhawari, m. H. Saleh, and m. Ismail, *energy harvesting for self-powered wearable devices*. Springer, 2018.
- S. Priya and d. J. Inman, *energy harvesting technologies*. Springer, 2009.

N. Tran, m. H. Ghayesh, and m. Arjomandi, “ambient vibration energy harvesters: a review on nonlinear techniques for performance enhancement,” *international journal of engineering science*, vol. 127, pp. 162–185, 2018. [online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0020722517327830>

A. Cultura and z. M. Salameh, “modeling, evaluation and simulation of a supercapacitor module for energy storage application,” in *proceedings of the international conference on computer information systems and industrial applications*. Atlantis press, 2015/, pp. 876–882. [online]. Available: <https://doi.org/10.2991/cisia-15.2015.235>

T. Kovaltchouk, b. Multon, h. Ben ahmed, j. Aubry, and p. Venet, “enhanced aging model for supercapacitors taking into account power cycling: application to the sizing of an energy storage system in a direct wave energy converter,” *ieee transactions on industry applications*, vol. 51, no. 3, pp. 2405–2414, 2015.

K. Mikhaylov and j. Tervonen, “evaluation of power efficiency for digital serial interfaces of microcontrollers,” in *2012 5th international conference on new technologies, mobility and security (ntms)*, 2012, pp. 1–5.

W.-s. Alliance, “white paper: comparing iot networks at a glance. How wi-sun fan stacks up against lorawan and nb-iot,” *wi-sun alliance, tech. Rep.*, 2019. [online]. Available: <https://wi-sun.org/wp-content/uploads/wisun-alliance-comparing-iot-networks-2019-nov-a4.pdf>

K. E. Jeon, j. She, p. Soonsawad, and p. C. Ng, “ble beacons for internet of things applications: survey, challenges, and opportunities,” *ieee internet of things journal*, vol. 5, no. 2, pp. 811–828, april 2018.

J. A. Afonso, a. J. F. Maio, and r. Simoes, “performance evaluation of bluetooth low energy for high data rate body area networks,” *wireless personal communications*, vol. 90, no. 1, pp. 121–141, sep 2016. [online]. Available: <https://doi.org/10.1007/s11277-016-3335-4>

A. I. Ali, s. Z. Partal, s. Kepke, and h. P. Partal, “zigbee and lora based wireless sensors for smart environment and iot applications,” in *2019 1st global power, energy and communication conference (gpecom)*. Ieee, june 2019, pp. 19–23.

F. Adelantado, x. Vilajosana, p. Tuset-peiro, b. Martinez, j. Melia-segui, and t. Watteyne, “understanding the limits of lorawan,” *ieee communications magazine*, vol. 55, no. 9, pp. 34–40, sep. 2017.

D. Bankov, e. Khorov, and a. Lyakhov, “on the limits of lorawan channel access,” in *2016 international conference on engineering and telecommunication (ent)*. Ieee, nov 2016, pp. 10–14.

Ieee, “ieee standard for low-rate wireless networks,” *ieee std 802.15.4-2015 (revision of ieee std 802.15.4-2011)*, pp. 1–709, april 2016.

A. Proskochylo, a. Vorobyov, m. Zriakhov, a. Kravchuk, a. Akulynichev, and v. Lukin, “overview of wireless technologies for organizing sensor networks,” in *2015 second international scientific-practical conference problems of infocommunications science and technology (pic s t)*. Ieee, oct 2015, pp. 39–41

E. D. Pinedo-frausto and j. A. Garcia-macias, “an experimental analysis of zigbee networks,” in *2008 33rd ieee conference on local computer networks (lcn)*. Ieee, oct 2008, pp. 723–729.

- L. Chengdu ebyte electronic technology co., “e72-2g4m02s2b user manual,” chengdu ebyte electronic technology co.,ltd, tech. Rep., 2020. [online].available:<https://www.ebyte.com/en/downpdf.aspx?id=248>
- F. T. Corp., “ble 5.2, 802.15.4 modules, bt40/f/e/x/xe,” fanstel technologies corp., tech. Rep., 2021. [online]. Available: <https://static1.squarespace.com/static/561459a2e4b0b39f5cefa12e/t/6105a6225ac1744ea69c78dd/1627760164658/bt40f\ product+specifications.pdf>
- F. T. Corp., “bluefan bt680f/e/t ble 5 module,” fanstel technologies corp., tech. Rep., 2019. [online]. Available: <https://static1.squarespace.com/static/561459a2e4b0b39f5cefa12e/t/5d094951670b590001190b02/1560889682510/bluefanbt680f\ datasheets.pdf>
- L. Chengdu ebyte electronic technology co., “e73-2g4m08s1cx,” chengdu ebyte electronic technology co.,ltd, tech. Rep., 2020. [online]. Available: <https://www.ebyte.com/en/product-view-news.html?id=1320>
- N. Semiconductor, “nrf52832 product specification v1.4,” nordic semiconductor, tech. Rep., 2017. [online]. Available: <https://www.mokosmart.com/pt/bluetooth-low-energy-module-nrf52832/>
- P. S. Cheong, j. Bergs, c. Hawinkel, and j. Famaey, “comparison of lorawan classes and their power consumption,” in 2017 ieee symposium on communications and vehicular technology (scvt), 2017, pp. 1–6.
- L. Casals, b. Mir, r. Vidal, and c. Gomez, “modeling the energy performance of lorawan,” sensors, vol. 17, no. 10, 2017. [online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/17/10/2364>
- L. Hope microelectronics co., “hm-trlr-lf/hfs series 100mw lora transceiver,” hope microelectronics co.,ltd, tech. Rep., 2006. [online]. Available: www.image.micros.com.pl/dane/techniczne/auto/rf%20hm-trlr-hfs470.pdf
- S. Corporation, “sx1276/77/78/79 - 137 mhz to 1020 mhz low power long range transceiver,” semtech corporation, tech. Rep., 2020. [online]. Available:<https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#e0000000jelg/a/2r0000001rbr/6efvzuorppokffvaf\fkpgp5kzjinyiabqcpqh9qsje>
- T. Instruments, “cc1312r simplelink™ high-performance sub-1 ghz wireless mcu,” texas instruments, tech. Rep., 2020. [online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1312r.pdf>
- T. Instruments, “cc1352p7 simplelink™ high-performance multi-band wireless mcu with integrated power amplifier,” texas instruments, tech. Rep., 2021. [online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1352p7.pdf>
- T. Instruments, “cc1200 low-power, high-performance rf transceiver,” texas instruments, tech. Rep., 2014. [online]. Available: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc1200.pdf>
- M. S. Mahmoud and a. A. Mohamad, “a study of efficient power consumption wireless communication techniques/ modules for internet of things (iot) applications,” advances in internet of things, vol. 06, no. 02, p. 19–29, 2016.

Aplicação do processo hierárquico analítico como auxílio na tomada de decisão para escolha do sistema de esgotamento sanitário em comunidade de pequeno porte

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-011>

Rodrigo Cardoso de Cerqueira Reis

Bacharel em engenharia, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Anna Virginia Muniz Machado

Doutora, Departamento de Desenho Técnico, Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, Rio de Janeiro, Brasil

Pedro Augusto Dias de Oliveira

Mestre, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense (UFF)
E-mail: pa_dias@id.uff.br

RESUMO

No Brasil, a problemática ligada ao Saneamento tem, historicamente, resistido aos diferentes programas e planos de gestão adotados em diversos governos. Este trabalho reflete sobre a problemática do saneamento em comunidades de pequenos portes. São apresentados e analisados diferentes sistemas alternativos de tratamentos de esgoto em locais isolados e explorada a legislação vigente no

estado do Rio de Janeiro e no município de Casimiro de Abreu. O presente trabalho apresenta fundamentação teórica resultante de uma pesquisa exploratória preliminar, reconhecimento da área de estudo e ida a campo para caracterização da área e a aplicação da metodologia do Processo Hierárquico Analítico desenvolvido por Thomas Lorie Saaty que considera as características dos diferentes sistemas de tratamento de esgotos e a adequação à realidade a região de estudo. A decisão pelo sistema a ser adotado para o Condomínio Floresta I, fundamentou-se na hierarquização das características que melhor se adaptaram à problemática do local de estudo. Ao final, foi dimensionado o sistema alternativo de tratamento de esgoto que melhor se adaptou às características do condomínio. Apesar das limitações apresentadas por este estudo, a metodologia se mostrou eficaz no levantamento de dados assim como na escolha do sistema de esgotamento para com a comunidade.

Palavras-chave: Alternativas de Tratamento de Esgoto, Fossa Séptica, Dimensionamento.

1 INTRODUÇÃO

No cenário nacional os investimentos em saneamentos básicos sempre foram concentrados em grandes centros urbanos, enquanto as periferias, populações isoladas e rurais foram deixadas sem a oferta adequada desses. Em regiões rurais não é possível implementar uma rede coletora de esgotos. Além da baixa densidade demográfica, o investimento financeiro para implementar a rede coletora e o custo de operação de uma estação de tratamento de esgoto não são vantajosos do ponto de vista das concessionárias (MASSOUD; TARHINI; NASR, 2009), em reflexo a essa realidade, atualmente no país, apenas 46,3% do esgoto é tratado (SNIS, 2018) e por essas razões, sistemas individuais de tratamento de esgoto apresentam-se como uma alternativa de prover acesso aos moradores dessas regiões ao esgotamento sanitário.

O município de Casimiro de Abreu é uma amostra dessa realidade. A cidade conta com uma Estação de Tratamento de esgoto (ETE) que atende apenas os locais centrais, e marginaliza o acesso às áreas rurais. O condomínio Floresta I, localizado no Bairro Vargem Grande, não possui acesso à rede da ETE, portanto, recorre a alternativas locais para suprir as demandas da população.

O presente trabalho propõe uma solução de tratamento de esgoto efetiva para o condomínio afim de assegurar a saúde da população daquele local e a dignidade garantida no artigo 1º, inciso III, da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988). Para tal, buscou-se caracterizar os diferentes sistemas de tratamentos localizados de esgotos como base para a aplicação de uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão pelo Processo Hierárquico Analítico (AHP), visando garantir viabilidade técnica e ambiental na definição do sistema a ser adotado para a área de estudo, definir e determinar pesos dos multicritérios para a aplicação do método, de acordo com Saaty (1971).

O condomínio possui sistema de fossa séptica com pós tratamento por filtro anaeróbio, por unidade, e o descarte é feito no corpo hídrico que corta o condomínio.

Esse método visa retirar a intuição, o sentimento e o subjetivo da balança, utilizando dados qualitativos e quantitativos mensuráveis para analisar as opções e se alcançar a melhor solução para um problema (JORDÃO; PEREIRA, 2006). O AHP defini o problema e a decisão designada, estrutura a hierarquia de um ponto de vista global de gestão e constrói uma matriz de comparações para o auxílio na tomada de decisão que melhor se enquadra na solução.

Por fim, dimensiona-se a solução mais adequada e o esboço do traçado da rede coletora de esgoto para o local de estudo.

2 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizadas três etapas. Primeiramente, uma pesquisa de caráter exploratória sobre o tema apresentado, o reconhecimento da área de estudo e, finalmente, a aplicação do método para a seleção mais adequada do sistema de esgotamento sanitário assim como seu dimensionamento.

2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Através de uma pesquisa de caráter exploratório busca realizada pela plataforma do Portal Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), foram selecionados artigos, teses, dissertações, pertencentes a diversas áreas do conhecimento para aperfeiçoar o conhecimento sobre o tema. Além disso, foi também realizada uma pesquisa documental complementar utilizando anais dos congressos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) nos últimos 10 anos (2010 – 2019) e acervo histórico da revista DAE (Departamento de Águas e Esgoto).

A pesquisa foi delimitada aos últimos 10 anos (2010-2019), em função de conter dados mais atualizados referentes ao tema abordado, entretanto, alguns documentos relevantes anteriores ao intervalo de tempo indicado também foram consultados.

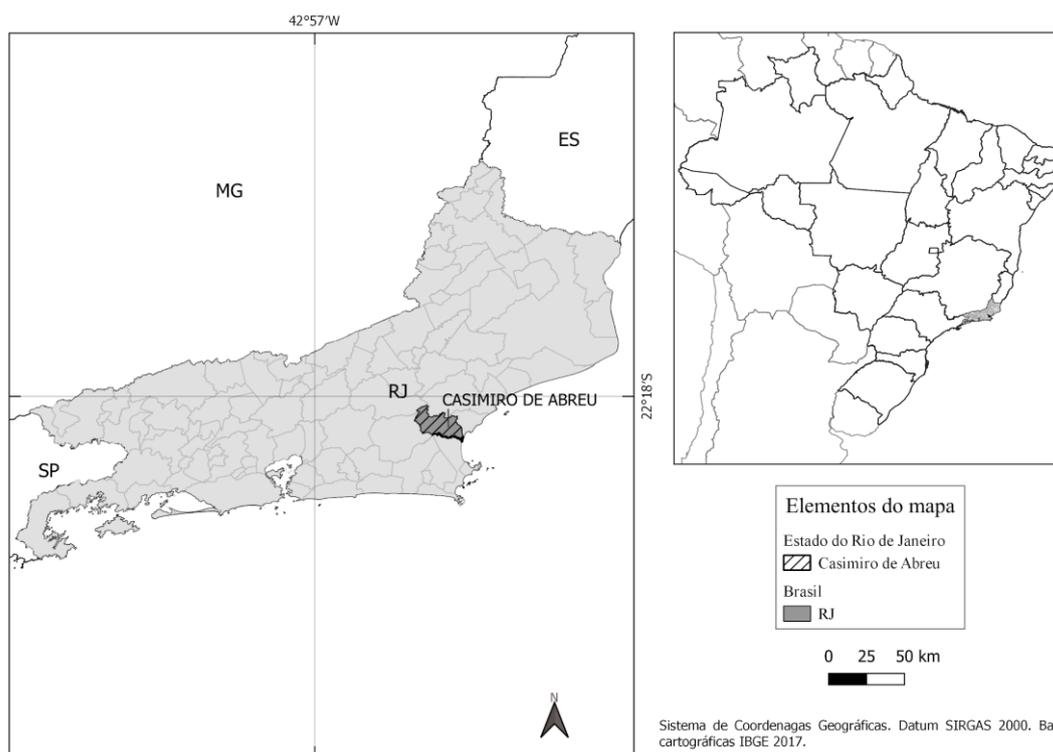
Ademais, foram considerados apenas estudos nas línguas: portuguesa e inglesa, e as diretrizes do modelo sistemático PRISMA (itens de relato preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises, tradução do autor) (MOHER et al., 2016) para a elaboração do estudo.

Após a pesquisa, utilizou-se o programa ‘VOSviewer’ para criar um mapa baseado nos dados bibliográficos encontrados, de modo a encontrar as palavras chaves que evidenciarão o tema tratado no trabalho.

2.2 RECONHECIMENTO DA ÁREA DE ESTUDO

O condomínio Floresta I, localiza-se no município de Casimiro de Abreu, estado do Rio de Janeiro (Figura 1). A cidade possui uma ETE que trata o esgoto de parte da população, mas a rede coletora não chega ao local de estudo, fazendo-se necessário a efetividade de sistemas localizados para tratar o esgoto domiciliar gerado no condomínio.

Figura 1: Localização do município de Casimiro de Abreu/RJ – Brasil.



A precipitação média é de 1624 mm/ano e a temperatura máxima média de 25,7 °C (CLIMATOLOGIA, 2020).

A população do município em 2019 foi de 44 184 habitantes, sendo enquadrado no Programa de Saneamento Rural (PIRES, 2019). O salário médio mensal dos trabalhadores formais é de 2,1

salários mínimos com um esgotamento sanitário em 74,7% dos domicílios (IBGE, 2020). O padrão de construção das casas é de alto investimento, sendo composto por moradores de classe média alta.

Atualmente o condomínio possui 18 casas construídas e já possui alternativas de sistemas de tratamento individuais de esgoto em que a disposição final é o Rio Branco. O solo do local é, em grande parte, argiloso até uma profundidade de 2,0 m, e abaixo mais arenoso. Devido a essa característica, as disposições em solo que ocorrem nos domicílios que não são contemplados com a rede coletora da ETE dispõem em sumidouros profundos.

2.3 PROCESSO HIERÁRQUICO ANALÍTICO DE SAATY

O Processo Hierárquico Analítico (AHP) tem como objetivo retirar a intuição, o sentimento e o subjetivo do processo decisório, através da utilização de dados qualitativos e quantitativos mensuráveis que são analisados para se alcançar a melhor solução dentre as opções levantadas (JORDÃO; PEREIRA, 2006). Os pesos relativos à intensidade de importância que serão estipulados neste trabalho estão apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Escala fundamental de Saaty de comparações binárias.

Grau de Importância	Definição de importância
1	Igual
2	Leve
3	Fraca
4	Média
5	Forte
6	Muito Forte
7	Fortíssima
8	Quase Absoluta
9	Absoluta

Esse método foi escolhido para determinar qual a opção de sistema de tratamento que melhor se adapte ao problema por dois motivos: 1º, a independência na tomada de decisão pelo indivíduo (o indivíduo pode executar a metodologia sem precisar da ajuda de terceiros como em outros métodos); 2º, a necessária reflexão para se chegar aos critérios comparativos e níveis de prioridade que serão atribuídos para cada critério, a fim de se obter a melhor solução. Com essas vantagens, esse método se prova simples e efetivo, traduzindo os motivos que levaram a se obter aquele resultado.

2.4 MATRIZ DE PRIORIDADE (PESO DE CADA CRITÉRIO)

A matriz de prioridade é determinada através dos reconhecimentos das necessidades do local sobre o tema. Para este trabalho, foram considerados os critérios: demanda de área, complexidades (construção, operação e manutenção), eficiência do tratamento (remoção de DBO e DQO), dependência de fatores climáticos, impacto visual do sistema e a geração de odores.

Por se tratar de terrenos privados, o critério que considera a demanda por área foi considerado como ‘forte importância’ (peso 5).

Para os critérios de complexidade foi atribuído ‘igual importância’ (peso 1) para a construção, (3) para a operação e (3) para a manutenção. Já no âmbito de eficiência do tratamento, a remoção de DBO e DQO receberam peso.

Já para o critério que considera a dependência de fatores climáticos, classificou-se como ‘valor intermediário’. O impacto visual do sistema, como ‘forte importância’ e a geração de odores, ‘absoluta importância’.

A matriz de prioridade foi obtida através da análise subjetiva de quais são as características mais importantes para o condomínio Floresta I dentre os critérios levantados. A hierarquização dos pesos foi feita considerando as prioridades para o condomínio, e posteriormente a comparação desses valores.

2.5 COMPARAÇÃO ENTRE SOLUÇÕES POSSÍVEIS DENTRO DE CADA CRITÉRIO ADOTADO

De modo a sanar os problemas sobre a qualidade de acesso dos moradores do condomínio ao esgotamento sanitário, foram pré-selecionadas alternativas que possuíssem eficiência para tratar dos efluentes do local (Tabela2).

Tabela 2. Possíveis soluções para o local de estudo.

Possíveis Soluções
Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio (FS + FA)
Fossa Séptica + Sumidouro (FS + SU)
Fossa Séptica + Tanque de Evapotranspiração (FS + TE)
Fossa Séptica + Círculo de Bananeiras (FS + CB)
Fossa Séptica Biodigestora (FSB)

Nesta etapa ocorre a comparação entre cada possível solução dentro dos critérios (características) adotados e a classificação, entre 1 a 9, em ordem crescente de importância para a solução proposta. Quando duas soluções com iguais classificações são comparadas, atribui-se o valor 1 (Igual Importância).

2.6 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

De modo a evitar a completa interrupção do sistema em manutenções emergências e, também, pelo fato do condomínio possuir uma grande área disponível, foi considerado dois sistemas de tratamento, que atenderiam 9 casas cada. Para a população de projeto, consideramos 4 habitantes por casa, resulta em 36 habitantes, para cada sistema.

É importante salientar que o sumidouro deve estar a uma distância mínima de 15 metros de poços, 30 metros para cursos d'água, utilizados em captações, e uma distância mínima de 5 metros de reservatórios de água enterrados e piscinas (PERNAMBUCO (Estado), 2004).

O dimensionamento do tanque séptico seguiu as recomendações da NBR n°7229/1993. Já o dimensionamento do filtro Anaeróbio seguiu a NBR 13.969/1993 e considerou para o desenvolvimento: 36 habitantes, contribuição de despejos de 160 L/hab. dia e período de detenção de 0,75 dia.

Os cálculos realizados, seguiram as fórmulas indicadas nas bibliografias e enfatizaram os parâmetros de qualidade na eficiência do tratamento da matéria orgânica.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA SISTEMÁTICA

Nome do artigo	Autores	Eixo principal do artigo
SANEAMENTO RURAL: ANÁLISE DE SISTEMAS INDIVIDUAIS DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO COMO FERRAMENTA DE AUXÍLIO PARA TOMADA DE DECISÃO DO PLANO DE SANEAMENTO MUNICIPAL	A. G. Pinto et. al.	Concluiu-se que pesquisas voltadas as alternativas descentralizadas em meio rural devem ser intensificadas, de modo que a população seja beneficiada através de sistemas altamente eficientes e sustentáveis. Além disso, sete diferentes sistemas de tratamento foram qualificados e comparados em vinte e oito diferentes critérios.
PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO: AVALIAÇÃO DE 18 CASOS BRASILEIROS	T. S. T. Pereira e L. Heller	Avaliação em cinco princípios da lei 11.445/2007 e outros três de interesse dos autores. Concluiu-se que os planos mais participativos pela sociedade e planejados são mais completos e atenderam em totalidade ou, em grande parte, esses oito parâmetros analisados quando comparados com outros planos de saneamento.
VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NA IRRIGAÇÃO DA CULTURA DO RABANETE (<i>RAPHANUS SATIVUS L.</i>)	I. L. de A. Dantas et al.	Verificação da viabilidade do efluente na irrigação da cultura do rabanete não apresentando diferença entre os tratamentos com relação às variáveis agrônômicas e, principalmente, os valores encontrados dos patógenos serem aceitos pela Resolução ANVISA n° 12 (Brasil, 2001).
PERSPECTIVAS TÉCNICAS E SOCIOAMBIENTAIS NA SELEÇÃO DE TECNOLOGIAS DESCENTRALIZADAS PARA O TRATAMENTO	H. H. B. de Andrade et al.	Comparação entre três pós-tratamentos para fossa séptica em duas instituições públicas de ensino fundamental no município de Pinhais. Analisaram com critérios técnicos e socioambiental qual a melhor opção para os locais.

DE ESGOTOS EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO		
WHY NOVEL SANITARY SYSTEMS ARE HARDLY INTRODUCED?	M. Blanken et al.	Identificação de diferentes fatores principais para a dificuldade de criar sistemas de tratamento sanitários em zonas urbanas.
AValiação DO COEFICIENTE DE RETORNO DE ESGOTO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO GERTRUDES – PONTA GROSSA (PR)	L. Horochoski et al.	Estudo do valor do coeficiente de retorno de uma região antiga da cidade de Ponta Grossa. E concluíram que o valor era de 0,6.
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS: UMA ANÁLISE DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DE XANGRI-LÁ/RS	M. B. Souza et al	Análise sob a ótica de legislações e documentos pertinentes as inter-relações entre a Lei 11.445/07, o Plano Nacional de Saneamento Básico e o Plano Municipal de Saneamento Básico de Xangri-Lá/RS. Conclui-se que o tema deveria contar com maior participação da sociedade nos processos de tomada de decisão.
REATOR COMPARTIMENTADO ANAERÓBIO/AERÓBIO: SISTEMA DE BAIXO CUSTO PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS DE PEQUENAS COMUNIDADES	G. H. R. Silva e E. A. A. Nour	Alternativa do reator compartimentado anaeróbio/aeróbio, tratando esgoto sanitário, como possibilidade de ser utilizado em pequenas comunidades urbanas e rurais. O desempenho do sistema foi avaliado em diversos tempos de detenção hidráulica, nos quais os melhores valores de Demanda Química de Oxigênio Total e Sólidos em Suspensão Totais.
AValiação DO USO E FUNCIONAMENTO DO SISTEMA CONDOMINIAL DE ESGOTOS EM ÁREA PERIURBANA DE SALVADOR - BRASIL	L. R. S. Moraes et al.	A metodologia utilizada na avaliação contemplou técnicas quantitativas e qualitativas, incluindo levantamentos socioeconômicos e da condição de saneamento ambiental, estudo sobre a satisfação dos moradores, uso e funcionamento do ramal condominial e impacto na saúde da população do projeto implantado.
USO E FUNCIONAMENTO DE SISTEMAS CONDOMINIAIS DE ESGOTOS: UM ESTUDO EM SANTO AMARO E GAMELEIRA, BRASIL	R. M. L. Silva et al.	Concluiu-se que é necessária a gestão participativa em sistemas condominiais de esgoto e uma maior fiscalização de agentes públicos sob prestadores de serviços de esgotamento sanitário.
HEALTHY VINTON: A HEALTH IMPACT ASSESSMENT FOCUSED ON WATER AND SANITATION IN A SMALL RURAL TOWN ON THE U.S.-MEXICO BORDER	W. L. Hargrove et al.	Observação um padrão que tipifica moradores e comunidades rurais de baixa renda em todo o mundo, onde esses moradores carecem de informação sobre saneamento básico e dos seus direitos como cidadãos.
AValiação DA IMPLANTAÇÃO DE FOSSAS SÉPTICAS NA MELHORIA NA QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS EM COMUNIDADES RURAIS	R. Vicq e M. G. P. Leite	Comparação dos parâmetros de qualidade da água no córrego Pua Grande antes e depois da instalação de fossas sépticas e verificou-se um aumento de mais de 100% nos valores de oxigênio dissolvido e redução de 800% na quantidade de coliformes fecais após a construção das fossas.
AN ALTERNATIVE APPROACH FOR MUNICIPAL WASTEWATER MANAGEMENT: TECHNOLOGY OPTIONS	K. J. Nath e A. K. Sengupta	Revisão do cenário indiano em respeito à gestão de águas residuais urbanas e saneamento, com referência particular aos problemas das pequenas e cidades médias e descreve uma abordagem alternativa para o descarte sustentável de excrementos humanos e águas residuais sistemas

Tecnologia avançadas e suas abordagens

Aplicação do processo hierárquico analítico como auxílio na tomada de decisão para escolha do sistema de esgotamento sanitário em comunidade de pequeno porte

FOR SMALL AND MEDIUM TOWNS		que poderiam ser acessíveis e sustentáveis para pequenas e médias cidades da Índia.
INDIGENOUS PLANTS FOR INFORMAL GREYWATER TREATMENT AND REUSE BY SOME HOUSEHOLDS IN GHANA	B. Dwumfour-Asare et al.	Análise de dados de 451 casas pesquisadas em nove comunidades em três regiões, usando questionários estruturados e extensas observações de campo para analisar se as plantas indígenas tratam a água cinza gerada em Gana. Conclui-se que novas práticas precisam ser adotadas para garantir a saúde da população através de sistemas de tratamentos comprovadamente eficazes.
FOSSA VERDE COMO COMPONENTE DE SANEAMENTO RURAL PARA A REGIÃO SEMIÁRIDA DO BRASIL	C. F. Coelho et al.	Avaliação de setenta módulos de fossa verde como alternativa de tratamento de efluente domiciliar e analisou a qualidade sanitária dos vegetais cultivados, taxa de acumulação do lodo produzido e avaliação do tempo de manutenção do módulo.
SOIL PHYSICAL ATTRIBUTES IN CHEMIGATED BANANA PLANTATION WITH WASTEWATER	P. F. S. Alves et al.	Avaliação da qualidade dos solos de culturas de bananas pratas anã de uma planta de tratamento de esgoto em Janaúba - Minas Gerais- Brasil.
VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA NA IRRIGAÇÃO DA CULTURA DO RABANETE (RAPHANUS SATIVUS L.)	I. L. A. Dantas et al.	Avaliação dos efeitos do reuso de efluente doméstico tratados na cultura do rabanete (<i>Raphanus sativus</i> L.). Em relação à qualidade microbiológica do bulbo, realizou-se a enumeração de coliformes termotolerantes, de bactérias aeróbias mesófilas e a pesquisa de Salmonella, os resultados demonstram que o rabanete se encontra dentro dos padrões estabelecidos pela legislação.
POTENCIAL DE EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO COMO FONTE DE ÁGUA E NUTRIENTES NO CULTIVO HIDROPÔNICO DE ALFACE	R. S. Cuba et al.	Avaliação da viabilidade do reuso de efluente de esgoto doméstico tratado, como fonte alternativa de água e nutrientes no cultivo hidropônico de alface (<i>Lactuca sativa</i> L). Observou-se algumas deficiências nutricionais nas alfaves tratadas pelo efluente doméstico tratado, mas não houve presença de <i>Escherichia Coli</i> .
INFLUÊNCIA DO REUSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DO GIRASSOL DESTINADO À ALIMENTAÇÃO ANIMAL	R. S. Carvalho et al.	Avaliação dos efeitos do reuso de águas residuárias na qualidade microbiológica da parte aérea da cultura do girassol. Os resultados obtidos nas análises de qualidade microbiológicas demonstraram que a parte aérea do girassol se encontrou dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, contudo fazem-se necessários estudos que investiguem o efeito da variação do solo.
VERMICOMPOSTING AS AN ALTERNATIVE WAY OF BIODEGRADABLE WASTE MANAGEMENT FOR SMALL MUNICIPALITIES	A. Sosnecka et al.	Avaliação da utilidade da vermicompostagem como método de bioconversão de resíduos orgânicos, entre outros, lodo de esgoto, fração biodegradável de resíduos sólidos municipais e resíduos verdes.
VERMICOMPOSTING AS AN ALTERNATIVE METHOD OF SLUDGE TREATMENT	D. Boruszko	A pesquisa realizada confirmou que o uso da minhoca <i>California</i> no processo de vermicompostagem municipal de lodo de esgoto resulta em boa mineralização e humificação, e o produto final (vermicomposto) pode ser um fertilizante mineral-orgânico valioso.
SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AND	C. L. Boechat et al.	Avaliação das alterações morfológicas em plantas de milho e alterações nos atributos químicos de um

Tecnologia avançadas e suas abordagens

Aplicação do processo hierárquico analítico como auxílio na tomada de decisão para escolha do sistema de esgotamento sanitário em comunidade de pequeno porte

INITIAL GROWTH OF CORN CROP BY ADDING DOMESTIC AND INDUSTRIAL SEWAGE SLUDGE		Latossolo Amarelo coeso, após a incorporação de doses de lodos esgoto doméstico e da indústria de laticínios. Aumentos nas doses de ambos os lodos de esgotos propiciam ganhos nas variáveis morfológicas estudadas.
REUSE WATER AND URBAN HORTICULTURE: ALLIANCE TOWARDS MORE SUSTAINABLE CITIES	D. R. Bizari e J. C. Cardoso	Proposta de formas de utilizar águas tratadas afim de diminuir o consumo dos recursos hídricos em áreas urbanas.
ALTERNATIVE SANITARY CONCEPTS FOR RURAL AND URBAN AREAS	A. Wrieger-Bechtold et al.	Reflexão sobre diferentes possibilidades de utilização de águas tratadas, gases geradas no tratamento e do lodo tratado. Os autores debatem algumas soluções sobre usos sustentáveis desses subprodutos.
ADAPTAÇÃO DE EFLUENTE DOMÉSTICO PARA USO AGRÍCOLA POR TRATAMENTO BIOLÓGICO, FÍSICO E DESINFECÇÃO POR ULTRAVIOLETA	A. A. S. Oliveira* et al.	Análise dos parâmetros físico-químicos e biológicos de efluentes tratados na ETE de Araras - São Paulo com desinfecção ultravioleta e observou a viabilidade sanitária e agrícola dos mesmos, respeitando a legislação vigente.
NITROGEN AND PHOSPHORUS FLUXES IN THREE SOILS FERTIGATED WITH DECENTRALISED WASTEWATER TREATMENT EFFLUENT TO FIELD CAPACITY	W. Musazura et al.	Análise da capacidade de campo de três solos na África do Sul com a utilização de fertirrigação com águas residuais. Uma das conclusões foi o aumento de nitrogênio e fósforo nos solos, que podem vir a se tornar uma preocupação a médio e longo prazo.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Após selecionados as categorias de tratamentos acessíveis à região de estudo, foi feita uma análise comparativa entre os métodos, através de critérios comparativos de interesse para aplicação do processo hierárquico analítico. A metodologia de terminação dos critérios está de acordo com o apresentado por Pinto et al (2005). Além dos critérios bibliográficos e considerando a realidade do local de estudo, selecionamos também o parâmetro de ‘impacto visual do sistema’ como nesses 9. O importante nesta etapa é avaliar quais são os pontos fortes e fracos dos sistemas dentro dos critérios adotados, sendo realizada uma análise objetiva das informações levantadas.

O primeiro sistema é composto por fossa séptica seguido de tratamento complementar do filtro anaeróbio. O sistema contar com o tratamento complementar do filtro anaeróbio aumenta a eficiência de remoção da DBO em 27,5%, e a remoção de DQO em 17,8%, por exemplo (PINTO et al., 2015). Suas desvantagens são: as altas complexidade construtiva e de manutenção.

O sistema fossa séptica com sumidouro apresenta como vantagens a baixa demanda por área em sua construção, a baixa complexidade de manutenção do sistema, a baixa geração de odores e a baixa dependência de fatores climáticos. Sua desvantagem é a baixa eficiência na remoção da DBO e DQO, quando comparado aos outros sistemas de tratamento.

O sistema fossa séptica com tanque de evapotranspiração apresenta como vantagem a baixa geração de odores e a baixa dependência das características do solo, uma alta eficiência na remoção da DBO e DQO. Suas desvantagens são: a alta dependência de fatores climáticos e o grande impacto visual no local de implantação do sistema.

O sistema fossa séptica com círculo de bananeiras em série possui como vantagens a sua baixa complexidade de construção e manutenção, e boa eficiência na remoção da DBO e DQO, quando comparado aos outros sistemas de tratamento. Suas desvantagens são: a alta demanda por espaço e alta dependência dos fatores climáticos.

O sistema fossa séptica biodigestora possui como vantagem a baixa complexidade de manutenção e o baixo impacto visual no local. Sua desvantagem é a baixa eficiência na remoção de DBO e DQO, quando comparado aos outros sistemas de tratamento.

No Quadro 6 a solução Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio quando comparada com a solução Fossa Séptica + Tanque de Evapotranspiração demanda uma área menor ('Baixa' x 'Média', respectivamente) o que fez esta solução receber valor 5 na comparação (4 unidades de diferença). Na linha da solução (já que se trata de uma matriz) Fossa Séptica + Tanque de Evapotranspiração versus Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio, o valor adotado foi de 1/5 (um dividido por 5), pois a solução que leva vantagem nesse critério é a Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio.

Já a comparação entre as soluções Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio versus Fossa Séptica + Círculo de Bananeiras, a solução Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio recebeu valor 9 na comparação (8 unidades de diferença). Na linha da solução Fossa Séptica + Círculo de Bananeiras, o valor adotado foi de 1/9 (um dividido por 9), pois a solução que leva vantagem nesse critério é a Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio.

Caso uma solução apresentasse uma demanda Média e fosse comparada com outra que apresentasse a característica Alta, a primeira receberia o valor 5 e a segunda o valor 1/5 (a diferença entre elas seria de $9 - 5 = 4$ unidades).

Quando duas soluções com iguais classificações são comparadas, atribui-se o valor 1 (Igual Importância).

O processo acima foi repetido para os 8 critérios a seguir. A Tabela 3 expõe os pesos comparativos entre soluções no critério demanda da área.

Tabela 3: Critério demanda da área. Comparação entre soluções.

Demanda de área	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	1,0	5,0	9,0	5,0
FS + SU	1,0	1,0	5,0	9,0	5,0
FS + TE	0,2	0,2	1,0	5,0	1,0
FS + CB	0,1	0,1	0,2	1,0	0,2
FSB	0,2	0,2	1,0	5,0	1,0

Quanto ao critério que demanda a complexidade construtiva é apresentado a Tabela 4, a seguir:

Tabela 4: Critério complexidade construtiva. Comparação entre soluções.

Complexidade Construtiva	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	0,2	0,1	0,1	0,2
FS + SU	5,0	1,0	0,2	0,2	1,0
FS + TE	9,0	5,0	1,0	1,0	5,0
FS + CB	9,0	5,0	1,0	1,0	5,0
FSB	5,0	1,0	0,2	0,2	1,0

Considerando a complexidade de operação, a Tabela 5 apresenta a matriz de comparação entre os tratamentos.

Tabela 5: Critério de complexidade de operação. Comparação entre soluções.

Complexidade de Operação	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	1,0	1,0	1,0	9,0
FS + SU	1,0	1,0	1,0	1,0	9,0
FS + TE	1,0	1,0	1,0	1,0	9,0
FS + CB	1,0	1,0	1,0	1,0	9,0
FSB	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0

Já Para o critério que considera a manutenção dos sistemas, a Tabela 6 apresenta a matriz de comparação entre os tratamentos.

Tabela 6: Critério complexidade de manutenção. Comparação entre soluções.

Complexidade de Manutenção	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	0,2	0,1	0,2	0,1
FS + SU	5,0	1,0	0,2	1,0	0,2
FS + TE	9,0	5,0	1,0	5,0	1,0
FS + CB	5,0	1,0	0,2	1,0	0,2
FSB	9,0	5,0	1,0	5,0	1,0

No âmbito da eficiência do tratamento, foram comparados os critérios de remoção de DBO (Tabela 7) e o critério de remoção de DQO (Tabela 8) quanto maior a % de remoção de DBO do sistema no Quadro 6, maior o valor recebido de importância. Os valores variam entre 40,0%, peso atribuído 1 (Igual Importância) e 77,5%, peso atribuído 9 (Importância Absoluta). O Quadro 13 expõe os pesos comparativos entre soluções no critério remoção de DBO. Já para os valores de DQO, variam entre 50,0%, peso atribuído 1 (Igual Importância) e 68,4% peso atribuído 9 (Importância Absoluta).

Tabela 7: Critério remoção de DBO. Comparação entre soluções.

Remoção de DBO	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	8,0	0,5	4,0	5,0
FS + SU	0,1	1,0	0,1	0,2	0,3
FS + TE	2,0	9,0	1,0	5,0	6,0
FS + CB	0,3	5,0	0,2	1,0	2,0
FSB	0,2	4,0	0,2	0,5	1,0

Tabela 8: Critério remoção de DQO. Comparação entre soluções.

Remoção de DQO	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	8,0	1,0	5,0	9,0
FS + SU	0,1	1,0	0,1	0,3	2,0
FS + TE	1,0	8,0	1,0	5,0	9,0
FS + CB	0,1	4,0	0,2	1,0	5,0
FSB	0,1	0,5	0,1	0,2	1,0

O município de Casimiro de Abreu/RJ é um local com alto índice pluviométrico, portanto, quanto menor a dependência do sistema nesse critério, maior foi o peso adotado. Se a classificação

adotada na Tabela 1 foi de ‘Baixa dependência’ o peso atribuído foi 9 (Importância Absoluta), se a classificação adotada foi ‘Média dependência’ o peso atribuído foi 5 (Forte Importância), se a classificação adotada foi ‘Alta dependência’ o peso atribuído foi 1 (Igual Importância). A Tabela 9 expõe os pesos comparativos entre soluções no critério de dependência de fatores climáticos.

Tabela 9: Critério dependência de fatores climáticos. Comparação entre soluções.

Dependência de Fatores Climáticos	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	1,0	9,0	9,0	5,0
FS + SU	1,0	1,0	9,0	9,0	5,0
FS + TE	0,1	0,1	1,0	1,0	0,2
FS + CB	0,1	0,1	1,0	1,0	0,2
FSB	0,2	0,2	5,0	5,0	1,0

Considerando o impacto visual do sistema, o local de estudo é um condomínio de classe média alta, com padrões de construção de altos investimentos. Caso a solução implantada gere esse impacto considerado no trabalho como negativo, os lotes e casas no entorno sofrerão depreciação no seu valor. Portanto, soluções que envolvam plantas com altas necessidades hídricas como bananeiras/taioabas foram consideradas de alto impacto.

Quando a classificação ‘Baixo’ na Tabela 1 foi adotada, o peso atribuído foi 9 (Importância Absoluta). Para a classificação ‘Alto’, o peso atribuído foi 1/9 (um dividido por nove). Quando duas soluções com iguais classificações são comparadas, atribui-se o valor 1 (Igual Importância). A Tabela 10 expõe os pesos comparativos entre soluções no critério impacto visual do sistema no local.

Tabela 10: Critério impacto visual do sistema no local. Comparação entre soluções.

Impacto Visual do Sistema no Local	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	1,0	9,0	9,0	1,0
FS + SU	1,0	1,0	9,0	9,0	1,0
FS + TE	0,1	0,1	1,0	1,0	0,1
FS + CB	0,1	0,1	1,0	1,0	0,1
FSB	1,0	1,0	9,0	9,0	1,0

O último critério de avaliação foi a relação dos tratamentos com a geração de odores. Por se tratar de um projeto em local residencial, a equipe o caracterizou como o mais relevante para este trabalho. A matriz está demonstrada na Tabela 11.

Tabela 11: Critério geração de odores. Comparação entre soluções.

Geração de Odores	FS +FA	FS + SU	FS + TE	FS + CB	FSB
FS + FA	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
FS + SU	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
FS + TE	1,0	1,0	1,0	5,0	5,0
FS + CB	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0
FSB	0,2	0,2	0,2	1,0	1,0

Ao fim da análise objetiva da comparação entre cada solução dentro dos 9 critérios adotados, realizou-se a checagem da razão de coerência da informação, apresentados na Tabela 12, e concluiu-se que a análise foi feita de forma correta.

Tabela 12: Razão de coerência da comparação entre soluções em cada critério adotado.

Critério do sistema	Razão de Coerência para 5 parâmetros	
Demanda de área	0,04	<0,1. Ok!
Complexidade construtiva	0,04	<0,1. Ok!
Complexidade de operação	0,00	<0,1. Ok!
Complexidade de manutenção	0,04	<0,1. Ok!
Remoção de DBO (%)	0,05	<0,1. Ok!
Remoção de DQO (%)	0,03	<0,1. Ok!
Dependência de Fatores Climáticos	0,04	<0,1. Ok!
Impacto Visual do Sistema no Local	0,00	<0,1. Ok!
Geração de odores	0,00	<0,1. Ok!

Após a atribuição de valores, das prioridades e a comparação das características de cada método em cada critério, a planilha executou os cálculos, chegando na pontuação final no. A solução com maior pontuação é a melhor resposta para o problema. Nesse caso a solução encontrada foi o sistema Fossa Séptica + Filtro Anaeróbio com pontuação final de 0,323. A razão de coerência obtida foi satisfatória, sendo a coerência aleatória para 9 critérios, igual a 1,45 e abaixo de 0,10 (10%), comprovando que a qualidade da informação está coerente.

Contudo, adequando-se o projeto à realidade do condomínio, optou-se por incluir um sumidouro no sistema fossa séptica e filtro anaeróbio como alternativa de disposição em solo, ao invés do sistema atual de lançamento no Rio Branco. Este corpo hídrico apresenta baixa vazão, portanto, baixa eficiência na decomposição da matéria orgânica. Vale lembrar que a água utilizada na cozinha deverá passar pela caixa de gordura, NBR 8610/1999, antes de entrar na Fossa Séptica, pois a deposição de gordura nas paredes do sistema diminuirá a eficiência do tratamento do esgoto.

Após as análises subjetivas e a escolha do sistema que melhor se adéqua às necessidades do local de estudo, realizou-se o dimensionamento do sistema considerando as normas técnicas que regulam o esgotamento sanitário, assim como explicitado na Tabela 13.

Tabela 13: Dimensionamento do sistema escolhido através da metodologia AHP para o local de estudo.

Etapa	Fonte	Dimensões
Fossa Séptica	NBR n°7229/1993	Profundidade: 1,50 m Largura: 1,50 m Comprimento: 3,28 m
Filtro Anaeróbico	NBR 13.969/1993.	Volume: 6,912 m ³ Profundidade: 1,80 m Seção Horizontal: 3,84 m ²
Sumidouro	Manual de Saneamento da FUNASA (4° ed.) e NBR n°7229/1993	Área filtrante: 115,2 m ² Diâmetro: 4,0 m Profundidade: 9,2 m
Tronco coletor 1	NBR 8.890/1989	Diâmetro: 400 mm
Tronco coletor 2	NBR 8.890/1989	Diâmetro: 400 mm
DBO	DZ-215.R-4	1,7856 kg/dia

A produção de lodo e o tipo do lodo do filtro anaeróbio é de 60 a 100 g de lodo/hab.dia. Além disso, foram levados em consideração os valores de custo de implantação que variam de 40 a 60 R\$/habitante.

A NBR 8.890/1989 da ABNT padroniza os diâmetros de tubos de concreto para diâmetro nominal (DN) igual a 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1500, 1750, e 2000 mm. Utilizou-se o menor diâmetro de concreto nas redes coletoras, o diâmetro de 400 mm (milímetros) visando atender demandas futuras.

A NBR 9649/1986 determina como profundidade mínima 0,90 metros para coletores, e declividade mínima de 0,006 m/m. os valores foram obedecidos. Os coletores identificados como '1' e '2' são definidos pelo projeto de divisão do sistema em duas partes, para que não haja interrupção do serviço por algum incidente.

5 CONCLUSÕES

O reconhecimento da área de estudo se mostrou eficaz para o trabalho. Através do conhecimento das especificidades do local de estudos, foi possível priorizar os critérios a serem utilizados na metodologia e tornando o projeto mais verídico com a realidade do local.

A análise subjetiva do AHP determina os pesos dos critérios adotados aos parâmetros considerados importantes para a implementação e manutenção do sistema local. Através dessa

ferramenta viabilizou-se a tomada de decisão da escolha do sistema de tratamento de esgoto que melhor se adequasse à realidade do condomínio.

Determinada a solução que melhor se encaixou no local de estudo, o sistema fossa séptica – filtro anaeróbio – sumidouro foi dimensionado para o condomínio Floresta I, de acordo com as normas preconizadas e um esboço da rede coletora foi traçada. A etapa do dimensionamento, considerou a declividade do terreno, a granulometria do solo, e a realidade dos corpos hídricos do local, tornando o projeto uma alternativa possível para melhorar a qualidade do acesso dos moradores do condomínio ao esgotamento sanitário.

Salientando as limitações deste trabalho, este artigo não visa propor um método de análise para qualquer comunidade de pequeno porte, dado que é uma metodologia que visa o enquadramento das necessidades da população local com as propostas de esgotamento sanitário.

REFERÊNCIAS

Arcoverde, I. G. N. Orçamento do governo federal prevê queda de 21% nos recursos para saneamento básico em 2020 | economia | g1. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2019/09/05/orcamento-do-governo-federal-preve-queda-de-21percent-nos-recursos-para-saneamento-basico-em-2020.ghtml>. Acesso em: 25 mai. 2020.

Assalie, J. L. S.; Machado, F. M. Panorama setorial 2015-2018: saneamento básico. Banco Nacional do Desenvolvimento – Bndes. 2014. Disponível em: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/17643/1/prcapliv212860_saneamento_compl_p.pdf. Acesso em: 06 de ago. 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 7.229: projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Set., 1993.

Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR 13.969: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Set., 1997.

Ávila, R. De O. Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado, programa de pós-graduação de engenharia – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

Baptista, J. M.; Matos, M. R. Gestão de sistemas de saneamento básico. Vol. I. O saneamento básico em Portugal. Lisboa. 1995.

Barros, M. T.; Tucci, C. E. M.; Porto, R. L. L. Drenagem urbana. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. 1ª ed. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.

Boruszko, D. Vermicomposting as an alternative method of sludge treatment. Journal of Ecological Engineering, v. 21, n. 2, 2020.

Brasil. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 4 abr. 2020.

Brasil. Decreto n. 8141, de 20 de novembro de 2013. Dispõe sobre o plano nacional de saneamento – Plansab [...]. Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d8141.htm. Acesso em 04 de março de 2020.

Brasil. Lei n. 11.445 de 05 de jan., 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília.

Brasil. Secretaria de Vigilância em Saúde: Portaria MS n. 2.914/2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília.

Carlos, É. Brasil ainda levará quatro décadas para alcançar a universalização do saneamento básico. Baixos investimentos devem atrasar a meta do plano nacional de saneamento básico. Revista DAE, ano 6, n. 35, fev./mar., 2017.

Casimiro de abreu (município). Decreto n. 146, de 22 de dez. 2005. regulamento geral de prestação de serviços de abastecimento de água e esgoto do município de casimiro de abreu/rj – saae. Disponível em: <https://www.aguasdecasimiro.rj.gov.br/en/transparencia/decretos/category/18-decretos-2005>. Acesso em: 6 de maio de 2020.

Cheung, p. B. *Et al.* Capítulo 2: consumo de água. *In:* gonçalves, r. F. (coord.). Uso racional de água e energia conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de janeiro: abes. 2009. (prosab)

Chernicharo, c. A. De l. *Et al.* (ed). Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: aplicabilidade da tecnologia anaeróbia para o tratamento de esgotos domésticos. 1. Ed. Belo horizonte: prosab, v. 2., 2001.

Climatologia. Climatologia de casimiro de abreu/rj. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/3183/casimirodeabreu>. Acesso em: 6 mai. 2020.

Coelho, christine f.; reinhardt, h., de a.; josé, c. Artigo técnico – fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do brasil - green pit technology as a rural sanitation component for the semiarid region of brazil. - eng sanit ambient | v.23 n.4 | jul/ago 2018. 2017

Conselho nacional do meio ambiente – conama. Resolução 357/2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais par ao seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, 2005.

Conselho nacional do meio ambiente – conama. Resolução 430/2011: dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, 2011.

Crespo, p.g. *sistema de esgotos*. 1 ed. Belo horizonte: editora ufm; departamento de engenharia sanitária e ambiental da escola de engenharia da ufm, 1977.

Da costa, j. M.; lobato, e. M. Vi congresso nacional de educação - conedu - fossa de tanque evapotranspiração: uma solução sustentável e segura, para tratamento de águas negras no meio rural. 2009.

De vicq, r.; leite., m. G. P. Avaliação da implantação de fossas sépticas na melhoria na qualidade de águas superficiais em comunidades rurais. Engenharia sanitaria e ambiental, v. 19, n. 4, p. 411-416, 2014.

Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – embrapa. Fossa séptica biodigestor. Soluções tecnológicas. 2001. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/721/fossa-septica-biodigestora>. Acesso em: 15 de dez. De 2019.

Figueiredo, i. C. S. *Et al.* Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. Edição especial saneamento rural, p. 141, 2019a. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_220_n_1820.pdf. Acesso em: 15 de dez., 2019.

Figueiredo, i. C. S. *Et al.* Bacia de evapotranspiração (bet): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário. Edição especial saneamento rural, p. 115, 2019b.

Figueiredo, i. C. S. *Et al.* Tratamento de esgoto na zona rural: fossa verde e círculo de bananeiras. Biblioteca unicamp. Campinas, 2018. Disponível em

<http://www.fec.unicamp.br/~saneamentorural/wp-content/uploads/2017/11/fossa-verde-e-c%c3%adrculo-de-bananeiras-unicamp.pdf>. Acesso em: 27 de nov. 2019.

Fogaça, j. R. V. "tratamentos terciários de efluentes"; brasil escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/tratamentos-terciarios-efluentes.htm>. Acesso em: 23 de jul. De 2020.

Friedler, e. Quality of individual domestic greywater streams and its implication for on-site treatment and reuse possibilities. *Environmental technology*, v. 25, n. 9, p. 997-1008, 2004.

Funadação nacional de saúde - funasa. Manual de saneamento. 3. Ed. Brasília: funasa. 408 p. Brasília: funasa, 2006.

Fundação nacional de saúde - funasa. Manual de saneamento / ministério da saúde, fundação nacional de saúde. – 4.ed.- Brasília: funasa, 2015.

Fundaçãõ nacional de saúde - funasa. Catalosan: catálogo de soluções sustentáveis de saneamento gestão de efluentes domésticos. Ministério da saúde, fundação nacional de saúde; paula loureiro paulo, adriana farina galbiati, fernando jorge corrêa magalhães filho. – campo grande : ufms, 2018.

Fundaçãõ nacional de saúde - funasa. Governo federal. Governo federal lança programa saneamento brasil rural. 2019. Disponível em: <<https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46109-governo-federal-lanca-programa-saneamento-brasil-rural>>. Acesso em: 6 maio. 2020.

Fundaçãõ banco do brasil – fbb. Banco de tecnologias sociais. Brasília: fbb, 2017. Disponível em: <https://tecnologiasocial.fbb.org.br/tecnologiasocial/principal.htm>. Acesso em: 14 dez. 2019.

Heller, l. *Et al.* (ed.). Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios: saneamento e o município. Belo horizonte: escola de engenharia da ufmg, v. 2, 1995.

Instituto brasileiro de geografia estatística - ibge. Casimiro de abreu. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/casimiro-de-abreu/panorama>. Acesso em: 6 maio. 2020.

Jordão, b. M. Da c.; pereira, s. R. A análise multicritério na tomada de decisão - o método analítico de t. L. Saaty. Instituto politécnico de coimbra, p. 14, 2006.

Kelman, j.. Construindo caminhos para o saneamento. Revista saneas, congresso abes fenasan 2017, edição especial e conjunta bio, ano 10, n. 62, jun./set., 2017. Disponível em: <https://issuu.com/aesabesp/docs/biosaneas2017>. Acesso em: 14 de dez., 2019.

Massoud, m. A.; tarhini, a.; nasr, j. A. 2009. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: applicability in developing countries. *Journal of environmental management*. Vol. 90, p. 652–659.

Moher, david et al. Ítems de referencia para publicar protocolos de revisiones sistemáticas y metaanálisis: declaración prisma-p 2015. *Revista española de nutrición humana y dietética*, v. 20, n. 2, p. 148-160, 2016. disponível em: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s2174-51452016000200010. Acesso: 10 de dezembro de 2019.

Pamplona s.; venturi m. Esgoto à flor da terra. Permacultura brasil. Soluções ecológicas. V16, 2004.

Pernambuco (estado). Manual técnico cprh 001: dimensionamento de tanques sépticos e unidades básicas complementares. Recife. Cprh, 2004. Disponível em: <http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/man-tec-norma.pdf> . Acesso em 12 de mar. De 2020.

Pinto, a. G *et al.*. Saneamento rural: análise de sistemas individuais de tratamento de esgoto sanitário como ferramenta de auxílio para tomada de decisão do plano de saneamento municipal. Publicado no 28º congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental da abes. 2015.

Pires, a. H. C; presidente da funasa: saneamento rural: atuação da funasa e o programa nacional de saneamento rural. 13 de ago., 2019.

Rio de janeiro (estado). Lei n. 2661, de 27 de dezembro de 1996. Regulamenta o disposto no art. 274 (atual 277) da constituição do estado do rio de janeiro no que se refere à exigência de níveis mínimos de tratamento de esgotos sanitários, antes de seu lançamento em corpos d'água e dá outras providências. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/5a35845b2e69709d032564fb005de9a4?opendocument>. Acesso em: 04 de mar. De 2020.

Rio de janeiro (estado). Lei n. 4692, de 27 de dezembro de 2005. Modifica a lei n. 2661, de 27 de dezembro de 1996. Disponível em: <https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/88283/lei-4692-05>. Acesso em: 04 de mar. De 2020.

Rio de janeiro (estado). Comissão estadual de controle ambiental – ceca. Dz-215.r-4, de 25 de setembro de 2007. Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluente líquidos de origem sanitária. Diário oficial do estado do rio de janeiro. Disponível em: http://www.tesalab.com.br/site/downloads/inea_dz-215.pdf. Acesso em: 04 de abr. De 2020.

Sistema nacional de informações sobre saneamento – snis. Painel do setor saneamento, 2018. Disponível em: <http://snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-setor-saneamento>. Acesso em: 16 de mar. 2019

Sosnecka, a.; kacprzak, m.; rorat, a.. Vermicomposting as an alternative way of biodegradable waste management for small municipalities. Journal of ecological engineering, v. 17, n. 3, 2016.

Souza, r. S. Entendendo a questão ambiental: temas de economia, política e gestão do meio ambiente. Santa cruz do sul: edunisc, p. 274-313, 2000.

Tutorial de ahp analytic hierarchy process. Rafael fraçoço. Youtube. 30 de mar. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=blljwer742c>. Acesso em: 05 de set. 2020.

Tilley, e., ulrich, l., lüthi, c., reymond, ph. And zurbrügg, c. Compendium of sanitation systems and technologies. 2nd revised edition. Swiss federal institute of aquatic science and technology (eawag). Dübendorf, switzerland, 2014

Tonetti, a. L. Et al. Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções. Campinas, sp. Biblioteca/unicamp. 2018.

Tsutiya, m.t.; alem sobrinho, p. Coleta e transporte de esgoto sanitário, 2.ed. São paulo: departamento de engenharia hidráulica e sanitária da escola politécnica da universidade de são paulo, 2000.

Von sperling, m. *Et al.* (ed.). Manual de saneamento e proteção ambiental para os municípios: esgotos sanitários. Belo horizonte: escola de engenharia da ufmg, v. 2, 1995.

Von sperling, marcos. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 2. Ed. Belo horizonte: departamento de engenharia sanitária e ambiental da ufmg, v.1, 243 p., 1996.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-012>

Maria Eduarda Ramos Cavalcanti Rosa

Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

Viviane Farias Silva

Doutorado, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

RESUMO

Os resíduos sólidos causam grandes danos ao meio ambiente, sendo um dos desafios do ser humano e do planeta. A produção aditiva, representada através de diversas técnicas conhecidas como Impressão 3 D, é uma tecnologia em crescimento; que apesar de ter um impacto ambiental menor, ainda gera resíduos que devem ser potencializados em sua capacidade de produção. A Agenda 21 trata-se de um plano de ação aprovado na Rio-92, que estabelece diretrizes e ações relativas à educação para ser utilizada como instrumento de

planejamento e desenvolvimento sustentável, compatibilizando conservação ambiental, justiça social e crescimento econômico, sendo um dos seus pontos principais a promoção da inclusão social. O Transtorno do Espectro Autista (TEA) e condições relacionadas, são transtornos do neurodesenvolvimento que acarretam sintomas comprometedores da interação social, comunicação e interesses restritos e repetitivos, além das disfunções sensoriais. É papel do design possibilitar o aumento da vida útil dos insumos de maneira criativa, tornando-se oportuna a reutilização dos materiais descartados no processo de impressão 3D aliado à produção de produtos inclusivos, visando atingir necessidades latentes ao novo cenário, envolvendo assuntos como sustentabilidade e neurodiversidade.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Impressão 3D, Autismo, Sustentabilidade, Inclusão.

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), constitui um campo de análise de particular relevância, pelo aumento da produção de resíduos gerados, devido ao crescimento populacional e padrões de consumo humano, e por envolver políticas públicas inovadoras (Heber e Silva, 2014). Assim, a busca pela sustentabilidade e a conscientização ambiental permite a modificação das práticas sociais e impõe à sociedade diversas mudanças de hábitos e rotinas cotidianas, reduzido o impacto ambiental (Roysen, 2020).

A sustentabilidade por meio da avaliação do ciclo de vida do produto e da cadeia produtiva (desde a obtenção da matéria-prima até o seu descarte), geram implicações importantes, tanto no âmbito econômico, quanto no ambiental, através de soluções criativas (Manzini, 2002). Tendo em vista o impacto direto e indireto que a Produção Industrial exerce sobre o ambiente, segundo Martins (2017), esse fator logo desperta a discussão para se encontrar soluções alternativas ao modo como se produz, tendo por base os princípios da Ecoeficiência.

Do ponto de vista ambiental as tecnologias de manufatura aditiva, comumente conhecidas como impressão tridimensional (3D), apontam um potencial para atingir os níveis de Sustentabilidade Produtiva pretendidos, já que, de acordo com Martins (2017), as mesmas possibilitam uma produção

mais efetiva e flexível, proporcionando a redução de peso dos componentes e economizando em recursos, além da melhoria no desempenho e eficiência energética do processo. Segundo Preston (2013), outras vantagens da manufatura aditiva são: a) eliminar a necessidade de transporte desde a fábrica até o cliente e b) a democratização do design e produção, permitindo que os indivíduos e comunidades possam projetar novos produtos que estejam adaptados às necessidades sociais.

Apesar das vantagens supracitadas da impressão 3D, Díaz Lantada et al. (2017) estudam esforços para haver a redução dos impactos ambientais causados pelas estruturas de suporte, que são necessárias em impressões específicas. O desperdício gerado no processo aliado ao gerenciamento de impressões com falhas e os produtos de fim de vida produzidos pela manufatura aditiva são alguns dos problemas, em especial para peças poliméricas (Rejeski et al., 2017). Episódios atípicos podem aumentar a necessidade do uso da manufatura aditiva, e como consequência o desperdício gerado pelos materiais de suporte. Um deles foi a pandemia do coronavírus, que gerou um incremento na confecção de equipamentos de proteção facial, a exemplo da *face shield*.

Apenas no período de 2020, no Labter 3D-NUTES, em Campina Grande-PB, foram produzidas mais de 1.500 *face shield* por impressão 3D, o que gera um resíduo de aproximadamente 3kg, contabilizando unicamente os resíduos provenientes do material de suporte (Tabela 1). Quando adicionadas as falhas e imprevistos, o qual empresas estão suscetíveis a sofrer, esse número aumenta consideravelmente.

Tabela 1: Dados sobre manufatura aditiva no Labter 3D-NUTES, em 2020.

	1 FACE SHIELD	5 FACE SHIELD
MATERIAL	29 gramas	110 gramas
SUPORTE	2 gramas	24 gramas
MATERIAL + SUPORTE	31 gramas	134 gramas
TEMPO DE IMPRESSÃO	3 horas e 5 minutos	17 horas e 6 minutos

Fonte: Autores, 2023.

Além disso, o desenvolvimento significativo de impressoras 3D, em especial a Fused Deposition Modeling (FDM), deve aumentar os tipos de materiais utilizados para fabricação de filamentos. Essa diversificação, deve aumentar os desafios para a reciclagem do polímero, assim como sua remanufatura (Rejeski et al., 2017), tornando-se pertinente estudos que promovam soluções para essa nova diligência.

Dentro desse contexto, pode-se citar a Agenda 21 global, que foi um documento consensual no qual a noção de desenvolvimento sustentável adotada pretendia superar as divergências do debate em torno da relação entre crescimento econômico e conservação dos recursos naturais (Leis, 1996). Na Agenda 21 brasileira, que tem por base a Agenda 21 global, a educação é fundamental e tratada como fator de inclusão social. Nesse contexto, três apontamentos se fazem pertinentes: a) o Brasil com a 4ª

colocação no ranking mundial (em 2016) como grande produtor de resíduos sólidos, com seus quase 80 milhões de toneladas (Mello, 2018); b) o setor de reciclagem brasileiro movimentando mais de R\$12 bilhões/ano e perdendo a oportunidade de ganhar mais de R\$ 8 bilhões/ano, por deixar de reciclar os resíduos que são encaminhados para aterros e lixões (BRASIL, 2012) e c) o aumento da demanda inclusiva nos últimos tempos no mundo.

Estima-se que no Brasil haja mais de 2 milhões de pessoas com o Transtorno do Espectro Autista (TEA), que é uma condição de origem neurobiológica que se manifesta através de uma série de singularidades que demandam maiores cuidados diante das questões cognitivas, de interação e comunicação social e processos de aprendizagem, pelos interesses restrito-repetitivos (Silva, 2020). As pessoas que estão dentro desse espectro, em sua grande maioria, possuem dificuldades no processamento e ordenamento das informações coletadas e percebidas dentro do ambiente, que de acordo com Hebert (2003), se manifestam pela inexistência de sensibilidade para alguns estímulos ou pela sobrecarga sensorial provocada por ela.

Essa modificação do processamento e ordenamento das pessoas com TEA, são provocadas pela receptividade das diferentes informações sensoriais adquiridas por sete sistemas diferentes: olfato, paladar, audição, visão, tato e os de menor popularidade, porém de importância crucial, proprioceptivo e vestibular (Mendes, 2019). De acordo com Serrano (2016), a Integração Sensorial (IS) é o processo neurológico que organiza as sensações entre o corpo de um indivíduo e do ambiente, tornando o seu uso eficiente. Entretanto, para Andrade (2012), as pessoas autistas não são capazes de ordenar essas sensações recebidas no meio externo, o que se dá o nome de Disfunção da Integração Sensorial (DIS).

Pesquisas relatam que há um quantitativo de 40 a 90% de pessoas com TEA que possuem alguma DIS, provocando um impacto considerável na qualidade de vida destes indivíduos e de suas famílias. Essas dificuldades podem ser relacionadas à reatividade sensorial (também chamado de modulação sensorial) ou à discriminação somatossensorial, associadas ao pobre processamento vestibular (Mendes, 2017). Contudo, de acordo com Locatelli (2016), a intervenção multidisciplinar pode se destacar como fator determinante na melhoria da autonomia dos autistas, através dos ganhos de habilidades motoras, sensoriais e cognitivas, respeitando o nível de desenvolvimento e particularidades de cada indivíduo.

Deste modo, esse artigo tem como objetivo apresentar sobre o desenvolvimento de um produto sensorial para pessoas com TEA, a partir da reciclagem de resíduos poliméricos (materiais de suporte) de impressão 3D, como alternativa sustentável e inclusiva, utilizando-se dos atributos da Agenda 21.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi realizada na cidade de Campina Grande-PB. Os resíduos poliméricos obtidos para os experimentos são: o ácido poliláctico (PLA) e o acrilonitrila butadieno estireno (ABS), adquiridos através do Labter 3D-NUTES, que foram retirados e guardados em sacos plásticos e lacrados para evitar contaminação (Figuras 1, 2 e 3).

Figuras 1,2 e 3: Rejeitos de materiais de suporte do Labtec 3D – NUTES (PLA E ABS, respectivamente).



Autoras, 2020.

Sabido que a forma do resíduo é uma avaliação importante e desejando-se a comparação dos materiais e de seus comportamentos mecânicos (de modo a proporcionar segurança ao público alvo), fez-se pertinente que os mesmos fossem triturados e transformados em partículas compatíveis ao dimensionamento de 0 – grãos (sem comprimento lateral, com partículas ≤ 8 mm), estabelecendo uma distribuição uniforme de tamanho e proporcionando bom desempenho ao produto final, conforme Santos (2006) sugere. Para isso foi utilizado o ultra-processador Nutri NINJA Auto IQ, com potência de 1.000 Watts. Essa trituração foi realizada por 10 vezes com os resíduos ocupando a metade da capacidade do recipiente.

Esse processo de trituração foi realizado até se chegar ao dimensionamento esperado e as peças foram moldadas em uma fôrma com ondulações, adquirindo um padrão de uniformidade sensorial durante o processo de derretimento e secagem. Para moldá-los no formato ideal, o material foi submetido ao aquecimento utilizando um forno de bancada Britânia 36L. Já para a realização dos acabamentos finais da peça, foi utilizada a retificadora Dremel 3000 para desbaste das irregularidades.

Do ponto de vista da metodologia de design, utilizou-se o Design Universal (DU), que possui sete princípios básicos para a criação de produtos inclusivos: 1) uso equitativo; 2) flexibilidade de uso; 3) uso intuitivo; 4) informação perceptível; 5) tolerância ao erro; 6) baixo esforço físico e 7) tamanho e espaço para acesso e uso (Bresch, 2008). Para tanto, fez-se necessário comparar o produto sensorial com produtos já existentes no mercado, que exercessem a mesma função prática. Empregando DU dentro da perspectiva autista, foi utilizado como base para a elaboração dos critérios de avaliação os

aspectos sensoriais, descritos no Quadro 1. A partir dele foi possível pensar quais os critérios para se atingir os 7 princípios do DU.

Quadro 1: Modalidades sensoriais e exemplos de comportamentos relacionados a alterações sensoriais dos autistas utilizados como critérios metodológicos.

Modalidades Sensoriais	Exemplos de Comportamentos Relacionados a Alterações Sensoriais
Visual	Alteração por fonte de luz; Encarar objetos que rodam; Reconhecimento de expressões faciais prejudicado; Evita contato visual; Recusa alimentos devido a sua cor
Auditiva	Surdez aparente; Intolerância a alguns sons; Emissão de sons repetitivos
Somatossensorial	Alta tolerância a dor; Aparente falta de sensibilidade ao calor e frio; Autoagressividade; Não gosta de contato físico (inclusive a alguns itens de vestuário); Atração por superfícies ásperas.
Olfativa	Cheirar coisas não comestíveis; Recusa determinados tipos de alimentos devido ao seu odor.
Paladar e Sensibilidade Bucal	Exploração bucal de objetos; Seletividade alimentar devido a recusa de alguma textura.
Vestibular	Movimento iterativo de balanço; Equilíbrio inadequado.
Proprioceptiva	Andar na ponta dos pés; Desajeitado.

Fonte: ROSA, 2022.

Além dessa abordagem, para o desenvolvimento do produto sensorial com foco na tecnologia assistiva, percebe-se o *Design Thinking* (Brown, 2008) como uma metodologia pertinente, visto que é um método cíclico e que permite regressar às etapas que não foram bem resolvidas, caso seja verificada alguma ineficiência em seu uso, solucionando-as. Tal metodologia é construída a partir do entendimento da necessidade do indivíduo, da geração de ideias e criação e avaliação de protótipos para os próximos passos de execução de um produto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O PLA é da família dos poliésteres alifáticos, termoplástico e resistentes (Wang et al., 2008), produzido por síntese química do ácido láctico por meio da fermentação bacteriana do amido ou de glicose extraído do milho, entre outras vias de produção (Pradella, 2006; Guerra, 2010; Oliveira, 2006). Nas últimas décadas suas aplicações como polímero biodegradável estão sendo amplamente estudadas, pois o mesmo apresenta características comparáveis aos termoplásticos sintéticos derivados do

petróleo: poliestireno cristal (PS) e o poli (tereftalato de etileno) – PET, principalmente quanto a sua resistência mecânica (Wang et al., 2008).

Atualmente, a principal aplicação do PLA produzido está no desenvolvimento de embalagens, a qual representa cerca de 70%, e os demais no setor de fibras e têxteis, agricultura, eletrônicos e aparatos domésticos (Pradella, 2006) e na área biomédica, devido à sua característica de biocompatibilidade e bioabsorção (Jahno, 2005). Ele é considerado um material biodegradável, absorvível e biocompatível, possibilitando a fabricação de diversos objetos, dentre eles dispositivos biomédicos (Hamad et al., 2015).

O Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS), é um plástico não biodegradável feito à base de petróleo, amplamente adotado em processos de moldagem por injeção industrial, com ampla utilização na impressão termoplástica devido à resistência, durabilidade e segurança (Campos, 2022). É um dos termoplásticos mais acessíveis em termos de custo e com bastante durabilidade e resistência mecânica (Alzahrani, 2017). Para Besko et al. (20017), esse fator se torna interessante, visto que para o ciclo de vida do produto deve-se considerar que produtos com vida longa não precisarão ser substituídos constantemente, o que demandaria energia e matéria-prima excedentes.

Abreu (2017) destaca a capacidade do PLA ser impresso sob uma superfície fria, como uma das suas maiores vantagens de utilização. Outro ponto é a velocidade de impressão, além do caráter estético, produzindo peças com superfície lisa, maior detecção de detalhes e brilhante. Em contrapartida, apresenta baixa resistência térmica ao ser submetida a elevadas temperaturas, como detalhado na Tabela 2.

Tabela 2: Temperaturas de extrusão para alguns dos materiais usados em impressão 3D por FDM.

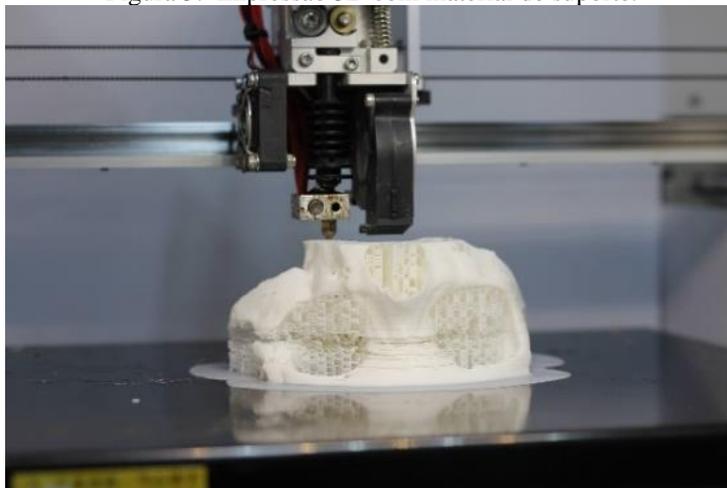
Material	Temperatura de Extrusão (°C)
PLA	180-210
ABS	185-235
PVA	180-200
PETG	220
HIPS	235
PC	280-335

Fonte: Adaptada de Molina, 2016.

Molina (2016), apresenta a velocidade de impressão típica para FDM de aproximadamente 60mm/s, havendo alguns equipamentos capazes de atingir velocidades superiores. A temperatura de extrusão depende do material a ser impresso, sendo o PLA o material mais comum. A maior parte das extrusoras conseguem atingir temperaturas de, pelo menos, 200°C. No que diz respeito ao processo de preparação das peças para a impressão, cabe a definição de parâmetros importantes como: a altura de camada, a percentagem de enchimento, a possibilidade de adição de suportes ou outros elementos necessários para a impressão de peças com sucesso (Abreu, 2017).

O enchimento diz respeito à quantidade de material utilizado no interior da peça, que é quantificada pela sua porcentagem. O critério de escolha de enchimento de uma peça está diretamente associado à rigidez desejada, quantidade de material, peso e tempo de impressão. Existem ainda diversos padrões de enchimento que conferem à peça diferentes comportamentos mecânicos. Em grande parte dos processos pode haver a necessidade de adição de material de suporte (Figura 5). Este artifício consiste na impressão de uma estrutura física para suportar camadas superiores que a geometria da peça pode exigir. Estas estruturas podem ser impressas com o mesmo material da peça e removidos manualmente após a impressão (Abreu, 2017).

Figura 5: Impressão 3D com material de suporte.



Fonte: Autora, 2021.

Silva (2007) considera que grande parte dos processos de impressão 3D necessitam de um material de suporte, servindo de estruturas para apoiar as regiões do protótipo que estariam em balanço durante a construção da peça e depois de pronto, a retirada do suporte é feita e o mesmo vira resíduo. Segundo o autor supracitado, a trituração e distribuição uniforme de tamanho de *pellets* facilita a mistura de diferentes lotes ou de diferentes composições. A reciclagem mecânica de materiais poliméricos, consiste na passagem dos resíduos através dos processos básicos de reciclagem, cujo principais processos são separação, moagem, lavagem, secagem, extrusão e injeção (Faria & Pacheco, 2005), resultando em matéria prima para confecção de novos produtos.

Sendo assim, é fundamental assegurar o mínimo de variação da espessura para os *pellets*, uma vez que o tamanho da unidade tem relação direta com a área superficial que influencia a quantidade de material de revestimento, necessária para a cobertura completa. Existem três objetivos principais para a redução de tamanho: a) a geração de partículas que podem ser mais facilmente manipuladas do que peças volumosas; b) a geração de partículas de tamanho e formato uniformes que podem ser separadas efetivamente em processos de fluxo e c) a liberação de materiais diferentes uns dos outros.

Trituradoras de corte são geralmente usadas para realizar redução de tamanho grosseiro e liberação (Abreu, 2017).

Desse modo, percebeu-se através dos testes experimentais, que os materiais responderam de maneira satisfatória a moldagem por aquecimento. As etapas para realização dessas amostras foram: a) trituração do PLA e do ABS; b) colocação do PLA e do ABS triturados na fôrma para moldagem antiaderente com desmoldante; d) forno a uma temperatura de 150°C para PLA (temperatura que se apresentou favorável no teste preliminar) e 180°C para o ABS, como pode-se observar no painel de imagens da Figura 6 e do painel de imagens da Figura 7.

Figura 6: Preparação das amostras de PLA para caracterização com fôrma para moldagem com superfície removível.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 7: Preparação das amostras de ABS para caracterização com fôrma para moldagem com superfície removível.



Fonte: Autora, 2021.

Com esse método de preparação das amostras foram obtidos resultados condizentes com o esperado, contemplando dados metodológicos. As amostras de PLA apresentaram uma das superfícies confeccionadas com acabamento plano, a outra com texturas uniformes (em formato de pequenos círculos abaulados por toda extensão da peça), como detalhado na Figura 8. Já as amostras de ABS apresentaram ambas superfícies com texturas, sendo a superfície superior com texturas bastante sensoriais e ásperas, e a superfície inferior com os orifícios abaulados provenientes da fôrma moldadora (Figura 9).

Figura 8: Resultado de amostra de PLA preparada com fôrma para moldagem com superfície inferior removível.



Fonte: Autora, 2021.

Figura 9: Resultado de amostra de ABS preparada com fôrma para moldagem com superfície inferior removível.



Fonte: Autora, 2021.

As DIS afetam diretamente o envolvimento ocupacional do indivíduo com TEA, e o Terapeuta Ocupacional é o profissional que utiliza a abordagem de IS para avaliar e intervir sobre as dificuldades desse processamento sensorial, combinando estímulos sensoriais integrados específicos associados às demandas ocupacionais (envolvendo principalmente o brincar), a fim de favorecer a adaptação ao ambiente, a capacidade prática e organização do comportamento frente a um ambiente rico em sensações (Mendes, 2019).

Dentro da perspectiva da estimulação sensorial, que realiza o método de intervenção preconizando a ativação das áreas sensíveis das pessoas com TEA, utilizando superfícies com aspectos acima do que o indivíduo consegue suportar habitualmente, percebeu-se que para além de uma extensão sensorial com textura, faz-se pertinente o uso de um material mais rígido do que os já disponíveis no mercado (silicone), como observa-se na Figura 10, de modo que o impacto da sensação seja mais intenso, ponto positivo à longo prazo para melhor regulação.

Figura 10: Tapetes sensoriais de silicone.



Fonte: BMB terapêuticos, 2020.

Ao contrário do que se pensa, as pessoas que possuem o TEA podem apresentar evoluções nas questões sensoriais, ao passo que vão crescendo e passando por processos de intervenção terapêuticas (Gadia, 2004; Gaiato, 2016). O design pode contribuir através da defesa do uso de materiais e novos recursos que tenham um baixo impacto ambiental (Albach, 2017), podendo ser utilizado como estratégia sistemática de resolução de problemas para satisfazer necessidades, ampliando a vida útil do produto e lançando novas versões de produtos, para outras finalidades e outros públicos (Smith et al., 2012).

Dentro dessa nova perspectiva de vida, e das novas necessidades humanas ao novo cenário, chama a atenção às necessidades para pessoas com deficiências, que por sua vez, possuem mais dificuldades de adaptação aos padrões e sistemas sociais, há décadas (Bersch, 2008). De acordo com Petry (2019) produtos inclusivos são necessários para que a diversidade funcional seja contemplada. Investir nesses projetos pode ser uma boa estratégia para descobrir mercados até então inexplorados.

Apesar de ambas as amostras, de PLA e ABS, terem apresentado superfícies com texturas e aspectos físicos e estéticos favoráveis a intervenção da IS, o PLA mostrou-se superior quando avaliado a partir dos critérios considerando os aspectos sensoriais dos autistas, detalhados no Quadro 2.

Quadro 2: Critérios para avaliação das amostras em detrimento das disfunções sensoriais das pessoas com TEA.

Aspectos	Critérios	PLA	ABS
VISUAL	Cores atrativas;	SIM	NÃO
	Objetos redondos/sem quinas vivas;	SIM	SIM
	Formato lúdico;	SIM	SIM
	Formato intuitivo.	SIM	SIM
AUDITIVA	Não proporcione ruídos altos	SIM	NÃO
SOMATOSSENSORIAL	Textura forte, mas sem dor;	SIM	NÃO
	Temperatura agradável;	SIM	SIM
	Não proporcione lesões;	SIM	NÃO
		SIM	NÃO

	Não tenha aspereza elevada; Superfície áspera.	SIM	SIM
OLFATIVA	Não ter cheiro forte.	SIM	NÃO
PALADAR	Possa colocar na boca;	SIM	NÃO
VESTIBULAR	Seja estável	SIM	SIM
PROPRIOCEPTIVA	Aguentar peso	SIM	SIM

Fonte: Autoras, 2022.

Percebeu-se que, principalmente nos aspectos visuais, auditivos, somatossensoriais, olfativos e de paladar, o PLA apresentou-se mais viável ao público-alvo, apresentando coloração mais atrativa (que não se modificou com o processo de aquecimento, diferentemente do ABS), com formato abaulado nas extremidades e com texturas uniformes por toda a extensão da peça, que entra em contato com o usuário sem oferecer riscos ao mesmo. Além disso, por ser derivado de petróleo, o ABS trouxe um odor característico e desagradável à peça final. Também proporciona um ruído inapropriado (se em atrito com outros objetos), podendo trazer desconforto às pessoas com TEA.

4 CONCLUSÃO

Conclui-se, portanto, que o Design Inclusivo precisa de mais incentivo da indústria brasileira e estudos científicos que contemplem essa temática, considerando dois fatores primordiais: a) as características motoras, cognitivas, emocionais e sociais da população e b) as exigências pedagógicas, psicológicas e físicas impostas pelo meio. Desse modo, viu-se que as características físicas e estéticas do produto, como: o peso, tamanho e forma; são essenciais para que o processo de adaptação seja satisfatório, já que esses aspectos podem contribuir ou dificultar o movimento, a preensão e a manipulação dos materiais pedagógicos.

A metodologia de trituração, pesagem, moldagem e secagem em fôrma para moldagem com superfície inferior removível se mostrou viável para criar produtos sensoriais com resíduos de PLA e ABS, provenientes de impressão 3D. Percebe-se que esse produto aumenta a vida útil de um material que iria ser descartado e degradado no meio ambiente, além de se tornar acessível e viável ao tratamento terapêutico de pessoas com autismo, trazendo potencial social, sustentável e inclusivo ao projeto, contemplando as diretrizes da Agenda 21. Entretanto, apesar de ambos terem chegado aos aspectos sensoriais desejados, em relação ao apropriado às questões sensoriais específicas do público-alvo, o PLA apresentou-se mais satisfatório.

Desse modo, acredita-se que esse trabalho demonstra que é possível criar um produto inclusivo, utilizando princípios da sustentabilidade, atribuindo um novo valor a um resíduo que seria um problema ambiental, criando um produto nacional, alternativa mais acessível aos profissionais da saúde que trabalham com esse tipo de intervenção.

REFERÊNCIAS

- Abreu, j. T. F. (2017). *Desenvolvimento de uma impressora fdm tipo delta* (doctoral dissertation, universidade do porto (portugal)).
- Agenda 21. Conferência das nações unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento. Rio de janeiro: centro de informações das nações unidas, 1992.
- Albach, d. M. (2017). *Design para sustentabilidade em cenários futuros no setor de embalagens de alimentos em autosserviço. 2017* (doctoral dissertation, tese (doutorado em design). Universidade federal do paraná, paraná).
- Alzahrani, m. (2017). *Modification of recycled poly (ethylene terephthalate) for fdm 3d-printing applications* (master's thesis, university of waterloo).
- Andrade, m. P. D. (2012). Autismo e integra o sensorial-a interven o psicomotora como um instrumento facilitador no atendimento de crianças e adolescentes autistas.
- Araújo, r. C. T., & manzini, e. J. (2001). Recursos de ensino na escolariza o do aluno deficiente físico. *Linguagem, cogni o e ensino do aluno com deficiência. Unesp*, 1-11.
- Bersch, r. (2008). Introdu o   tecnologia assistiva. *Porto alegre: cedi, 21*.
- Besko, m., bilyk, c., & sieben, p. G. (2017). Aspectos técnicos e nocivos dos principais filamentos usados em impressão 3d. *Gestão tecnologia e inova o, 1(3)*, 9-18.
- Boza, m., calgaro, c., & luca, m. (2011). Sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e ecodesenvolvimento: um projeto para uma justiça política-social?-ambiental-âmbito jurídico. * mbito jurídico (online)*.
- Brand, f. (2009). Critical natural capital revisited: ecological resilience and sustainable development. *Ecological economics, 68(3)*, 605-612.
- Brasil. Lei n  12.305 (2010). Institui a política nacional de resíduos sólidos; altera a lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. *Diário oficial da república federativa do brasil (online)*.
- Brown, t. (2008). Design thinking. *Harvard business review, 86(6)*, 84.
- Camino, r. D., & muller, s. (1993). Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales: bases para establecer indicadores.
- Campos, l. V. D. (2022). Avalia o do efeito do nível e do tipo de preenchimento nas propriedades mecânicas de corpos de prova fabricados por impressão 3d utilizando o material abs.
- Díaz lantada, a. (2017). Systematic development strategy for smart devices based on shape-memory polymers. *Polymers, 9(10)*, 496.
- Faria, f. P., & pacheco, e. B. A. V. (2011). A reciclagem de plástico a partir de conceitos de produ o mais limpa. *Gepros: gestão da produ o, opera es e sistemas, 6(3)*, 93.

- Gadia, c. A., tuchman, r., & rotta, n. T. (2004). Autismo e doenças invasivas de desenvolvimento. *Jornal de pediatria*, 80, 83-94.
- Gaiato, m. (2016). Autismo: diagnóstico precoce. *Saiba como identificar os sintomas em crianças pequenas*. Recuperado de < <https://pt.scribd.com/document/405278694/autismodiagnostico-precoce-mayra-gaiato>.
- Hamad, k., kaseem, m., yang, h. W., deri, f., & ko, y. G. (2015). Properties and medical applications of polylactic acid: a review. *Express polymer letters*, 9(5).
- Heber, f., & silva, e. M. D. (2014). Institucionalização da política nacional de resíduos sólidos: dilemas e constrangimentos na região metropolitana de aracaju (se). *Revista de administração pública*, 48, 913-937.
- Hebert, b. B. (2003). *Design guidelines of a therapeutic garden for autistic children*. Louisiana state university and agricultural & mechanical college.
- Jahno, v. D. (2005). Síntese e caracterização do poli (l-ácido láctico) para uso como biomaterial.
- Locatelli, p. B., & santos, m. F. R. (2016). Autismo: propostas de intervenção. *Revista transformar*, 8(8), 203-220.
- Manzini, e., vezzoli, c., & clark, g. (2001). Product-service systems: using an existing concept as a new approach to sustainability. *Journal of design research*, 1(2), 27-40.
- Martins, v. H. C. (2017). *Impressão 3d: uma abordagem de produção mais limpa?* (doctoral dissertation).
- Mendes, j. R. L., de lacerda almeida, k. E., de melo, j. M., & de abranes, m. M. G. (2021). Diagnóstico da disposição final dos resíduos sólidos urbanos no estado da paraíba diagnosis of the final disposal of urban solid waste in the state of paraiba. *Diagnóstico*, 3(1).
- Mendes, j. I., & costa, j. R. (2017). Integração sensorial em crianças com transtorno do espectro autista. *Cadernos da escola de saúde*, 17(2), 1-3.
- Molina, m. G., & guzmán, e. S. (1993). Ecología, campesinado e história: para una reinterpretación del desarrollo del capitalismo en la agricultura. In *ecología, campesinado e história* (pp. 23-130). La piqueta.
- Montenegro, m. A., celeri, e. H. R., & casella, e. B. (2018). *Transtorno do espectro autista-tea: manual prático de diagnóstico e tratamento*. Thieme revinter publicações ltda.
- Palombini, f. L., kindlein junior, w., silva, f. P. D., & mariath, j. E. D. A. (2017). Design, biônica e novos paradigmas: uso de tecnologias 3d para análise e caracterização aplicadas em anatomia vegetal. *Design & tecnologia [recurso eletrônico]*. Porto alegre, rs. N. 13 (2017), p. 46-56.
- Petry, j. R. Design inclusivo: uma proposta de recurso para estímulo sensorial de crianças autistas a partir do método montessoriano.
- Posar, a., & visconti, p. (2018). Alterações sensoriais em crianças com transtorno do espectro do autismo. *Jornal de pediatria*, 94, 342-350.

- Pradella, j. G. D. C. (2006). Biopolímeros e intermediários químicos. *Relatório técnico*, (84396-205).
- Preston, f. (2013). Printing with a greener ink. *The world today*, 69, 18.
- Rejeski, w. J., ambrosius, w. T., burdette, j. H., walkup, m. P., & marsh, a. P. (2017). Perda de peso comunitária para combater a obesidade e a incapacidade em idosos em risco. *Revistas de gerontologia série a: ciências biomédicas e ciências médicas*, 72(11), 1547-1553.
- Rocha, a. N. D. C. (2010). Processo de prescrição e confecção de recursos de tecnologia assistiva para educação infantil.
- Rosa, m. E. R. C., & de rangel moreira, a. S. R. (2022). A percepção visual das pessoas com transtorno do espectro autista e suas implicações: uma abordagem a partir da gestalt. *Research, society and development*, 11(11), e56111133416-e56111133416.
- Roysen, r., & cruz, t. C. (2020). Educating for transitions: ecovillages as transdisciplinary sustainability “classrooms”. *International journal of sustainability in higher education*, 21(5), 977-992.
- Silva, j. A., de carvalho, m. E., caiado, r. V. R., & barros, i. B. R. (2020). As tecnologias digitais da informação e comunicação como mediadoras na alfabetização de pessoas com transtorno do espectro do autismo: uma revisão sistemática da literatura. *Texto livre: linguagem e tecnologia*, 13(1), 45-64.
- Serrano, p. (2016). A integração sensorial: no desenvolvimento e aprendizagem da criança. *Lisboa: papa-letras*.
- Smith, s., smith, g., & shen, y. T. (2012). Redesign for product innovation. *Design studies*, 33(2), 160-184.
- Wang, n., yu, j., chang, p. R., & ma, x. (2008). Influence of formamide and water on the properties of thermoplastic starch/poly (lactic acid) blends. *Carbohydrate polymers*, 71(1), 109-118.

Podcast como mídia aliada à educação: Um estudo sobre a valorização no processo de capacitação e formação dos professores de língua portuguesa

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-013>

Gabriela da Silva Coelho Pettenon

Pós-graduação, IFMA

Luis Félix de Barros Vieira Rocha

Universidade Federal de Pelotas

E-mail: felix_rocha_luis@yahoo.com.br

RESUMO

O podcasting foi inventado em 2004 como uma espécie de alternativa à transmissão de rádio pela internet. O objetivo era compensar o download ilegal de músicas por um serviço pago em condições financeiras razoáveis especialmente para os jovens e, recentemente, os podcasts geraram muito interesse devido à sua capacidade de integração no estudo para melhorar as habilidades de escuta, fala e leitura dos alunos. Dessa forma, diante da globalização, o sistema educacional tem passado por transformações que implicam a mudança de alguns paradigmas, entre os quais se encontra a integração das novas tecnologias aos métodos de ensino e aprendizagem. Dessa forma, considera-se que, para que haja sucesso nesse processo, faz-se fundamental a implementação dos processos de formação de professores para que os profissionais docentes possam aplicar tais mecanismos de forma

produtiva e eficaz. Diante disso, esta pesquisa buscou responder a seguinte problemática: como o uso da mídia em podcast pode contribuir na educação especialmente no processo de capacitação e formação de professores de Língua Portuguesa? Portanto, realiza-se esta pesquisa qualitativa, por meio de uma revisão bibliográfica cujo objetivo geral é de apresentar e analisar a ferramenta podcast como mídia aliada à educação no intuito de encorajar a formação contínua dos professores de Língua Portuguesa para estarem aptos e familiarizados a compartilhar e transmitir conhecimentos tecnológicos atualizados na prática docente. Diante de dessas investigações, é possível compreender que a utilização das tecnologias digitais junto ao sistema de ensino e aprendizagem apresentam diversos benefícios relacionados ao desempenho dos estudantes. Pesquisas apontam que, devido a modernização da educação e com o uso dos recursos digitais, os estudantes tendem a se tornar mais participativos, curiosos e criativos, uma vez que essas ferramentas favorecem e fazem com que a disseminação e produção de conhecimentos se torne mais satisfatória, dinâmica, diversa e inclusiva.

Palavras-chave: Podcast, Tecnologias, Educação, Modernização.

1 INTRODUÇÃO

Os benefícios da integração das Tecnologias Digitais da Informação e da Comunicação (TDIC) como recurso didático nas escolas tem se tornado uma temática cada vez mais abordada no que se refere às técnicas de modernização do sistema educacional. Com a utilização dessas tecnologias, têm sido oportunizadas diversas formas por meio das quais os professores podem otimizar o ensino para os estudantes, além de fomentar a aprendizagem a partir de métodos de ensino mais modernos, tornando a disseminação de conhecimentos mais participativa, dinâmica, satisfatória e abrangente.

Entretanto, para que se possa explorar os potenciais dos recursos digitais de forma eficaz, ética e segura, faz-se necessário que haja um sistema de processo de formação de professores capaz de preparar esses profissionais para o manuseio e aplicação das ferramentas dentro e fora das salas de aula. Nesse sentido, com ênfase na introdução dos *podcasts* no ensino da Língua Portuguesa, analisa-

se as dimensões nas quais são discutidas a utilização desses mecanismos como instrumento de aprendizagem, associado à prática docente no sistema educacional.

A linguagem que se aplica entre os mecanismos de aprendizagem deve ser construída por meio de perspectivas plurais, em que os conhecimentos são disseminados de forma diversa, dinâmica e inclusiva. Em razão disso, ressalta-se a utilização dos *podcasts* como uma das técnicas de aprimoramento da linguagem, da comunicação e da aprendizagem, uma vez que essa ferramenta apresenta resultados positivos no que se refere aos estímulos para que os estudantes busquem, produzam e acessem conhecimentos em diversas esferas, dentro e fora das salas de aulas.

A partir de tais considerações, apresenta-se esta pesquisa que foi realizada com intuito de apresentar o *podcast* como uma mídia em potencial capaz de contribuir na prática escolar especialmente no que se refere ao encorajamento da formação e capacitação dos professores de Língua Portuguesa, a fim de incentivar a busca por ferramentas educacionais que visam cooperar com o processo de ensino, inovando e apostando em recursos tecnológicos que realmente colaborem no aprendizado.

Dessa forma, se expõe os objetivos específicos, que além de abordar as questões que se referem ao uso das TDIC no contexto educacional, buscou-se, também, apresentar a integração dessas tecnologias digitais nos processos de capacitação e formação de professores; além de apresentar e destacar as contribuições do *podcast* evidenciando conceitos, concepções e possibilidades; e por fim, investigar o ensino da língua portuguesa e linguística sob as perspectivas da modernização do sistema educacional por meio das tecnologias e do uso dos *podcast*.

Nesse sentido, realiza-se esta pesquisa, qualitativa, por meio de revisão bibliográfica, feita a partir do levantamento de referências teóricas já analisadas, e publicadas em escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos e páginas de *web sites*, contemplando autores, tais como: Chiossi e Costa (2018); Oliveira, Gatti (2010); dentre outros que nortearam a elaboração desta pesquisa a fim de contribuir para melhor fundamentação teórica e proporcionar conhecimentos necessários acerca da utilização das TDIC e dos *podcasts* como método educacional a partir das perspectivas da prática docente.

2 O USO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NO CONTEXTO EDUCACIONAL

Na contemporaneidade, a globalização proporciona avanços tecnológicos capazes de impulsionar diversas esferas, fazendo com que vários aspectos profissionais, acadêmicos, escolares e sociais possam ser aprimorados por meio do uso desses recursos. Nesse sentido, as tecnologias da informação e da comunicação têm se tornado parte das atividades diárias da maior parte das sociedades

contemporâneas, uma vez que potencializa e otimiza o tempo e o cumprimento das tarefas (MOROZOV; KOZLOV, 2019).

As inovações que proporcionam a inserção de recursos tecnológicos como um mecanismo de ensino e aprendizagem fazem com que haja diversos benefícios diante da potencialidade evidenciada pela utilização dessas ferramentas. Nesse contexto, a esfera educacional pode ser considerada uma área em que a instrumentalização das tecnologias da informação e comunicação representou um grande avanço para a concretização dos planos pedagógicos e da superação das limitações referentes ao tempo e espaço (LIVEIRA et al., 2020).

Um dos exemplos em que mais se percebe, em termos práticos, se refere às Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no contexto das novas formas de ensino de e aprendizagem a distância, na medida em que configuram os meios pelos quais se tornou possível a concretização da democratização da educação e, conseqüentemente, mais condições de aprimoramento do sistema educacional. Nesse sentido, existem inúmeros benefícios acerca da inserção das TDIC como ferramenta principal do ensino a distância (OLIVEIRA; DO NASCIMENTO, 2020).

Entretanto, no que se refere à integração das TDIC nos contextos educacionais gerais fazem-se necessárias análises que possam contextualizar as problemáticas referentes às dificuldades, tanto dos alunos quanto dos professores e demais docentes, para que a utilização dessas ferramentas possa ser concretizada da forma adequada. Dessa forma, conforme explicam Oliveira e Nascimento (2020), uma das principais soluções dos problemas nessa perspectiva deve ser direcionada à aplicação dos métodos de ensino digitais de forma diversificada, em que são ultrapassadas as formas de ensino tradicionais em que são reproduzidos os ensinamentos teóricos sem que haja o exercício do pensamento de forma crítica.

Nesse sentido, uma das formas para aumentar o nível de eficiência e qualidade da educação nos processos de ensino é a ativação das atividades de pensar e interpretar no ensino de crianças e jovens na educação básica. Seu significado especial reside no fato de que o ensino, sendo uma atividade reflexiva e transformadora, visa a não apenas a percepção e memorização de material didático, mas também na formação da atitude do aluno em relação à própria atividade cognitiva, na medida em que a natureza transformadora da atividade está sempre associada à atividade do sujeito (OLIVEIRA; NASCIMENTO, 2020).

Um dos maiores desafios dos sistemas educacionais é o desenvolvimento da atividade cognitiva dos estudantes: Para o aprimoramento da independência e atividade dos alunos, é importante avaliar positivamente cada passo bem-sucedido da criança, uma tentativa (mesmo sem sucesso) de encontrar de forma independente a resposta para a pergunta. É muito útil dar às crianças tarefas de estudo criativo: atividades como criar, produzir, inventar, combinar conhecimentos existentes a fim de obter

conhecimentos novos, além de proporcionar condições para que os alunos possam aprender a discutir, debater, trocar ideias, contextualizar problemas, cometer erros e encontrar a solução certa junto ao professor (TCHIVANGULULA; LENCASTRE, 2019).

Como característica de uma personalidade, a atividade por meio de métodos inovadores revela sua dinâmica, iniciativa e torna-se fonte de transformação e manutenção de vínculos significativos com o mundo exterior. Atividade aparece em relação à atividade, aparecendo como condição para sua formação, realização e interação, como propriedade de seu próprio movimento. A atividade da personalidade ajuda na construção de seus programas de desenvolvimento que proporciona benefícios nas esferas social, profissional, escolar e pessoal (CHIOSSI; COSTA, 2018).

Nesse contexto, a integração das tecnologias nos meios de ensino e aprendizagem possibilitam a realização de novas descobertas e a ampliação significativa da abrangência das práticas pedagógicas, as quais devem se manter em constante adaptação e aprimoramento às necessidades educacionais dos estudantes. Nessa mesma perspectiva, entende-se que não se deve padronizar rigidamente os sistemas de ensino, na medida em que estes devem se dispor a transformações e mudanças que se mostrem positivas e necessárias à evolução e promoção da disseminação de conhecimentos (SILVA et al. 2020).

Dessa forma, mesmo diante de todas as evidências dos diversos benefícios trazidos pelo uso das tecnologias no sistema de ensino e aprendizagem, ainda há resistências em relação à sua integração de forma constantes nos espaços educacionais contemporâneos. Nesse contexto, também caber ressaltar que apenas a inserção desses mecanismos nas salas de aula não garante a exploração abrangente do seu potencial e benefícios, uma vez que os docentes devem estar aptos e preparados para a aplicação e utilização dessas ferramentas de forma que as suas funcionalidades possam agir em prol da disseminação de conhecimentos (TAVARES, 2018).

3 INTEGRAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NOS PROCESSOS DE CAPACITAÇÃO E FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Conforme afirma Tining (2004), para que as bases curriculares dos processos de formação de professores possam atender às demandas educacionais de forma satisfatória, é necessário que as disciplinas e forma como são ministradas sejam aplicadas a partir de uma perspectiva interdisciplinar. Tal afirmação reforça a concepção de que uma base educacional de qualidade precisa abordar as disciplinas a partir de uma contextualização das realidades sociais constantes nos espaços escolares, fazendo com que os alunos possam se tornar capazes de aplicar seus conhecimentos no dia a dia. Ademais, também devem-se observar que, nos contextos educacionais, deve haver uma flexibilidade quanto ao sistema de ensino, enquanto os alunos possam expressar seus posicionamentos, debater a

aprender a refletir suas opiniões com base em eventos racionais, fundamentados e sob uma perspectiva do coletivo e do social.

A formação de professores, especificamente, em nível superior, apenas foi postulada a partir da instituição da Lei nº 9.394 de 1996, a qual estabeleceu um prazo de dez anos para que fossem feitos os ajustes referentes às atualizações à época. Nesse contexto, apenas nesse período os processos de formação de professores foram considerados como uma esfera a ser reformada por meio de formação específica em curso superior, uma vez que, antes disso, as funções eram exercidas meio da atuação de profissionais liberais, autônomos e autodidatas (GATTI, 2010).

Nos períodos que sucederam à Segunda Guerra Mundial, foram fortalecidas as ideias que direcionam o sistema educacional a uma perspectiva que engloba a justiça social como valor norteador de políticas. Nesse contexto, a esfera jurídica, que se encontrava em estado de evoluções e democratização, começou a discutir o direito à educação e os processos de formação de professores como um direito líquido e universal, fazendo com que tais aspectos fossem inseridos no rol de ônus dos poderes públicos (VIEIRA, 2008).

Dessa forma, a Lei n. 9.294/96 – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) estabeleceu diretrizes para os processos de formação de professores e para as instituições que seriam as responsáveis pela realização dos processos. Esse período foi uma evolução diante da necessidade da instituição desses programas, fazendo com que os docentes tivessem reconhecidos os seus direitos a uma formação adequada para o exercício da profissão (GATTI, 2010).

No ano de 2002, o Conselho Nacional da Educação promulgou as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores e, em seguida, as Diretrizes Curriculares direcionadas aos cursos de licenciatura também foram aprovadas pelo Conselho. Isso oportunizou que fossem instaurados novos olhares da educação sobre a sociedade, além de direcionar a uma perspectiva que se preocupa com a capacitação docente para o exercício da profissão (GATTI, 2010).

Entretanto, embora sejam reconhecidos os avanços relacionados as instituições, os processos de formação de professores ainda careciam de ajustes e reformulações, uma vez que ainda se manifestava a falta da interdisciplinaridade dentro dos procedimentos. Nesse sentido, a capacitação docente ainda era conduzida por meio de práticas e ensinamentos que se limitavam à área respectiva, negligenciando a necessidade da inclusão da formação pedagógica como parte fundamental da habilitação desses profissionais (GATTI, 2010).

Essa perspectiva representa uma cultura histórica, em que não há a preocupação institucional de direcionar os profissionais a uma formação para lidar com os alunos de forma didática, humanizada e eficiente. Diante dessas considerações, o sistema se encontrava em um contexto parcialmente

negligente diante da essencialidade da pedagogia dentro dos processos de formação de professores (GATTI, 2010).

A inserção das TDIC nesses processos é reconhecida não só como um novo modelo de ensino na era da globalização, mas sim como uma consequência relacionada às múltiplas dimensões em que se formam os processos de formação de professores. Algumas instituições representam evoluções e necessidades constantes em diversas esferas, e implicam reflexões filosóficas, políticas e sociais as quais possibilitam o entendimento da essencialidade do aprimoramento constante do sistema de ensino e da capacitação do corpo docente (SILVA,2020).

Portanto, ainda não se pode considerar que a formação de professores da educação básica seja elaborada e conduzida a partir de estratégias abrangentes, uma vez que o ensino a que os profissionais são direcionados é aplicado de maneira não adequada. Nesse sentido, as aplicações são feitas de forma “fragmentada”, além do fato de que o Brasil não foi contemplado com uma proposta capaz de concretizar a criação de uma entidade específica direcionada à formação superior de professores (GATTI, 2010, p. 1358), o que dificulta o processo de integração das TDIC como recurso didático em razão do despreparo docente nesse cenário.

Dessa forma, autora aponta as dificuldades dos docentes, tanto no que se refere ao acesso a uma formação adequada para que possam ser direcionados a habilitação para a disseminação de conhecimentos, quanto das condições das quais esses profissionais dispõem para poder executar seu planejamento pedagógico conforme a estrutura curricular atual. De modo que, a estrutura dos processos de formação de professores não deixa a desejar apenas na contemporaneidade, mas sim que enfrenta a falta de condições de capacitação adequada desde o início da sua instituição (GATTI, 2016).

Todavia, embora tenham-se consolidado, de forma mais presente, discussões e reflexões acerca dessa temática na contemporaneidade, ainda não se pode considerar uma perspectiva totalmente satisfatória nesse sentido, uma vez que as correções de tais disparidades não são passíveis de resolução ou total reformulação em curto prazo. Em razão disso, necessita-se, com urgência, da instituição de políticas que possam aprimorar os planejamentos curriculares dos processos de formação de professores, a fim de atenuar os danos que possam ser causados por mais dezenas de décadas de um sistema educacional decadente (GATTI, 2016).

Também, a autora faz referência ao uso de recursos atualizados e modernos como uma forma de produzir e disseminar informações e conhecimentos, mas também ressalta que a tecnologia não é suficiente para que a educação alcance um patamar adequado., explica ainda, que os professores é que possuem o papel principal diante da atividade de ensinar, uma vez que, além de ensinar os conhecimentos técnicos e teóricos, também é necessário que esses profissionais possam ensinar aos alunos a produzir, aplicar e disseminar essas informações (GATTI, 2016).

Conforme a autora explica, embora haja projetos destinados ao aperfeiçoamento dos processos de formação de professores, algumas propostas permanecem a cargo de poucos, fazendo com que haja um engajamento abrangente com relação à sua execução. Nesse sentido, a maioria das propostas que visam à progressão educacional docentes permanece apenas como teoria, tendo suas atividades negligenciadas pela ausência de recursos, disposição governamental e consciência da importância desses processos e das consequências do seu atraso (GATTI, 2016).

A partir de contextualizações acerca dos processos de formação de professores nos cenários dos tempos atuais, ressalta-se que os questionamentos que levantam a problemática da qualidade do sistema educacional deve priorizar as questões que tratam da ausência das condições de trabalho desses profissionais. Nesse sentido, demonstram-se diversas necessidades direcionadas ao aprimoramento dos recursos educacionais, sem os quais os professores se veem limitados e impedidos de disseminar os conhecimentos de forma satisfatória (SAVIANI, 2011).

Dessa forma, não há que se falar em modernização dos recursos educacionais didáticos sem que haja, antes, a promoção do acesso docente a processos formativos que possa torná-los capazes de aplicar metodologias atualizadas com auxílio das ferramentas digitais. Nesse sentido, os professores representam o intermediário entre os estudantes e os conhecimentos, razão pela qual a capacitação docente é fator fundamental para a garantia da qualidade da aprendizagem e do desempenho escolar dos alunos (SAVIANI, 2011).

4 O ENSINO DA LÍNGUA PORTUGUESA E LINGUÍSTICA SOB AS PERSPECTIVAS DA MODERNIZAÇÃO DO SISTEMA EDUCACIONAL POR MEIO DAS TECNOLOGIAS E DO USO DOS *PODCASTS*

No que se refere ao ensino da Língua Portuguesa, o qual implica a abordagem de aspectos gramaticais e normas, representa um desafio para os alunos e profissionais docentes, haja vista que se trata de disciplina fundamental tanto na esfera escolar quanto dos âmbitos sociais, profissionais e individuais. Nesse sentido, dentro do ensino do Português também se destacam as questões referentes às variações linguísticas, termo que diz respeito às distinções regionais, sociais ou contextuais, nas formas como uma língua é falada. As variáveis que se formam entre as falas, idiomas e os emissores das mensagens faladas são conhecidas como Variações Linguísticas (HEIDARY, 2019).

A “Variação” dentro da linguagem de um único alto-falante é chamada variação intra-falante. Todos os aspectos da linguagem (incluindo fonemas, morfemas, estruturas sintáticas, e significados) estão sujeitos à variação. As variações de linguagens entre grupos sociais ou comunidades podem ocorrer em razão de diversos elementos circunstanciais, entre os quais podem se mencionar a pronúncia – ou sotaque -, ou as palavras escolhidas, que podem representar vários significados

diferentes a depender da localidade onde é falada, ou da pessoa, ou do contexto social, entre outros fatores que podem significar um critério de variação linguística (HEIDARY, 2019).

Ao abordar as questões relacionadas à integração das tecnologias no ensino da Língua Portuguesa, ressalta-se o letramento digital como uma das principais faces em que a utilização dessas ferramentas tem se destacado na esfera educacional. Dessa forma, o letramento digital, como aspecto diretamente ligado ao português e à linguística, assim como às habilidades de comunicação, à alfabetização e a outros elementos fundamentais, exerce um papel fundamental entre ações que estão sendo realizadas por meio de tecnologias a fim de aprimorar o sistema de ensino e aprendizagem (LEITE, 2018).

As definições tradicionais de letramento e alfabetização digitais concentram-se em habilidades relacionadas à audição, fala, leitura, escrita e pensamento crítico, com o objetivo final de desenvolver pensadores ativos e alunos capazes de se envolver na sociedade de maneira eficaz e significativa. Essas habilidades também são necessárias para a plena participação na sociedade digital, mas são apenas parte de um conjunto maior de habilidades e competências necessárias (TOHARA, 2021).

As competências para o letramento digital podem ser classificadas de acordo com três princípios principais: Usar, Compreender e Criar. O uso representa a fluência técnica necessária para interagir com computadores e a *internet*. As habilidades e competências que se enquadram no “uso” vão desde o conhecimento técnico básico – usando programas de computador como processadores de texto, navegadores da web, e-mail e outras ferramentas de comunicação – até as habilidades mais sofisticadas para acessar e usar recursos de conhecimento, como mecanismos de busca e bancos de dados *online* e tecnologias emergentes, como computação em nuvem (ALEXANDER, 2016).

Criar é a capacidade de produzir conteúdo e se comunicar de forma eficaz por intermédio de uma variedade de ferramentas de mídia digital. A criação com mídia digital é mais do que saber usar um processador de texto ou escrever um e-mail: inclui poder adaptar o que é produzido para diversos contextos e públicos; criar e se comunicar usando os meios virtuais, como imagens, vídeos e sons; e se envolver de forma eficaz e responsável com o conteúdo gerado pelo usuário da *Web*, como *blogs* e fóruns de discussão, compartilhamento de vídeo e foto, jogos sociais e outras formas de mídia social (REDDY, 2020).

A capacidade de criar usando mídia digital garante que os indivíduos sejam contribuintes ativos para a sociedade digital. A criação – seja por meio de *blogs*, *tweets*, *wikis* ou qualquer uma das centenas de vias de expressão e compartilhamento *online* – representam elementos da cidadania e da inovação (REDDY, 2020).

Dessa forma, ao contemplar a esfera do ensino e aprendizagem da Língua Portuguesa na contemporaneidade, pode-se perceber que os processos educacionais se demonstram cada vez mais

complexos, em razão das diversidades advindas das sociedades modernas. Nesse contexto, surgem inúmeros questionamentos acerca das formas como a educação pode ser conduzida de maneira diversa, dinamizada e adaptada aos novos paradigmas nos espaços educacionais (GATTI, 2005).

Tanto as novas tecnologias quanto as novas metodologias pedagógicas podem direcionar a diversas inovações acerca da disseminação do conhecimento de maneira mais atualizada e eficaz, haja vista que esses elementos têm sido objeto de pesquisas e estudos voltados para a modernização do sistema educacional. Nesse sentido, os profissionais da educação e as comunidades científicas têm se dedicado a buscar novas formas de elaborar planejamentos educacionais mais inovadores, por meio de fundamentações científicas capazes de resguardar a eficácia da aplicação de um novo modelo de ensino (GATTI, 2005).

Nas metodologias tradicionais, que prevaleceram nos espaços educacionais por longos períodos, a condução dos processos educativos é dimensionada por meio de uma visão homogênea, baseada na padronização dos métodos e das técnicas de ensino e aprendizagem. Dessa forma, tendo como pressuposto a adaptação dos estudantes a tais procedimentos, os conhecimentos são aplicados de maneira mecânica, prescindindo de uma educação ministrada a partir de planos mais atualizados (GATTI, 2005).

Nesse sentido, a utilização dos *podcasts* para o ensino da língua portuguesa tem transformado os planejamentos pedagógicos com base em estímulos de aprendizagem mais inovadores, haja vista que esse mecanismo possui alto potencial para o desenvolvimento e disseminação dos conhecimentos, e a aplicação das tecnologias de audioaulas, implementadas por meio dos *podcasts*, impulsionam a troca e a busca por conhecimentos, haja vista que torna possível a participação mais ativa e interessada dos jovens tanto dentro quanto fora das salas de aulas (ROSELL-AGUILAR, 2015).

Em razão disso, a função docente perpassa pelos cenários de conscientização sobre as desigualdades sociais, sobre as opressões e disparidades históricas, sobre a consciência de classe, preconceito de gênero, racismo, e outras diversas temáticas consideradas polêmicas. Diante disso, a ausência da problematização desses elementos sociais dentro dos espaços educacionais faz com que esses temas se tornem quase censurados, ou até mesmo invisibilizados nas mais diversas esferas sociais (GATTI, 2005). Por conseguinte, depreende-se que a educação na pós-modernidade representa a adoção de novos paradigmas, direcionados à reconstrução dos planejamentos pedagógicos de uma forma mais diversificada e dinamizada.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na presente pesquisa, inicialmente, realizaram-se as abordagens referentes à modernização do sistema educacional por meio da TDIC, uma vez que a inserção dos recursos digitais como método de

ensino tem se tornado cada vez mais presente nas sociedades contemporâneas. Nesse sentido, foi possível observar que a globalização e os avanços das ciências e tecnologias fazem com que sejam promovidas cada vez mais possibilidades para que a educação seja democratizada e conduzida da forma mais inclusiva e eficaz possível.

No entanto, para que se possam concretizar os objetivos propostos, analisou-se que o principal pressuposto para a eficácia de tais transformações é o aprimoramento dos processos de formação contínua dos professores, pois, para que os alunos possam ser ensinados e auxiliados para a utilização ética, responsável e adequada desses instrumentos, é necessário que os professores estejam devidamente capacitados. Nesse sentido, depreende-se que os processos formativos estão diretamente ligados à promoção da qualidade da educação, uma vez que o professor representa o mediador entre os estudantes e os conhecimentos a serem disseminados.

Entres as competências, mencionam-se a capacitação para que o professor desenvolva sua habilidade de aprendiz – em que ele deverá aperfeiçoar seus métodos e práticas educacionais constantemente, reconhecendo que o aprendizado consiste em um processo contínuo. Isso pode ocorrer por meio do uso de tecnologias que possam promover a evolução da aprendizagem dos alunos sob um sistema colaborativo, em que o professor se dispõe a promover um ambiente cooperativo e participativo em sala de aula.

A partir do compartilhamento de ideias, conhecimentos, experiências e realizações entre os alunos, a utilização das TDIC e do *podcast* trazem a possibilidade do professor no sentido de promover projetos e trabalhos originais e incentivadores da pesquisa, do estudo, da prática e da diversidade.

Dessa forma, os processos de formação de professores devem promover a competência em que o profissional proporciona os meios e as orientações adequadas para que os estudantes possam utilizar as tecnologias em prol da eficácia do ensino e da evolução da aprendizagem.

Ademais, tais mecanismos oportunizam também uma competência analítica – em que o professor irá elaborar os seus métodos de ensino com base nas suas observações e percepções acerca das demandas educacionais de cada aluno, a fim de conduzi-los ao alcance de suas metas e realização de seus objetivos. Observações como essa se baseiam nas premissas mencionadas ao longo da pesquisa, as quais direcionam ao entendimento de que a educação e a aprendizagem devem ser aplicadas sob o contexto concreto e a realidade social dos alunos, haja vista que a esfera educacional se desenvolve por meio de perspectivas multidimensionais, em que devem ser considerados aspectos de diversas dimensões.

Por fim, o uso dos *podcasts* e a sua aplicação no ensino da Língua Portuguesa representam elementos que se complementam para que o sistema educacional possa ser composto por mecanismos

modernos e eficazes, a fim de ampliar os conhecimentos e formar estudantes capazes de absorvê-los e disseminá-los.

Portanto, os processos de formação de professores representam o ponto de partida, por meio do qual se faz possível a construção e a transformação de um sistema de ensino e aprendizagem moderno, dinâmico e inovador, pois um professor mediador bem preparado tecnologicamente traz grandes contribuições no dia a dia escolar, especialmente no que se refere a utilização da mídia *podcast* que é uma ferramenta bastante democrática e que muito pode contribuir no trabalho pedagógico do professor, visto que é uma ferramenta que resgata a oralidade e inspira a criatividade, além de estimular a escuta ativa, a percepção do ambiente e a maneira do aluno se expressar.

REFERÊNCIAS

Alexander, b.; adams becker, s.; cummins, m. Digital literacy: an nmc horizon project strategic brief. Volume 3.3, october 2016. Austin, texas: the new media consortium. 2016.

Chiossi, r. R.; costa, c. S. Novas formas de aprender e ensinar: a integração das tecnologias de informação e comunicação (tic) na formação de professores da educação básica. Texto livre: linguagem e tecnologia, v. 11, n. 2, p. 160-176, 2018.

Silva, g.; santos, a. R.; ferreira, p. C. G. As tic na educação de jovens e adultos: ressignificando e reconstruindo espaços de saberes. Revista de ciências humanas, v. 21, n. 2, p. 11-24, 2020.

Oliveira, e. R.; nascimento, c. O. Os novos desafios da educação a distância no brasil. South american journal of basic education, technical and technological, v. 7, n. 1, p. 512-524, 2020.

Gatti, b. A. Pesquisa, educação e pós-modernidade: confrontos e dilemas. Cadernos de pesquisa, v. 35, n. 126, p. 595-608, set./dez. 2005.

_____. Formação de professores no brasil: características e problemas. Educação & sociedade, v. 31, n. 113, p. 1355-1379, 2010.

_____. Formação de professores: condições e problemas atuais. Revista internacional de formação de professores, v. 1, n. 2, p. 161-171, 2016.

Leite, q. S. S. Podcast no processo de ensino e aprendizagem da língua portuguesa: o trabalho com a variação linguística na era digital. 2018.

Morozov, a. V.; kozlov, o. A. Information and communication technologies in modern digital educational environment. In: ceur workshop proceedings. 2. Cep." innocse 2019-proceedings of the 2nd workshop on inovative approaches in computer science within higher education". 2019. P. 211.

Reddy, p.; sharma, b.; chaudhary, k.. Digital literacy: a review of literature. International journal of technoethics (ijt), v. 11, n. 2, p. 65-94, 2020.

Rosell-aguilar, f. *Podcasting* como ferramenta de ensino e aprendizagem de línguas. Estudos de caso em boas práticas, v. 10, n. 3, pág. 31-39, 2015.

Saviani, d. Et al. Sociedade brasileira de história da educação: constituição, organização e realizações. Revista brasileira de história da educação, v. 11, n. 3 [27], p. 13-45, 2011.

Tavares, s. T. P.; gomes, s. A. R. Educação e aprendizagem no século xxi: o papel do professor e do aluno frente aos impactos das tecnologias da informação e da comunicação (tic) na educação, 2018. Evidência, v. 14, n. 15, p. 59-71, 2018.

Tchivangulula, a. V.; lencastre, j. A. Uma revisão de literatura sobre as tecnologias digitais na educação. 2019.

Tohara, a. J. T. Et al. Exploring digital literacy strategies for students with special educational needs in the digital age. Turkish journal of computer and mathematics education (turcomat), v. 12, n. 9, p. 3345-3358, 2021.

Vieira, a. M. D. P.; gomide, a. G. V. História da formação de professores no brasil: o primado das influências externas. Paraná: educere, v. 7, p. 8, 2008.

Avaliação mecânica de concretos com agregado graúdo proveniente de resíduos de construção civil otimizados pela técnica de dopagem

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-014>

Daniel Minucelli Andrade

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Votuporanga
E-mail: danielminucelli@hotmail.com

Lara Guizi Anoni

Universidade de São Paulo – Campus São Carlos

Mariana Nuccitelli Simões

Universidade Federal de São Carlos – Campus São Carlos

Ana Paula Moreno Trigo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus Votuporanga

RESUMO

O potencial produtivo do setor da construção civil traz como consequência a elevada geração de resíduos, que muitas vezes não possuem um descarte correto. Uma alternativa para o problema é o emprego destes Resíduos de Construção Civil (RCC) em concretos. Alguns estudos mostram

resultados favoráveis a esta aplicação. Porém, há de se atentar a algumas limitações do material, como baixa resistência mecânica. Uma possível maneira de melhorar suas características é a aplicação da técnica de dopagem, que consiste em impregnar o agregado com uma calda de alto desempenho, contendo cimento, sílica ativa e aditivo superplastificante, de forma a alterar sua estrutura superficial. Este estudo teve como objetivo avaliar as características mecânicas de concretos produzidos com agregados graúdos provenientes de RCC otimizados pela técnica de dopagem. A análise da eficiência se deu pela comparação das misturas com agregado dopado e misturas controle (elaboradas com agregados não dopados), mediante ensaios de compressão axial, tração por compressão diametral, absorção de água e determinação do módulo de elasticidade. Os resultados mostram que a técnica de dopagem no agregado não trouxe benefícios aos concretos.

Palavras-chave: Dopagem, Calda de alto desempenho, Agregado graúdo de RCC.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil possui grande potencial de desenvolvimento socioeconômico no nosso país e no mundo. No entanto, consome imensa quantidade de recursos naturais e gera grande volume de resíduos de construção (GALLEGO, 2019). Estudos acerca do emprego de materiais alternativos, como o resíduo de construção civil (RCC), em concretos contribuem para o desenvolvimento de um material sustentável. O RCC, quando não reaproveitado, gera impactos negativos ao ambiente, como poluição de rios e diminuição da vida útil de aterros sanitários (PIETROBON, 2018).

Diversas pesquisas introduzem o RCC em compósitos cimentícios. Como exemplo, Anoni, Trigo e Pietrobbon (2020) produziram concretos com RCC que apresentaram ganho na resistência, sendo justificado pela grande quantidade de finos presentes no resíduo, que causa maior empacotamento de vazios na mistura. Gallego (2019) obteve ganho de resistência de 50,2% ao se usar 50% de RCC no concreto, atribuindo a melhoria ocorrida também à presença de finos contidos no RCC.

Apesar das pesquisas positivas sobre o uso do material deve-se considerar suas principais diferenças com o agregado natural que são a heterogeneidade da composição do RCC, menor resistência e maior absorção de água, limitando seu uso em concretos. O excesso de materiais contaminantes, o alto teor de argamassa aderida aos grãos e o alto teor de material pulverulento são limitações do material (PERDENEIRAS, 2017). Assim, é de suma importância estudar técnicas de melhorias para o RCC, aliando resistência e sustentabilidade aos concretos produzidos.

Trigo (2012) estudou a técnica de dopagem como alternativa para melhorar a resistência de agregados graúdos deficientes possibilitando a sua introdução, de forma benéfica, na confecção de concretos. A técnica consiste em impregnar o agregado com calda de alto desempenho (cimento, sílica ativa e aditivo superplastificante), de forma a alterar a textura do grão e formar uma ponte de ligação com os demais aglomerantes da mistura cimentícia. Dessa maneira, o presente estudo visa avaliar as características mecânicas de concretos produzidos com agregados graúdos de RCC que passaram pela técnica de dopagem, de modo a verificar a viabilidade de aplicação da técnica e contribuir com o aproveitamento mais eficiente deste agregado alternativo.

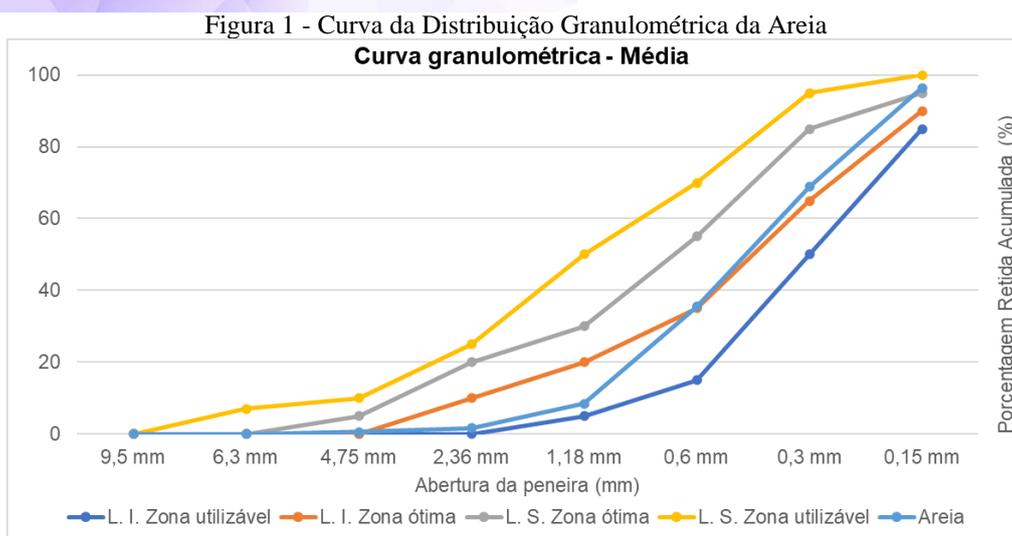
2 MATERIAIS

Os materiais utilizados para confecção do concreto foram cimento Portland CPV-ARI da empresa Liz S/A, sílica ativa da Tecnosil, agregado miúdo natural, agregado graúdo proveniente do RCC, e aditivo superplastificante Blok Graute Pro.

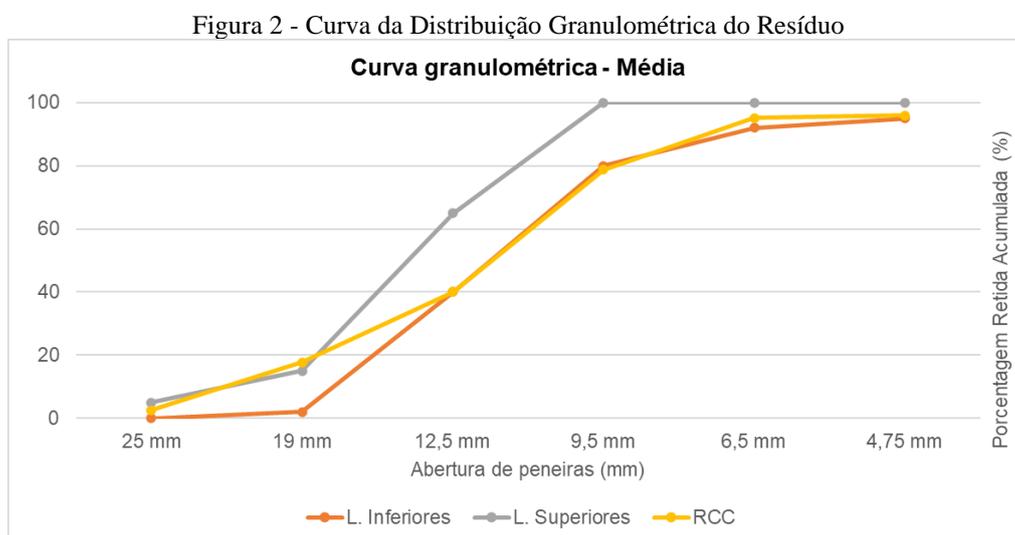
A caracterização dos agregados foi realizada no Laboratório de Análise de Materiais do IFSP – *Campus* Votuporanga, e dos demais materiais foram consideradas as características fornecidas pelos fabricantes.

3 ANÁLISE GRANULOMÉTRICA

A areia natural e o agregado graúdo reciclado utilizados na pesquisa foram caracterizados de acordo com a NBR 17054:2022. Ambos os materiais ficaram dentro da zona utilizável de acordo com a normativa (Figuras 1 e 2), a areia com um diâmetro máximo de 2,4 mm e módulo de finura de 2,09, e o agregado graúdo RCC apresentou diâmetro máximo de 25 mm e módulo de finura de 6,81.



Fonte: Próprio autor, 2022.



Fonte: Próprio autor, 2022.

4 MASSA ESPECÍFICA E UNITÁRIA

A massa específica foi determinada de acordo com a NM 52:2009 para agregado miúdo e com a NM 53:2009 para agregado graúdo. As massas unitárias solta e compactada da areia foram calculadas seguindo a NBR 16972:2021. Características do cimento e da sílica foram fornecidos pelos fabricantes. Os resultados estão na Tabela 1.

Tabela 1 - Massa específica e unitária dos materiais

Material	Massa Específica (g/cm ³)	Massa Unitária Solta (g/cm ³)	Massa Unitária Compactada (g/cm ³)
Cimento	3,05	0,90 a 1,20	-
Sílica Ativa	2,22	<3,50	>3,50
Areia	2,69	1,54	1,56
RCC	2,11	1,47	1,51

Fonte: Próprio autor, 2022.

5 ABSORÇÃO DE ÁGUA DO RCC

A absorção de água do resíduo de construção civil foi verificada de acordo com a NM 53:2009. Como resultado, obteve-se 8,50% de absorção de água pelo agregado graúdo reciclado, considerado um teor elevado quando comparado aos 0,5% do agregado graúdo basáltico, conforme indica literatura.

6 CALDA DE DOPAGEM

Antes da elaboração dos concretos, foi realizado o procedimento de dopagem dos agregados de RCC com calda de alto desempenho, levando-se em consideração parâmetros de dosagem, mistura e consistência apresentados por Trigo (2012).

Após o preparo da calda, realiza-se o ensaio de mini abatimento, como esquematizado na Figura 3, o qual foi desenvolvido por Kantro (1980) para analisar o efeito de diferentes teores de aditivo no cimento através da mudança da plasticidade da mistura.

Figura 3 - Ensaio de mini abatimento: espalhamento da pasta.



Fonte: Trigo (2012).

A impregnação da calda no agregado é de suma importância para que se obtenha um bom desempenho do concreto. Dessa forma, é necessária alta trabalhabilidade para que seja formada uma camada de impregnação mais fina e eficaz em toda a superfície do agregado. Entretanto, com o objetivo de aumentar essa trabalhabilidade sem aumentar o teor de água, pode-se utilizar teores excessivos de aditivo, dificultando o início e fim de pega e conseqüentemente a impregnação correta da calda no agregado. Por isso, foi realizado o ensaio de início e fim de pega de acordo com a NBR 16607:2018.

O preparo da calda seguiu os procedimentos de acordo com Castro (2007):

- Primeiro, o cimento e 90% da água de amassamento foram misturados por 1 minuto em velocidade baixa;
- O misturador foi parado por 1 minuto para a remoção de material acumulado nas laterais da cuba e homogeneização. Adicionou-se então a sílica, e a pasta foi novamente misturada por mais 1 minuto na velocidade baixa;
- Mais uma vez a mistura foi interrompida por 1 minuto para que as laterais da cuba fossem limpas. Neste intervalo adicionou-se o superplastificante e a água restante;

- A pasta foi misturada por mais 30 segundos na velocidade baixa, seguido de mais 90 segundos na velocidade alta.

Depois de preparada a calda, os agregados foram incorporados a ela. Após a impregnação, o excesso da pasta foi removido com auxílio de peneira, conforme Figura 4, para que o volume excedente não se somasse ao da pasta do concreto, falseando resultados comparativos. É possível notar a regularização da superfície do agregado dopado no comparativo da Figura 5. Em seguida, os agregados dopados foram cobertos com saco plástico e acondicionados em câmara úmida até o momento da confecção do concreto, que ocorreu no instante de início de pega da calda de alto desempenho, conforme indicações de Trigo (2012).

Figura 4 – Procedimentos de dopagem do agregado de RCC.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 5 – Agregado antes e após dopagem.



Fonte: Próprio autor, 2022.

7 TRAÇOS DE CONCRETO

A dosagem dos concretos foi realizada seguindo o método IPT/USP e orientações de Trigo (2012). A fim de avaliar a técnica de dopagem em diferentes misturas de concreto, com diferentes consumos de cimento, foram elaborados traços ricos, médios e pobres. Para avaliar a eficiência da dopagem no agregado graúdo, misturas controle, com o agregado graúdo reciclado sem algum beneficiamento, foram também produzidas. As nomenclaturas das misturas são: concreto controle 1:3,5 (CC35), concreto dopado 1:3,5 (CD35), concreto controle 1:5,0 (CC50), concreto dopado 1:5,0 (CD50), concreto controle 1:6,5 (CC65) e concreto dopado 1:6,5 (CD65).

Por recomendações da NBR 6118:2007, buscou-se não ultrapassar a máxima relação água/cimento de 0,65. A consistência das misturas foi mantida em 120 ± 20 mm (ideal para lançamento e adensamento) e determinada conforme NBR 16889:2020. Vale ressaltar que os consumos de materiais (Tabela 2) dos concretos controle (elaborado com agregados não dopados) e dos respectivos concretos dopados foram mantidos.

Tabela 2 - Consumo de materiais (kg/m³)

Nomenclatura do Traço	Cimento	Areia	RCC	Água	Aditivo Superplastificante
CC35-CD35	472,13	738,89	913,57	179,41	4,72
CC50-CD50	337,43	856,48	913,11	180,50	3,37
CC65-CD65	284,80	932,71	918,47	168,03	2,85

Fonte: Próprio autor, 2022.

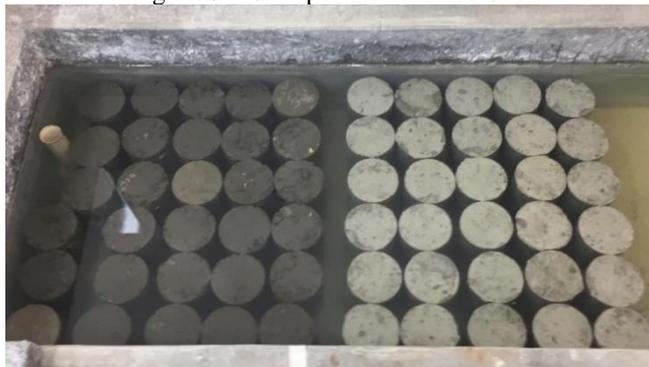
O procedimento de mistura dos concretos é descrito a seguir:

- Primeiro, o RCC e 10% da água foram misturados por 30 segundos;
- Adicionou-se então, o cimento, 40% de água, metade do aditivo. A mistura ocorreu por 3 minutos, parando aos poucos para remoção do acúmulo de material das laterais do misturador;
- Após isso, adicionaram-se a areia e o restante da água e do aditivo. A homogeneização da mistura terminou com mais 3 minutos no misturador;

Após a confecção do concreto realizou-se o ensaio de abatimento e em seguida a moldagem dos corpos de prova com procedimentos segundo a NBR 5738:2015. Foram confeccionados 30 CPs (20 cm de altura e 10 cm de diâmetro) para cada traço, que foram submetidos à ensaios de compressão axial, tração por compressão diametral, absorção de água e módulo de elasticidade, aos 7 e 28 dias de idade. Os CPs foram mantidos sob cura por imersão (Figura 6) até a data de ensaio. Vale ressaltar que antes da realização dos ensaios foi realizada a retificação dos CPs a fim de obter paralelismo entre as faces.

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Materiais do IFSP – campus Votuporanga, que mantém equipamentos adequados, de acordo com o prescrito pelas respectivas normas.

Figura 6 – Cura por imersão dos CPs.



Fonte: Próprio autor, 2022.

8 RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E MÓDULO DE ELASTICIDADE

Para análise da resistência à compressão axial e do módulo de elasticidade dos corpos de prova, foi utilizada uma prensa com capacidade de carga de 200 toneladas e controle de carga manual. Os procedimentos de ensaio foram realizados de acordo com a NBR 5739:2018, para verificação da compressão, e a NBR 8522-1:2021 para verificação do módulo de elasticidade dos CPs. A Figura 7 ilustra a realização dos ensaios.

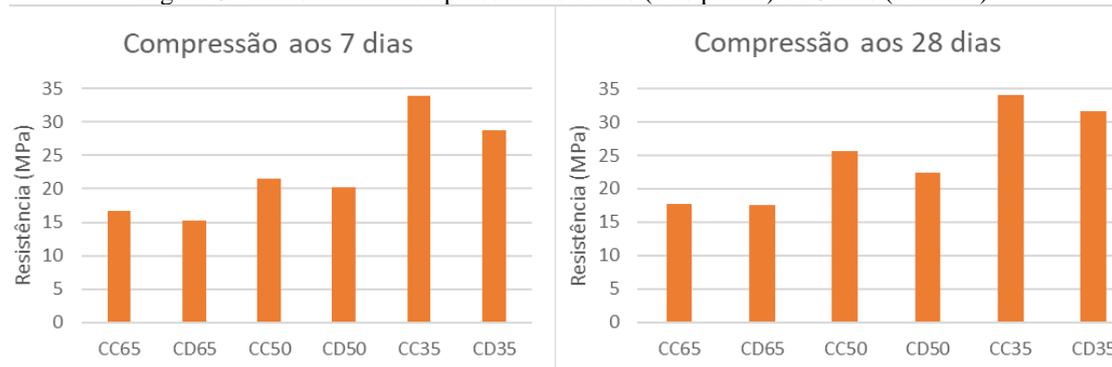
Foram realizados os ensaios nas idades de 7 e 28 dias, em 5 corpos de prova para cada traço, a fim de se obter a resistência à compressão. Para a determinação do módulo de elasticidade, tomou-se a carga de ruptura lida no primeiro corpo de prova ensaiado à compressão como referência para ensaio simultâneo dos próximos quatro CPs. Os resultados foram tomados como a média aritmética dos CPs ensaiados e estão apresentados nos gráficos da Figura 8 (valores de resistência à compressão para cada traço) e na Figura 9 (valores dos módulos de elasticidade de cada traço).

Figura 7 - Ensaio de compressão axial (à esquerda) e módulo de elasticidade (à direita).



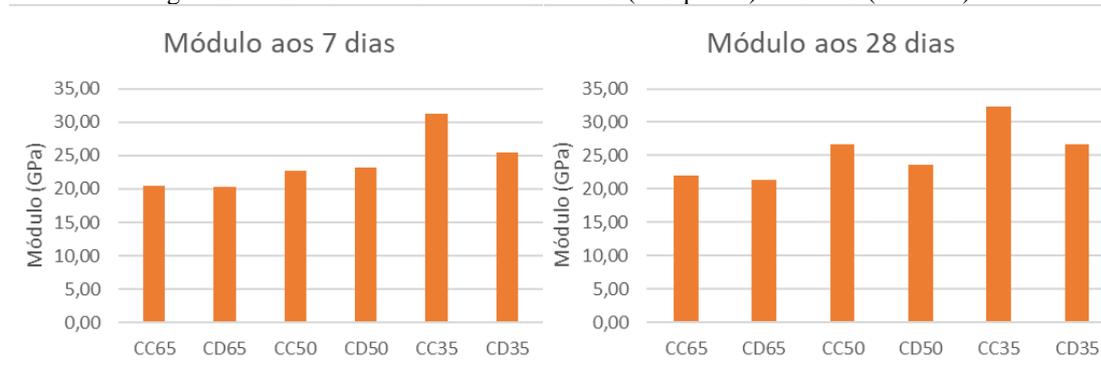
Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 8 - Resistência à compressão aos 7 dias (à esquerda) e 28 dias (à direita).



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 9 - Módulo de elasticidade aos 7 dias (à esquerda) e 28 dias (à direita).



Fonte: Próprio autor, 2022.

9 RESISTÊNCIA À TRAÇÃO POR COMPRESSÃO DIAMETRAL

Os procedimentos de ensaio foram realizados de acordo com a NBR 7222:2011. Para análise da resistência à tração por compressão diametral dos corpos de prova, foi utilizada novamente a prensa com capacidade de carga de 200 toneladas e controle de carga manual.

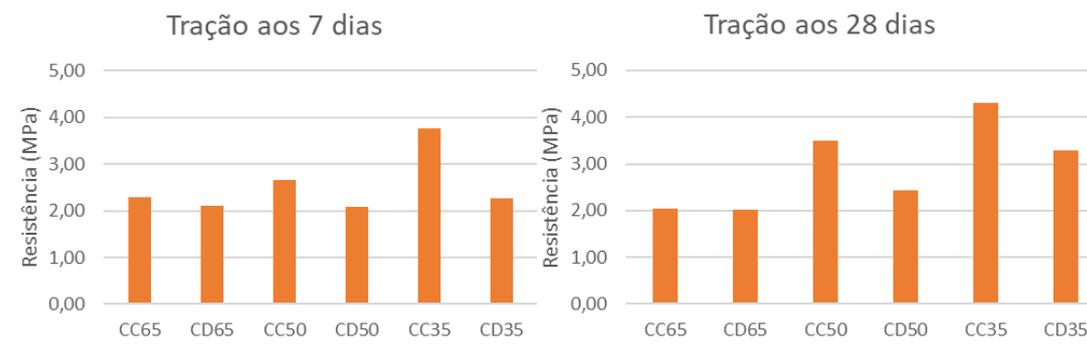
Foram realizados os ensaios nas idades de 7 e 28 dias, com cinco corpos de prova para cada traço (Figura 10), tomando-se como resistência final a média aritmética da resistência à tração obtida de cada CP, como mostra o gráfico da Figura 11.

Figura 10 - Corpo de prova utilizado no ensaio de tração por compressão diametral.



Fonte: Próprio autor, 2022.

Figura 5 - Resistência à tração aos 7 dias (à esquerda) e 28 dias (à direita).



Fonte: Próprio autor, 2022.

10 ANÁLISE DA CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA DOS TRAÇOS

Pode-se observar que, dentre os concretos produzidos, somente os traços pobres (CC65 e CD65) não obtiveram o valor mínimo de resistência à compressão de 20 MPa, exigido pela NBR 6118:2014 aos 28 dias de idade.

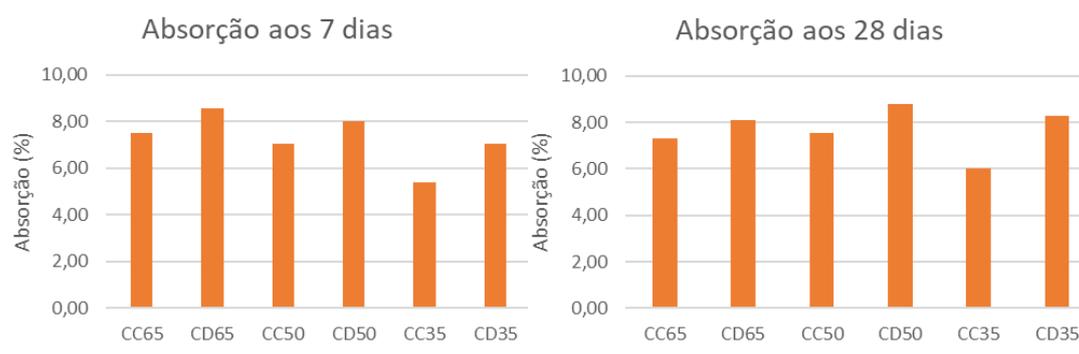
Quanto à influência da aplicação da técnica de dopagem no comportamento mecânico dos concretos, pode-se verificar que o procedimento de impregnação com calda de alto desempenho não proporcionou o esperado aumento de resistência nos concretos. A explicação pode estar no uso do cimento CPV ARI para a confecção dos concretos, que provavelmente proporcionou uma matriz reforçada, capaz de suprir as deficiências do agregado de RCC, dispensando, portanto, a aplicação da técnica. Trigo (2012) menciona que a influência da técnica de dopagem é mais singela para concretos de alto desempenho, até porque a matriz deste concreto já é em sua totalidade de alto desempenho.

Há de se destacar a resistência de quase 35 MPa alcançada pelo traço mais rico 1:3,5, uma vez que o concreto foi elaborado com 100% de substituição do agregado natural pelo reciclado, o que contribui para os estudos atuais e evidencia o sucesso na aplicação do resíduo em concretos sustentáveis.

11 ABSORÇÃO DE ÁGUA DO CONCRETO

Os procedimentos de ensaio seguiram a NBR 9778:2009 para as idades de 7 e 28 dias, utilizando como resultado final a média aritmética dos 5 corpos de provas (Figura 12).

Figura 6 - Absorção de água aos 7 dias (à esquerda) e 28 dias (à direita).



Fonte: Próprio autor, 2022.

Os resultados apresentados na Figura 12, mostram que os concretos dopados apresentaram valores de absorção ligeiramente superiores aos respectivos concretos controle, o que condiz com o comportamento mecânico encontrado. A explicação pode estar na elevada quantidade de água livre existente na matriz do concreto dopado, uma vez que a dopagem acabou impedindo que o agregado de RCC absorvesse parte da água da mistura, resultando em elevada relação água/cimento e consequente aumento na absorção do concreto.

12 CONCLUSÃO

Após análise dos ensaios realizados pode-se concluir que a técnica de dopagem aplicada ao agregado proveniente de resíduo de construção civil não se mostrou eficiente no comportamento dos concretos produzidos. Este fato pode ser justificado pela matriz reforçada do próprio concreto, elaborada com cimento de alta resistência, a qual foi capaz de suprir as deficiências do agregado de RCC, dispensando, portanto, a aplicação da técnica.

É de suma importância que mais estudos sejam realizados para avaliar a eficiência do tratamento de dopagem em agregados reciclados de construção, de modo a tornar um processo promissor frente à elevada demanda por materiais e métodos de construção alternativos. Além disso, sugere-se o estudo da técnica de otimização da superfície em outros tipos de agregados deficientes, possibilitando assim a confecção de concretos estruturais mais sustentáveis.

Vale destacar ainda os bons resultados do traço rico controle (CC35), o qual apresentou, aos 28 dias, uma resistência mecânica de 35 MPa à compressão e de 4,3 MPa à tração na compressão e absorção de água de 6%, valores consideráveis se tratando de um concreto com agregado graúdo reciclado. Para pesquisas futuras, estudar a viabilidade do traço em questão é importante pela possibilidade de reduzir em 100% o uso de agregado graúdo natural em concretos estruturais. Além disso, sugere-se que sejam propostas novas avaliações sobre a técnica de dopagem deste agregado reciclado para o traço em questão.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem à empresa Mejan Ambiental que forneceu o agregado reciclado.

REFERÊNCIAS

- Associação brasileira de normas técnicas. Nbr nm 52: agregado miúdo – determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de janeiro, 2009.
- Nbr nm 53: agregado graúdo – determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de janeiro, 2009.
- Nbr 5738: concreto – procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de janeiro, 2015.
- Nbr 5739: concreto – ensaios de compressão de corpos-de-prova cilíndricos. Rio de janeiro, 2018.
- Nbr 6118: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de janeiro, 2014.
- Nbr 7211: agregados para concreto – especificações. Rio de janeiro, 2019.
- Nbr 7222: concreto e argamassa – determinação da resistência à tração por compressão diametral de corpos de prova cilíndricos. Rio de janeiro, 2011.
- Nbr 8522-1: concreto endurecido – determinação dos módulos de elasticidade e de deformação parte 1: módulos estáticos à compressão. Rio de janeiro, 2021.
- Nbr 9778: argamassa e concreto endurecidos – determinação da absorção de água, índice de vazios e massa específica. Rio de janeiro, 2009.
- Nbr 16607: concreto – determinação dos tempos de pega. Rio de janeiro, 2018.
- Nbr 16889: concreto – determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de janeiro, 2020.
- Nbr 16972: agregados - determinação da massa unitária e do índice de vazios. Rio de janeiro, 2021.
- Nbr 17054: agregados – determinação da composição granulométrica – método de ensaio. Rio de janeiro, 2022.
- Anoni, I. G.; trigo, A. P.; pietrobon, I. Produção de concretos estruturais utilizando resíduos de construção e demolição. Anais do 62º congresso brasileiro do concreto - cbc2020 – 62cbc2020, Florianópolis-SC, set. 2020.
- Castro, A. L. (2007). Aplicação de conceitos reológicos na tecnologia dos concretos de alto desempenho. 2007. 302 f. Tese (doutorado em ciência e engenharia de materiais) – interunidades (instituto de física de São Carlos/ instituto de química de São Carlos/escola de engenharia de São Carlos), universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- Gallego, G. Dos S. Estudo de dosagens de concretos estruturais com resíduos de construção e demolição. 2019. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em engenharia civil) - curso de engenharia civil do instituto federal de educação, ciência e tecnologia, campus votuporanga, votuporanga, 2019.
- Kantro, D. L. (1980) influence of water-reducing admixtures on properties of cement paste – a miniature slump test. Cement, concrete and aggregates, 2 (2), winter. P. 95-108, 1980.

Perdeneiras, c. M. Avaliação de blocos intertravados com agregados reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição de obras do município de natal/rn. 2017. Dissertação (mestrado) – universidade federal do rio grande do norte. Natal, 2017.

Pietrobon, i. M. Influência do uso de resíduos de construção e demolição em concretos estruturais. 2018. Trabalho de conclusão de curso – instituto federal de educação, ciência e tecnologia de são paulo. Votuporanga, 2018.

Trigo, a. P. M. Estudo da dopagem de agregados para finalidade de uso em concretos estruturais. Tese (doutorado). 2012. 313f. Departamento de engenharia de estruturas. Escola de engenharia de são carlos. Universidade de são paulo. São carlos, 2012.

Avaliação estética tridimensional de paciente classe III antes e depois de cirurgia plástica ortognática guiada por computador

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-015>

Camila Batista Caixeta

Médica vinculada ao Instituto CEMA/ SP – Serviço de otorrinolaringologia

Mariana Ribeiro Bocchi

Médica vinculada ao Instituto CEMA/ SP – Serviço de otorrinolaringologia

Marcell de Melo Naves

Médico do serviço de otorrinolaringologia e cirurgia crânio maxilo facial na Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

RESUMO

INTRODUÇÃO: Na cirurgia ortognática guiada por computador cria-se o paciente virtual onde um software permite que os ossos da face sejam reposicionados. Através dessa nova posição é gerado e impresso um guia cirúrgico obtido através do planejamento virtual. O objetivo deste estudo foi avaliar os benefícios estéticos em um paciente de classe III na classificação de Angle submetido à cirurgia reparadora realizada por observadores com diferentes conhecimentos usando imagens faciais tridimensionais. As imagens faciais em 3D no planejamento pré-operatório do paciente tratado foram avaliadas por médicos da cirurgia plástica e cirurgia crânio maxilo facial.

RELATO DE CASO: Paciente masculino de 22 anos com queixa de alteração de mordida, deficiência de maxila e protusão mandibular procurou o serviço de cirurgia craniomaxilofacial de uma clinica privada no município de Uberlândia-MG. Medições cefalométricas foram realizadas por reconstruções multiplanares através de um software que evidenciavam as alterações em questão. Foi idealizado planejamento em 3D de cirurgia ortognática com osteotomia Le Fort I, osteotomia bisagital de mandíbula bilateral e osteostomia de mento para correção de deformidades dentoalveolares. A correlação entre os escores estéticos foi obtida e as alterações quantitativas foram examinadas.

CONCLUSÃO: O método cirúrgico guiado por computador se mostrou de grande ajuda e eficiência no caso descrito. De forma consensual, foram encontradas avanços no planejamento cirúrgico, especialmente na acurácia do procedimento bem como no tempo cirúrgico e resultado estético pós-operatório. Para evitar a insatisfação do paciente, é importante ter em mente que as demandas e a percepção de melhorias estéticas após qualquer cirurgia reparadora são relativos e particulares para cada situação.

Palavras-chave: Otorrinolaringologia, Cirurgia crânio maxilo facial, Plástica facial.

1 INTRODUÇÃO

O tratamento cirúrgico é usado rotineiramente em pacientes com assimetrias ou angulações destoantes da composição facial afim de se obter a relação esquelética estrutural mais harmônica da face. Na cirurgia ortognática guiada por computador cria-se a imagem do paciente virtualmente onde um software permite que os ossos da face sejam reposicionados a critério do cirurgião. Através dessa nova posição é gerado e impresso um guia cirúrgico obtido através do planejamento virtual.

Embora a tecnologia de softwares em 3D exista há décadas, os aprimoramentos recentes tornaram-na mais relevante para uso na cirurgia craniofacial. A melhoria da resolução e da qualidade das imagens, bem como a diminuição da espessura de cortes obtidos a partir de tomografias computadorizadas permitem a geração de modelos tridimensionais mais precisos para planejamento e manipulação cirúrgica. As ferramentas de simulação cirúrgica avançadas permitem a manipulação do

modelo craniofacial 3D em até 6 graus de liberdade, a depender do software utilizado, permitindo a visualização simulada dos mais diversos ângulos.

O objetivo deste relato de caso foi avaliar os benefícios estéticos em um paciente de classe III na classificação de Angle submetido à cirurgia ortognática reparadora realizada por observadores com diferentes conhecimentos, usando imagens faciais tridimensionais. As imagens faciais em 3D no planejamento pré-operatório do paciente tratado foram avaliadas por médicos da cirurgia plástica e cirurgia cranio maxilo facial.

2 RELATO DE CASO

Paciente L.N.P masculino de 22 anos com queixa de alteração de mordida, deficiência de maxila e protusão mandibular procurou o serviço de cirurgia cranio maxilo facial de uma clinica privada no município de Uberlândia-MG, sendo selecionado como tratamento mais adequado ao seu perfil o uso da técnica guiada por computador em 3 dimensões.

Primeiramente, medições cefalométricas foram realizadas por reconstruções multiplanares através de um software que evidenciaram as alterações em questão. Uma imagem facial 3D de qualidade adequada foi obtida antes da cirurgia e outra 6 meses após a cirurgia para comparação. Todas as varreduras faciais foram obtidas usando o mesmo software em condições padronizadas. O paciente foi registrado na posição natural da cabeça com os olhos abertos e com a musculatura facial relaxada.

Utilizando o próprio software, foi idealizado o planejamento tridimensional da cirurgia ortognática contando com osteotomia Le Fort I que se estende de forma horizontal da abertura pterigóide ao processo pterigóide da maxila bilateralmente; osteotomia bisagital de mandibula bilateral e osteostomia de mento para correção de deformidades dento-esqueléticas.

O paciente foi acompanhado por seis meses em seu prognóstico. A comparação final foi estabelecida após este tempo de pós-operatório. Foi esclarecido que a percepção de melhorias estéticas após qualquer cirurgia reparadora é relativa e particular para cada situação. A contextualização de estética facial é uma questão complexa por sua natureza subjetiva. Estabelecer um rosto bem equilibrado e atraente pode ser desafiador porque as percepções da morfologia estética podem diferir entre preferências individuais. A comunicação adequada entre médico e paciente é essencial para evitar insatisfação no pós-operatório e otimizar uma perspectiva mais realista acerca dos resultados do tratamento proposto.

3 DISCUSSÃO

O advento do planejamento cirúrgico virtual através de técnicas de design guiadas por computador oferece um fluxo de trabalho alternativo para um planejamento pré-operatório mais

preciso com a redução de erros intra-operatórios, se comparado a técnica cirúrgica convencional (Zachow et al, 2015). Suas aplicações são diversas e incluem o planejamento, fabricação de guias de corte e modelos ósseos usando técnicas de estereolitografia, sistemas de navegação cirúrgica para auxiliar na colocação de implantes e orientação para osteostomias.

A simetria e harmonia facial deste paciente melhoraram significativamente após o procedimento. Em particular, o resultado do contorno do mento mostrou melhoria significativa para o grupo de observadores. A reprodutibilidade do scanner foi avaliada através da realização das mesmas medições faciais em três exames do paciente. Os resultados foram consistentemente similares em relação ao mento e ao rosto em geral, além de serem constatadas menores alterações de tecidos moles se comparado a pacientes submetidos ao tratamento cirúrgico convencional, assim como redução do tempo cirúrgico, de acordo com os observadores.

4 CONCLUSÃO

O método cirúrgico guiado por computador se mostrou de grande ajuda e eficiência no caso descrito. De forma consensual, foram encontradas avanços no planejamento cirúrgico, especialmente na acurácia do procedimento bem como no tempo de procedimento e resultado estético pós-operatório, ao mesmo tempo em que se mostrou uma ferramenta bastante didática e simplificada para a compreensão e formação de acadêmicos ainda não familiarizados com a prática cirúrgica.

REFERÊNCIAS

Gray, r. Gougotas, a. Nguyen, v. Taylor, j. Bastidas, n. Use of three-dimensional, cad/cam-assisted, virtual surgical simulation and planning in the pediatric craniofacial population. *Int j pediatric otorhinolaryngologie*, 2017.

Lubkoll, l. Schiela, a. Delflhard, p. Craniofacial surgery planning based on virtual patient models. Pp 258-263, 2010.

Sheng-pin, s et al. Accuracy of a computer-aided surgical simulation protocol for orthognathic surgery: a prospective multicenter study. *Jornal of oral and maxillofacial surgery*, jan. 2013.

Zachow, s. Computation planning in facial surgery. Pp. 446-462, 2015.

Zhao, l. Patel, p. Cohen, m. Application of virtual surgical planning with computer assisted design and manufacturing technology to cranio-maxillo facial surgery. *Archives of plastic surgery*, 2012.

Estrutura de Governança de T.I: Aprimorando a eficiência e eficácia com o modelo COBIT como framework

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-016>

Alefe Filipe Biondes Magalhães

Graduando em Bacharelado em Engenharia de Software,
Universidade do Estado do Pará
E-mail: alefe.magalhaes@aluno.uepa.br

Caio Martins do Nascimento

Graduando em Bacharelado em Engenharia de Software,
Universidade do Estado do Pará
E-mail: caio.cnascimento@aluno.uepa.br

Caroline Nunes Carr

Pós Graduada, Universidade do Estado do Pará
E-mail: carolinecarr@uepa.br

Ismael Henrique Miranda da Silva

Graduando em Bacharelado em Engenharia de Software,
Universidade do Estado do Pará
E-mail: ismael.msilva@aluno.uepa.br

RESUMO

O artigo discute a importância da governança de TI e apresenta o COBIT (Control Objectives for

Information and Related Technology) como um framework para a governança de TI. O COBIT é um conjunto de objetivos de controle para os processos de TI alinhados com os objetivos estratégicos da organização. O framework ajuda as organizações a criar valor através da TI, equilibrando benefícios, níveis de risco e uso de recursos. Em resumo, o COBIT é visto como uma ferramenta útil para organizações de todos os tamanhos e tipos, comerciais, sem fins lucrativos ou públicas, para alcançar seus objetivos de governança e gestão de TI. O artigo destaca que as organizações bem-sucedidas reconhecem a importância da TI e a incluem em sua abordagem de governança. A última versão do COBIT enfatiza que a governança corporativa de TI é essencial, pois a TI é tão importante para o negócio quanto qualquer outra parte da organização.

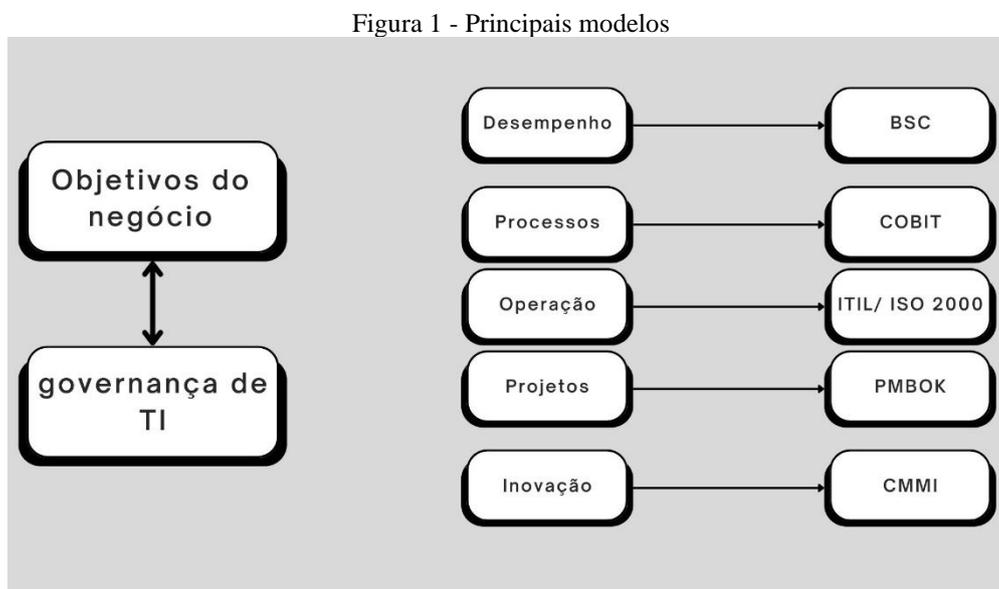
Palavras-chave: COBIT, Governança, Níveis de maturidade, Processos. Modelos.

1 INTRODUÇÃO

A gestão de Tecnologia da Informação (T.I) e a governança de T.I são conceitos distintos, mas possuem diferenças significativas que afetam a forma como as organizações gerenciam seus recursos de T.I. Segundo SILVA et al (2006, p. 3) a governança de uma organização representa a capacidade de seus diretores de garantir que a organização cumpra suas metas sociais e obrigações legais de maneira consistente e previsível. Uma governança eficaz de TI faz com que a gestão da empresa e a utilização de elementos de TI estejam em harmonia e que os objetivos de negócio sejam alcançados (Weill & Ross, 2006).

Para contribuir efetivamente para os objetivos estratégicos de uma empresa, é de extrema importância a adoção de uma estrutura de governança que integre tanto os conceitos de gestão de negócios quanto de tecnologia da informação. Nesse contexto, o framework COBIT (Control Objectives for Information and Related Technology) se tornou uma das estruturas mais populares para o gerenciamento de TI em todo o mundo. Além de possibilitar a identificação de padrões e a previsibilidade de riscos, a governança de TI também oferece maior visibilidade sobre os controles de informação. Entre os diversos modelos de governança de TI disponíveis, o COBIT se destaca por sua

ampla utilização na implementação de boas práticas de governança. A Figura 1 apresenta uma comparação entre os principais modelos de governança de TI e seus objetivos (adaptado de BARROS, 2016, p. 23)



Fonte: Adaptado de Barros (2016, p. 23)

Sob uma perspectiva organizacional, a gestão da informação visa auxiliar a organização a atingir seus objetivos competitivos e estratégicos (DETLOR, 2010). A gestão de T.I é centrada no gerenciamento das atividades operacionais e na garantia da entrega efetiva dos serviços de T.I, visando atender às necessidades do negócio. Por outro lado, a governança de T.I tem como objetivo assegurar que a tecnologia seja gerenciada de maneira adequada e alinhada às necessidades do negócio, visando garantir o uso eficaz da tecnologia, os recursos disponíveis e a minimização dos riscos. Um dos principais desafios das organizações passou a ser como administrar essa tecnologia, uma vez que o custo elevado e a determinação de benefícios, que muitas vezes não são mensuráveis, acabam gerando uma situação de conflito entre a gestão dos recursos de TI e as demais áreas da empresa (GREMBERGEN et al, 2004). A indústria precisa de uma estrutura abrangente que cubra todos os aspectos do gerenciamento de TI, devido a vários motivos como a necessidade de alinhar a estratégia de TI com a estratégia de negócios, implantar recursos de TI de forma eficaz, criar controles internos apropriados e evitar problemas relacionados a erros de software (DE HAES et al., 2020).

Muito vem se discutindo sobre a estrutura do COBIT, que é frequentemente usada como um ponto de referência por profissionais especialistas em sistemas de informação, em busca de orientações sobre gerenciamento de TI em uma organização. O modelo de maturidade COBIT pode ser usado para avaliar o desenvolvimento de processos de gestão em uma organização. A estrutura COBIT também

pode ser usada para compreender e gerenciar todos os tipos de riscos de TI significativos (ZORORO, 2019).

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo tem uma abordagem qualitativa com o objetivo de fornecer uma compreensão mais profunda da governança de T.i, principalmente no que concerne o seu objetivo e eficiência dentro dos seus cenários propostos. A pesquisa qualitativa é considerada uma alternativa de pesquisa no campo social devido às suas características de investigação, permitindo que o pesquisador apreenda especificidades que as pesquisas eminentemente quantitativas não conseguem compreender(Lima; Moreira, 2015) Isso é particularmente relevante para o propósito deste estudo de alinhar gestao e governanca de T.I. Além disso, a pesquisa qualitativa é importante porque os processos de coleta e análise de dados se combinam num contínuo processo de realimentação(Teixeira, 2011).Para alcançar esse objetivo, foram realizadas diversas etapas, incluindo levantamento de requisitos, revisão bibliográfica, análise de conteúdo e validação dos resultados.

Neste estudo, foi utilizado a revisão bibliográfica. Para realizar essa etapa, foi feita uma busca eletrônica em várias bases de dados, como PubMed, Scopus, Web of Science, Capes e Google Acadêmico, utilizando parâmetros de busca relevantes para o estudo. Além disso, as listas de referências de artigos relevantes foram verificadas para identificar outros estudos elegíveis.

Após a revisão bibliográfica, foi utilizado a abordagem de análise de conteúdo, que é uma técnica de investigação que tem como objetivo a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação(Bardin, 1977). Essa abordagem permite uma interpretação mais profunda dos dados e é flexível o suficiente para lidar com diferentes formatos de dados. Para garantir a validade dos resultados, foram utilizados procedimentos de triangulação de dados, que envolveram a comparação e validação dos resultados obtidos a partir de diferentes fontes (Beckert; Ghisi, 2015)

Por fim, foram definidos critérios de exclusão para garantir a conversão dos estudos selecionados. Foram excluídos estudos que não se encaixavam na definição buscada pelos autores, estudos com abordagem que destoava da governança de T.I e estudos com baixo grau de internacionalização.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 GOVERNANÇA DE T.I PARA APRIMORAR A EFICIÊNCIA DE GESTÃO DE PROJETOS

Com o aumento do interesse da TI nas organizações, sejam elas públicas ou privadas, cria-se a necessidade da reflexão e uma maior atenção em questões vinculadas à gestão da TI e dos seus projetos. Desse modo, é importante salientar o alinhamento entre as estratégias de negócios, a T.I e como as

decisões de negócios devem ser tomadas a partir da relação dessas áreas. Em vista disso, é cabível dizer que os padrões da governança de T.I podem gerar um ganho significativo nos projetos das organizações. Nesse contexto, a governança de TI busca alinhar as estratégias da organização com a tecnologia da informação, tornando mais transparente para as partes interessadas os aspectos relacionados à TI e facilitando a tomada de decisão (Dourado, 2016). Além disso, ainda conforme o autor, pode-se concluir, que a governança tem um impacto positivo na gestão dos projetos de TI das organizações. A pesquisa survey revelou que uma grande proporção (88,06%) das empresas participantes adotaram modelos de governança de TI em sua estratégia de TI.

3.2 MODELOS DE REFERÊNCIA EM GOVERNANÇA DE TI

De acordo com WEBB et al (2006, p. 5, tradução adaptada de ASSIS, 2011) e WINNIFORD et al (2009), O Modelo de Referência (ou Framework) de Governança de TI foi desenvolvido para apoiar os esforços dos gestores na implantação de rotinas e procedimentos de gestão, bem como de controles internos de TI. Como tal, eles têm utilidade e não são muito discutidos na literatura. “Um framework de governança de TI não considera uma visão abrangente da governança de TI, mas apenas descreve um aspecto ou outro do conceito”, observa-se, também que a falta de literatura acadêmica descritiva, enfatizando a ênfase do trabalho em modelos parciais e canônicos.

Segundo ASSIS (2011), há uma dificuldade em entender o escopo da governança de TI, portanto vários modelos considerados como referência são dedicados ao aprimoramento da organização de TI como provedora de serviços, seguindo a abordagem de gerenciamento dos serviços de TI (Information Technology Service Management - ITSM).

Os principais modelos de referência da Governança de TI são o COBIT, o padrão ISO/IEC 38500 (Corporate Governance of Information Technology), o IT BSC (Information Technology Balanced ScoreCard) e o Val-IT (IT Value Delivery). Os mesmos serão ilustrados no quadro abaixo (Quadro 1).

Quadro 1 - Compilação dos modelos de referência em Governança de TI

Framework	Descrição	Ano	Organização	Aplicação
COBIT	<i>Control Objectives for Information and Related Technology</i>	1994 2000	ISACF ITGI	Definição de objetivos de controle e auditoria para TI.
IT BSC	<i>Balanced Scorecards</i>	1998	-	Expansão das métricas de controle para as dimensões de satisfação dos clientes, processos internos e capacidade de inovação.

Val-IT	<i>IT Value Delivery</i>	2006	ITGI	Gestão do valor e investimentos em TI, estendendo e complementando o COBIT.
ISO/IEC	<i>Corporate Governance of Information Technology</i>	2008	ISO/IEC	Definições, princípios e modelo de boa governança corporativa de TI.

Fonte: Adaptado de Assis (p, 72 - 2011)

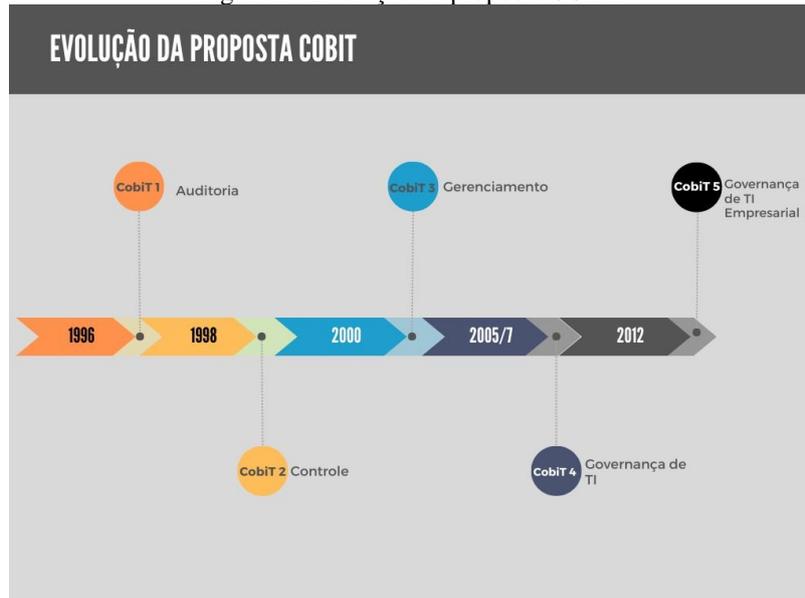
3.3 COBIT COMO FRAMEWORK NA GOVERNANÇA DE T.I

O COBIT foi desenvolvido pela ISACA (Information Systems Audit and Control Association) e é um framework de governança de TI amplamente utilizado nas organizações. Segundo Simões e Oliveira (2014), o COBIT é baseado em processos e fornece um conjunto de objetivos de controle que ajudam as organizações a garantir que seus processos de TI estejam alinhados com os objetivos estratégicos de governança da organização. Essa congruência com os objetivos estratégicos da organização se dá principalmente pelas cinco áreas-chave: estratégia, governança, gestão de portfólio, gestão de riscos e gestão de desempenho. Segundo os autores (Prado et al., 2016) a observância desses estágios ajudou as organizações do setor de saúde, a implementação do COBIT permitiu que a área de Tecnologia da Informação fosse percebida como uma aliada e parceira estratégica para os negócios da organização, em vez de ser vista como uma área de suporte simplesmente. Ainda segundo os autores, a implantação do referido framework permitiu identificar o nível de maturidade de cada processo e priorizar aqueles mais críticos para a diretoria de TI, além de possibilitar sua identificação de forma mais precisa.

Em seu segundo lançamento, em 1998, trouxe novos processos de controle. Em 2000, o COBIT 3 passou por grandes mudanças, e o foco não se limitou mais à auditoria e controle, mas à gestão, que se tornou um marco. No entanto, é claro que os problemas abordados não são suficientes e é necessário examinar o conceito de governança de TI. Como resultado, o COBIT 4.0 foi lançado em 2005 e posteriormente revisado para a versão 4.1 em 2007. Nesse período, em apoio ao framework COBIT, a ISACA também desenvolveu Val IT (2008), que foca na criação e disseminação de valor de TI para o negócio, e Risk IT (2009), que adota uma abordagem que suporta o gerenciamento de riscos de TI. BMIS orientado a negócios para gerenciar a segurança da informação.

Por fim, a Versão 5 introduz o conceito de governança corporativa de TI, um conceito mais amplo em que a governança não é mais apenas sobre TI, mas sobre toda a empresa. A Figura 2 mostra a evolução da estrutura de uma perspectiva de visão e cobertura. A Figura 3 é uma linha do tempo que correlaciona os lançamentos do COBIT com os principais eventos no domínio da tecnologia.

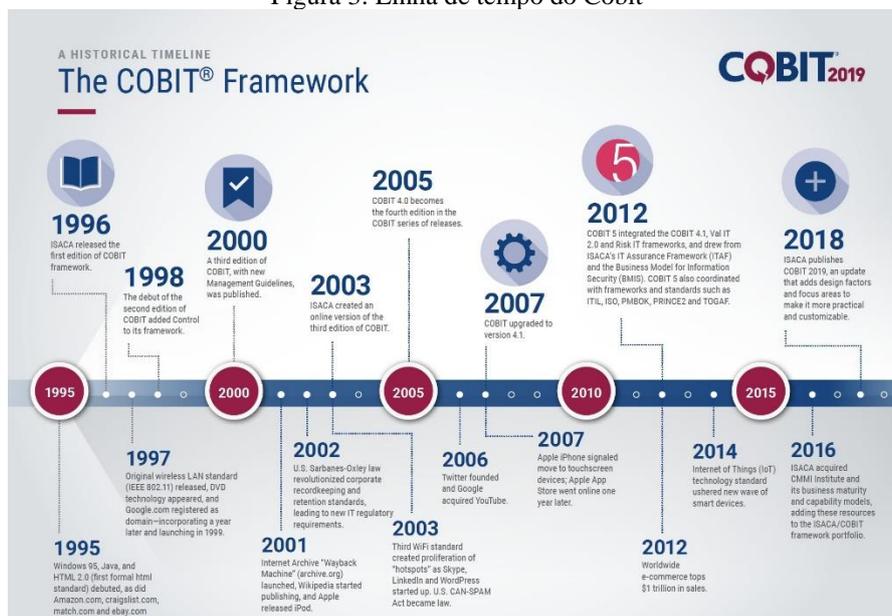
Figura 2 - Evolução da proposta COBIT



Fonte : adaptado de BARROS (2016, p. 23)

“Organizações bem-sucedidas reconhecem que a diretoria e os executivos devem aceitar que a TI é tão significativa para os negócios como qualquer outra parte da organização. Diretores e gestores - seja em funções de TI ou de negócios - devem colaborar e trabalhar em conjunto a fim de garantir que a TI esteja incluída na abordagem de governança e gestão. Além disso, cada vez mais leis e regulamentos estão sendo aprovados e estabelecidos para atender a essa necessidade. O COBIT 5 fornece um modelo abrangente que auxilia as organizações a atingirem seus objetivos de governança e gestão de TI. Em termos simples, O COBIT 5 ajuda as organizações a criar valor por meio da TI mantendo o equilíbrio entre a realização de benefícios e a otimização dos níveis de risco e de utilização dos recursos. O COBIT 5 permite que a TI seja governada e gerida de forma holística para toda a organização, abrangendo o negócio de ponta a ponta, bem como todas as áreas responsáveis pelas funções de TI, levando em consideração os interesses internos e externos relacionados com a TI. O COBIT 5 é genérico e útil para organizações de todos os portes, sejam comerciais, sem fins lucrativos ou públicas”. (ISACA, 2012)

Figura 3: Linha de tempo do Cobit



Fonte: ISACA COBIT® 5

O COBIT 5 baseia-se em cinco princípios básicos, ilustrados na Figura 4 abaixo.

Figura 4: Princípios do COBIT



Fonte: Cronaap.blog

1º Princípio : Atender às Necessidades das Partes Interessadas: A primeira ênfase do COBIT 5 é a importância de entender as necessidades de todas as partes interessadas, incluindo clientes, fornecedores, parceiros, reguladores e funcionários. Isso ajuda a garantir que as decisões de TI sejam tomadas com base em informações precisas e em alinhamento com os objetivos estratégicos da organização.

2º Princípio: Cobrir a Organização de Ponta a Ponta – Conceito de Governança Corporativa de TI: O COBIT 5 se concentra em abordar a governança de TI de forma holística, cobrindo toda a organização. Isso ajuda a garantir que todas as partes envolvidas na governança de TI estejam alinhadas e trabalhem em conjunto para alcançar os objetivos organizacionais.

3º Princípio: Aplicar um Modelo Único Integrado: O COBIT 5 usa um modelo único e integrado para a governança de TI, fornecendo um conjunto abrangente de ferramentas e técnicas para gerenciar e controlar a TI. Isso ajuda a garantir que as práticas de TI sejam consistentes e padronizadas em toda a organização.

4º Princípio: Permitir uma Abordagem Holística: O COBIT 5 incentiva uma abordagem holística para a governança de TI, abrangendo todas as áreas funcionais da organização, incluindo estratégia, operações, finanças e conformidade. Isso ajuda a garantir que a governança de TI esteja integrada a todas as áreas da organização.

5º Princípio: Distinguir a Governança da Gestão: O COBIT 5 enfatiza a distinção entre governança e gestão de TI. A governança de TI é vista como a responsabilidade do conselho de administração e da alta gerência, enquanto a gestão de TI é vista como a responsabilidade dos gerentes operacionais de TI. Isso ajuda a garantir que as decisões de TI sejam tomadas com base em um equilíbrio adequado de perspectivas de curto e longo prazo e que a governança de TI e a gestão de TI trabalhem juntas de forma eficaz.

4 ANÁLISE E RESULTADOS

O artigo busca examinar a importância do modelo COBIT como framework para aprimorar a eficiência e eficácia da estrutura de governança de T.I. Os autores defendem que o COBIT é um modelo amplamente reconhecido que pode ser usado para melhorar a governança de T.I. e fornecer uma estrutura para avaliar e melhorar as práticas de gestão de

T.I. Segundo os autores (Dos Santos; Paula, 2017) com a adoção do COBIT no caso de uso estudo pelos autores após a implementação do Cobit pode-se dizer que os seus processos se alinham com os de negócios e que preparou a TI para entregar e suportar seus serviços.

De acordo com os autores (Junior; Da Cunha, 2018) Pode-se constatar que, ao utilizar ferramentas de gerenciamento, é possível automatizar certas etapas dos processos operacionais, táticos ou estratégicos das empresas. A efetividade desses processos é avaliada de acordo com o nível de maturidade ou capacidade de cada processo, conforme definido no Cobit. Essa última versão do Cobit está totalmente alinhada com a norma ISSO/IEC 15504 de engenharia de software, o que é considerado uma vantagem para o modelo. Além disso, em relação à governança corporativa em geral, a adoção dos processos do Cobit no ambiente de TI pode apoiar a empresa de maneira mais eficaz em relação ao ITIL.

Etapas para a implementação do COBIT como framework de governança de TI (Quadro 2).

Quadro 2 - Etapas para implementação do COBIT

Etapas	Título	Descrição
1	Plano Estratégico	Definição dos objetivos de implementação: antes de iniciar a implementação do COBIT, é importante que a organização defina seus objetivos e expectativas. É necessário entender o motivo pelo qual o COBIT está sendo implementado e o que se espera alcançar com isso.

2	Diagnóstico do estado atual da empresa	Avaliação do ambiente de TI atual: nesta etapa, é necessário avaliar o ambiente de TI atual da organização. Isso inclui a análise dos processos de TI, recursos, riscos, desafios e oportunidades existentes. Essa avaliação permitirá que a organização identifique as áreas em que o COBIT pode ser mais útil.
3	Definição de Metas	A terceira etapa é o momento da definição das metas e do roteiro de implementação em si.
4	Implementação do planejamento	Definição de papéis e responsabilidades: é importante definir quais são os papéis e responsabilidades de cada pessoa envolvida na implementação do COBIT. Isso inclui a equipe de TI, gerentes de negócios e outras partes interessadas.
5	Execução do planejamento	A organização deve identificar os processos críticos de TI que precisam ser implementados ou melhorados para alcançar os objetivos definidos na etapa 1. Esses processos devem ser priorizados para que a implementação seja feita de forma eficiente.
6	Acompanhamento da efetividade das melhorias	A implementação dos processos COBIT inclui a adoção das práticas recomendadas do framework, como o estabelecimento de controles e a definição de indicadores de desempenho.
7	Acompanhamento e melhoria contínua	Após a implementação dos processos COBIT, é importante monitorar seu desempenho e realizar melhorias contínuas. Isso envolve o estabelecimento de indicadores de desempenho, a realização de auditorias internas e a revisão dos processos de TI para garantir que a organização esteja em conformidade com as melhores práticas do COBIT.

Fonte: Adaptado COBIT 2019 Framework

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, a governança de TI é responsável por orientar o processo decisório e estabelecer o modelo de decisões e a matriz de responsabilidades. Já a Gestão de TI tem a responsabilidade de utilizar os instrumentos de gestão, incluindo o modelo de decisões, para assegurar a efetiva execução dos processos de TI. Em outras palavras, a Governança define o "o quê" e o "porquê" das decisões de TI, enquanto a Gestão se concentra no "como" e "quando" essas decisões serão implementadas. A colaboração entre essas duas áreas é fundamental para garantir que a TI esteja alinhada aos objetivos da organização e que os recursos de TI sejam utilizados de forma eficaz (ASSIS, 2011).

Portanto, a implementação do COBIT traz diversos benefícios para as organizações como a congruência com a norma ISSO/IEC 15504 de engenharia de software; processos de TI em igualdade com os processos de negócios, além de outros benefícios referidos neste estudo. Ademais, de acordo com (Santos, 2022) o modelo é compatível com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), o uso do framework mostrou-se altamente efetivo tanto na prevenção quanto na resposta a incidentes de segurança, o que é um aspecto crucial para a conformidade com a LGPD. Também, o framework oferece uma série de processos para facilitar a comunicação direta entre a organização e o titular dos dados, bem como para comprovar a conformidade da organização ao uso de práticas eficazes de governança.

Por fim, concluímos que a adoção do COBIT como framework para estrutura de governança de TI fornece uma base sólida para atender aos requisitos legais da LGPD, permitindo que as organizações cumpram uma grande parte dos conceitos exigidos pela legislação (SILVA, 2018). É importante destacar que a adoção desses frameworks pode ajudar as empresas a alcançar seus objetivos de governança e gestão de TI de forma mais eficiente e eficaz, equilibrando benefícios, riscos e uso de recursos. No entanto, é importante salientar que a aplicação do COBIT deve ser cuidadosamente planejada, organizada e executada, na companhia de todos os setores da organização e uma abordagem orientada a processos. Dessa maneira, a estrutura de governança de TI pode ser efetivamente aprimorada para atender aos propósitos estratégicos da empresa, promovendo a excelência nos serviços de TI e agregando valor aos negócios (ASSIS, 2011).

REFERÊNCIAS

Assis, célia barbosa. Governança e gestão da tecnologia da informação: diferenças na aplicação em empresas brasileiras. 2011. Dissertação (mestrado em engenharia de produção) - escola politécnica, university of são paulo, são paulo, 2011. Doi:10.11606/d.3.2011.tde-05082011-155506. Acesso em :01 abr. 2023. Site: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-05082011-155506/en.php>

Bardin, I. Análise de conteúdo. 1. Ed. França: almedina, 1977.

Barros, conrado gomes de queiroz. Governança de ti: estudo das boas práticas sobre alinhamento das estratégias de ti e negócio.

Repositório institucional uff, 2016. Disponível em : <https://app.uff.br/riuff/handle/1/7407>. Acesso em : 01 abr. 2023.

Beckert, z. M.; ghisi, f. S. O uso da triangulação na pesquisa científica brasileira em administração. Administração: ensino e pesquisa, rio de janeiro, v. 16, n. 2, p. 318-351, abr./jun. 2015.

Cobit ® 2019 framework: introduction and methodology, chapter 8 implementing enterprise governance of it, figure 8.1

Cronaap blog: o que é cobit?, cronaap.blog

Da cunha, diego de oliveira; junior, ely severiano;. A importância do uso modelo cobit nos processos de ti diante de um contexto organizacional/the importance of using cobit model in it processes in an organizational context. Brazilian journal of development, v. 4, n. 6, p. 2844-2854, 2018.

Detlor, b. Information management. International journal of information management, 30, p. 103-108, 2010.

Dos santos, d. F.; paula, I. M. De. Alinhando a governança de ti com os negócios: um estudo entre cobit e itil. Revista de tecnologia aplicada (rita).v.5, n.3, set-dez 2016, p.16-26, 2017.

Dourado, t. F. De souza. Governança de ti: busca pela excelência em gestão de projetos.2016. 198 f. Trabalho de conclusão de curso.(curso de mestrado em sistema de gestão da universidade federal fluminense). Universidade federal fluminense, rio de janeiro.

Isaca. It governance: developing a successful governance strategy. 2012. Disponível em: <<https://www.isaca.org/certification/cgeit-certified-in-the-governance-of-enterprise-it/pre>

[pare-for-the-exam/studymaterials/documents/developing-a-successful-governance-strategy.pdf](https://www.isaca.org/certification/cgeit-certified-in-the-governance-of-enterprise-it/pre)> acesso em 04/04/2023

Isaca: modelo corporativo para governança e gestão de ti da organização, cobit® 5 lima, b. S. M.; moreira, é. V. A pesquisa qualitativa em geografia. Caderno prudentino de geografia, presidente prudente, v. 37, n. 2, p. 27-55, ago./dez. 2015.

Prado, e. P. V.; mancini, m.; barata, a. M.; sun, v. Governança de ti em organizações do setor de saúde: um estudo de caso de aplicação do cobit. Xii brazilian symposium on information systems, Florianópolis, sc, may 17-20, 2016.

Santos, r. H. Análise de frameworks de governança de ti em relação à lgpd. 2022. 52 f. Trabalho de conclusão de curso.(curso de bacharelado em ciência da computação da universidade estadual de londrina). Universidade estadual de londrina, 2022.

Silva, humberto caetano cardoso da; aráujo, marcus augusto vasconcelos; dornelas, jairo simião. Determinantes da não utilização de frameworks de gestão e/ou governança de ti. Revista gestão & tecnologia, [s.l.], v. 18, n. 2, p. 274-299, jun. 2018. Issn 2177-6652. Disponível em: <<http://revistagt.fpl.edu.br/get/article/view/1161/855>>. Acesso em: 01 abr. 2023. Doi:<https://doi.org/10.20397/2177-6652/2018.v18i2.1161>. Site: <http://revistagt.fpl.edu.br/get/article/view/1161/855>

Simões, r., & oliveira, t. (2014). Cobit 5: a literature review and classification. Journal of information systems and technology management, 11(3), 589-612.

Teixeira, e. B. A análise de dados na pesquisa científica: importância e desafios em estudos organizacionais. Desenvolvimento em questão, santa catarina, v. 1, n. 2, p. 177-201, 2011.

Grembergen w, de haes s, guldentops e. "structures, processes and relational mechanisms for it governance." strategies for information technology governance. Igi global, 2004. 1-36.

Webb, p.; pollard, c.; ridley, g. Attempting to define it governance: wisdom or folly? In: hawaii international conference on system sciences, 39., Kauai, 2006. Proceedingst kauai: shidler college of business, 2006. P. 10.

Weill, p., & ross, j. W. (2006). Governança de ti, tecnologia da informação. São paulo: m. Books do brasil.

Winniford, m.; conger, s.; erickson-harris, l. Confusion in the ranks: it Service management practice and terminology. Information systems management, london, v. 26, n. 2, p. 153-163, 2009.

Zororo, t.; exploring the difference between cobit 5 and cobit 2019. LinkedIn, january 2019.

Melhorando a Efetividade de Projetos de Desenvolvimento de Software através de uma Abordagem Híbrida: Uma análise de resultados e Impactos

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-017>

André Fernandes Vieira

Graduando em Bacharelado em Engenharia de Software,
Universidade do Estado do Pará, Brasil
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6625-6170>
E-mail: andre.vieira@aluno.uepa.br

Antônio Casanova Junior da Silva Lima

Graduando em Bacharelado em Engenharia de Software,
Universidade do Estado do Pará, Brasil
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2982-9184>
E-mail: antonio.lima@aluno.uepa.br

Caroline Nunes Carr

Pós Graduada, Universidade do Estado do Pará, Brasil
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1501-9073>
E-mail: carolinecarr@uepa.br

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar a adoção de abordagens híbridas que combinam elementos das

metodologias ágeis e tradicionais, a fim de maximizar as chances de sucesso de projetos de desenvolvimento de software. A pesquisa realizada utilizou a metodologia hipotético-dedutivo com base em revisões bibliográficas. Ambas as metodologias possuem características únicas que podem se adequar melhor a um determinado projeto. No entanto, os obstáculos na conciliação das metodologias ágeis e tradicionais baseiam-se nas dificuldades que cada metodologia propõe em relação à outra. Portanto, é essencial considerar as particularidades de cada metodologia e avaliar sua aplicabilidade em relação às necessidades e requisitos do projeto em questão. O modelo híbrido é uma opção ideal, pois combina o melhor de ambas as metodologias.

Palavras-chave: Metodologias Ágeis, Metodologias Tradicionais, Modelo Híbrido.

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é analisar como a adoção de abordagens híbridas que combinam elementos das metodologias ágeis e tradicionais, podem impactar o desempenho e contribuir para o sucesso de projetos de desenvolvimento de software. Independentemente do modelo utilizado, o sucesso de um projeto de desenvolvimento de software está fortemente ligado a uma gestão eficiente. Tanto os modelos tradicionais quanto os ágeis possuem características únicas que podem se adequar melhor a um determinado projeto, enquanto podem causar problemas em outros. Portanto, é essencial que a abordagem escolhida seja cuidadosamente avaliada e adaptada às necessidades específicas de cada projeto, a fim de maximizar suas chances de sucesso.

No modelo tradicional, por exemplo, a metodologia cascata (waterfall) é baseada em sequências de etapas de produções independentes, só podendo prosseguir para a próxima etapa após finalizar a atual, com o intuito de entregar no final desses processos o produto definido no início do projeto. Em teoria este modelo é preciso e seguro, pois todo projeto é definido nas partes iniciais como: análises de requisitos, documentação e contratos de modo que transmita a segurança aos stakeholders, deixando-os cientes de todo os processos para desenvolvimento do projeto, entretanto, por ser um desenvolvimento linear e definido todos os processos no início, a sequência de passos torna-o

inflexível a mudanças e imprevistos no meio do desenvolvimento. Segundo Sommerville (2011), os stakeholders em algumas circunstâncias, não possuem uma ideia clara do projeto, fazendo-o alterar o projeto e em cada mudança ou adição de funcionalidades, fazem com o que o escopo do projeto seja atualizado, demandando mais trabalho e conseqüentemente mais tempo. Isso eleva os custos finais e torna favorável o surgimento de problemas e erros escaláveis no projeto.

Cada vez mais, empresas buscam vantagens competitivas no mercado e isso reflete diretamente em seus projetos, pois em novos ambientes de negócios, a necessidade de alterações, mudanças rápidas, menor tempo para desenvolvimento e a busca por menores custos, fazem modelos tradicionais de desenvolvimento de software fracassarem. Esses constantes problemas levaram diversos profissionais e pesquisadores a buscar por possíveis soluções e em fevereiro de 2001 foi criado o manifesto para desenvolvimento ágil de software por 17 profissionais que já utilizavam métodos alternativos aos tradicionais, conhecido como métodos leves, de acordo com (Beck et al, 2001) e (Pressman, 2011).

Para Galal-Edeen et al. (2007), mesmo com todos os avanços no desenvolvimento de softwares ágeis, a metodologia não veio como uma solução para todas as falhas das metodologias tradicionais. Com o mercado globalizado, empresas com processos complexos e distribuídos ao redor do mundo, enfrentam dificuldades em gerenciar suas equipes com metodologias ágeis, visto que existem limitações em desenvolvimentos com grandes equipes e a mudança cultural para se adequar a metodologia ágil. A aplicação de métodos ágeis ocorre quando há a perspectiva de entregar um produto com qualidade e que as demandas do cliente sejam atendidas, a maioria das empresas de desenvolvimento de software utilizam métodos ágeis em seus projetos para reduzir o custo de produção (Neelu and Kavitha, 2021).

As adversidades enfrentadas na conciliação das metodologias ágeis e tradicionais baseiam-se nos obstáculos que cada metodologia propõe em relação a outra. A metodologia tradicional se destaca mais no processo de desenvolvimento disciplinado, hierárquico e de uma documentação bem elaborada para a entrega do projeto, sob outra perspectiva, as metodologias ágeis priorizam entregar um software funcional e na interação e participação do cliente no projeto como princípio fundamental para o processo de desenvolvimento de Software (Galal-Edeen et al, 2007). A seleção da metodologia de desenvolvimento de software ideal depende de uma análise completa do projeto para determinar qual abordagem é a mais adequada. Tanto as metodologias tradicionais quanto as ágeis possuem vantagens e desvantagens em diferentes situações do processo de desenvolvimento de software. Portanto, é essencial considerar as particularidades de cada metodologia e avaliar sua aplicabilidade em relação às necessidades e requisitos do projeto em questão. Para Boehm and Turner (2005), a combinação dessas duas metodologias seria o ideal, dessa forma utilizando uma metodologia híbrida.

A abordagem híbrida pode combinar as vantagens das metodologias tradicionais e ágeis, oferecendo a solução ideal para alcançar o melhor dos dois mundos. De acordo com Souza (2022), a aplicação de métodos híbridos é extremamente benéfica e apresenta aspectos positivos, como melhoria nos indicadores de atrasos, redução de erros no software e menor percentual de alteração dos requisitos. Gemino et al. (2021) também destacam que as metodologias ágeis e híbridas têm um desempenho superior e significativo em relação às metodologias tradicionais, resultando em maior satisfação entre as partes envolvidas no projeto.

Akel et al. (2019) apontam que, quanto à metodologia tradicional de gestão de projetos, os aspectos mais assertivos incluem escopo, cronograma, qualidade, comunicação, recursos, aquisições e formalização do projeto, enquanto custos, riscos, integração e partes interessadas são aspectos menos assertivos. No entanto, o uso da metodologia tradicional resulta em aumento do escopo, duração e orçamento dos projetos para a maioria dos respondentes. Quanto ao método ágil, os fatores mais assertivos incluem escopo, cronograma, qualidade, riscos, comunicação, integração e partes interessadas, enquanto custos, recursos, aquisições e formalização do projeto são aspectos menos assertivos. No entanto, o uso do método ágil também resulta em aumento do escopo, duração e orçamento dos projetos para a maioria dos respondentes.

Jordan (2022) destaca que a abordagem híbrida tem muitos benefícios, incluindo a capacidade de escolher a abordagem certa para cada situação e a possibilidade de otimizar o desempenho ao longo de cada etapa do projeto, embora seja uma saída com elevado custo. Além disso, a abordagem híbrida também pode melhorar a qualidade do produto, pois permite que as equipes de desenvolvimento se concentrem em entregar funcionalidades críticas primeiro, o que pode ajudar a reduzir o risco de erros e garantir que o produto final atenda às necessidades dos usuários finais.

Segundo Menezes (2018), o equilíbrio entre o planejamento e a execução é uma característica dos métodos híbridos, o que o torna amplamente aplicável em projetos de diversos portes e tipos em diversas indústrias. Independentemente da estratégia utilizada, testes de software são considerados essenciais nas metodologias ágeis, pois estão diretamente relacionados com a garantia da qualidade do produto. Os testes de unidade e testes de aceitação são realizados nas metodologias ágeis, graças à participação do cliente durante o processo de desenvolvimento. Embora os testes representem uma grande parte do suporte para as metodologias ágeis, pouca ou nenhuma menção a atividades de teste é encontrada, com exceção do método XP, que explicitamente enfatiza essas atividades (Sbrocco, JHTDC, & Macedo, PCD, 2012).

A abordagem híbrida também pode ajudar a melhorar a qualidade do produto. Segundo Sutherland (2014), a abordagem híbrida pode permitir que as equipes de desenvolvimento se concentrem em entregar funcionalidades críticas primeiro, em vez de tentar entregar tudo de uma só

vez. Isso pode ajudar a reduzir o risco de erros e garantir que o produto atenda às necessidades dos usuários finais.

2 METODOLOGIA

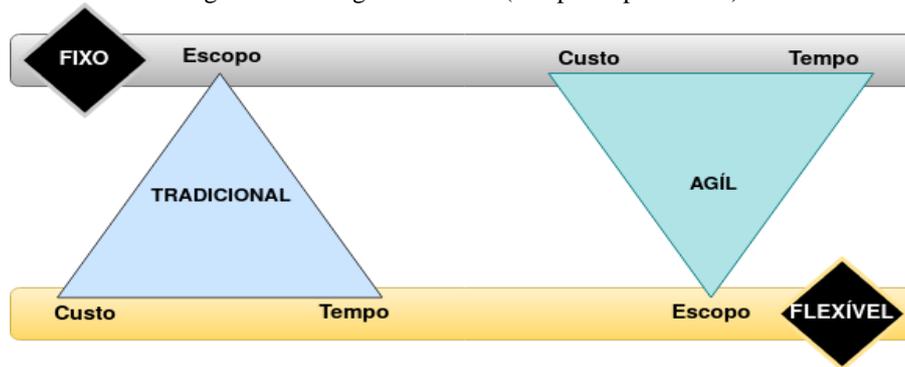
Para desenvolver o presente artigo, adotou-se o método hipotético-dedutivo, que consiste em selecionar proposições hipotéticas viáveis. Além disso, realizou-se um delineamento bibliográfico para coleta e análise de dados, incluindo a revisão de documentos da literatura existente e estudo de casos publicados a partir do ano de 2001.

Com base na pesquisa realizada, foi possível identificar os conceitos e boas práticas aplicados em modelos tradicionais e ágeis de gestão de projetos. Dessa forma, tornou-se possível entender melhor a utilização de modelos híbridos e como eles podem maximizar o sucesso nos projetos, contribuindo assim para a delimitação do escopo do trabalho.

Para Prikladnicki et al. (2007), existe uma grande responsabilidade exigida sobre aqueles que atuam como gerentes de projetos e que participam de todo processo de desenvolvimento de um Software, uma vez que, as empresas cada vez mais priorizam profissionais mais capacitados e com conhecimento pleno sobre o contexto de gerenciamento de projetos de software. Esse fato advém da necessidade de uma nova abordagem em relação a como é lecionado as disciplinas de gerência de projetos nos cursos de graduação, no qual é necessária uma abordagem mais prática e interativa para o aprendizado dos novos gestores.

Conforme Bianchi (2017), Quando se consideram os aspectos dos modelos de gerenciamento tradicional e ágil, é importante destacar que ambos possuem abordagens distintas em relação ao desenvolvimento de um projeto. Fatores como escopo, custo e tempo têm um impacto direto no sucesso e na qualidade do projeto, e é comum a utilização da ilustração triângulo de ferro (Figura 1) para representar a singularidade das abordagens tradicionais e ágeis. As abordagens tradicionais de gerenciamento possuem um escopo fixo com o custo e o tempo flexíveis, enquanto as abordagens do tipo ágil têm o custo e o tempo fixo com um escopo flexível, como é apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Triângulo de Ferro (Adaptado pelo autor).



Fonte: Bianchi (2017).

Em consonância com Silva e Melo (2016), utilizar os modelos híbridos no gerenciamento de projetos exige um conhecimento amplo das metodologias tradicionais e ágeis, sendo que, as individualidades desses modelos de gerenciamento não permitem uma coexistência integral. A aplicação de modelos híbridos dispõe-se a adaptar projetos aos novos cenários do mercado de desenvolvimento e aproveitar os benefícios que ambas as metodologias concedem. A aplicação das metodologias híbridas no processo de desenvolvimento de software, são amplamente utilizadas pelos engenheiros de software para obter qualidade, adaptação e vantagens nos projetos de software nos dias de hoje (Sarpiri e Gandomani, 2021).

De acordo com a análise de Conforto et al. (2015), a metodologia híbrida é um processo sistemático que combina princípios, práticas, técnicas e ferramentas de diferentes abordagens com objetivo de adequar a gestão do projeto ao contexto de negócio e tipo específico de projeto. O objetivo é maximizar o desempenho do projeto, proporcionar um equilíbrio através da previsibilidade e flexibilidade, reduzindo os riscos e expandir a inovação para entregar melhores resultados.

Na concepção de Boehm e Turner (2003), quanto maior forem as condições de um projeto específico e que elas diferem do cenário local, maior será o risco de utilizar uma metodologia singular e mais conveniente se torna a combinação de estratégias e técnicas pertencente a outros tipos de métodos. Os autores definiram cinco fatores críticos que comparam e classificam qual tipo de metodologia, tradicional ou ágil, é mais benéfica no gerenciamento do projeto. Como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores de risco na escolha da metodologia(Adaptado pelo autor).

Fator	Ágil	Tradicional
Tamanho	Recomendável para pequenos produtos e equipes. A confiança no conhecimento implícito restringe a escalabilidade.	Os métodos desenvolveram-se para operar com grandes produtos e equipes. É difícil se adaptar a pequenos projetos.

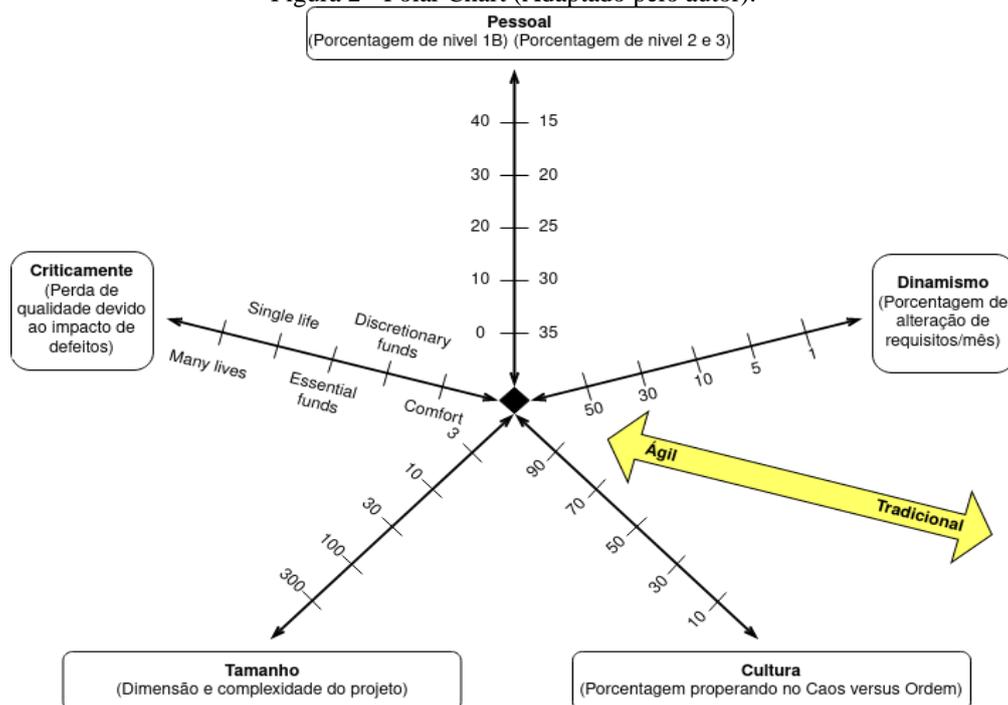
Crítico	Não explorado em produtos críticos para a segurança. Dificuldades possíveis com projetos simples e falta de documentação.	Os métodos evoluíram para lidar com produtos altamente complexos e críticos, difícil se adaptar a produtos de baixa criticidade.
Dinâmico	Projeto simples e a refatoração contínua são favoráveis a ambientes altamente dinâmicos, mas são uma fonte de retrabalho com elevação dos custos para ambientes demasiadamente estáveis.	Planos detalhados e “big design up front(Grande Projeto Inicial)”, formidáveis para ambientes muito estáveis. Proporciona retrabalhos como elevados custos em ambientes altamente dinâmicos.
Pessoal	Necessita da participação contínua de uma massa crítica de raros especialistas Cockburn nível 2 ou 3, e é arriscado utilizar pessoas não ágeis nível 1B.	Exige um número considerável de especialistas nível 2 e 3 limitados durante a definição do projeto, mas com o decorrer do projeto pode atuar com menos, a menos que o ambiente seja muito dinâmico.
Cultura	Prospera em um ambiente onde as pessoas se sintam confortáveis e empoderadas por terem mais liberdade...	Prospera em um ambiente em que as pessoas se sintam confortáveis e empoderadas por terem seus papéis definidos por políticas e procedimentos claros...

Fonte: Boehm and Turner (2003).

Na Tabela 1 apresentada, adapta os fatores de riscos de Boehm e Turner para a escolha da metodologia, a mesma apresenta uma perspectiva geral dos principais fatores de risco a serem analisados em uma escolha de metodologia de desenvolvimento de software, tendo potencial de ajudar a orientar a melhor tomada de decisão no início do projeto.

Com base nos cinco fatores de riscos citados, Boehm e Turner desenvolveram um gráfico que facilita a identificação e distinção de qual metodologia é a mais viável no gerenciamento do projeto, eles a denominaram de Polar Chart. Um gráfico composto por cinco eixos que representam os fatores de riscos classificados na tabela 1 e é utilizado por meio da aplicação das características do projeto no Polar Chart, no qual a lógica baseia-se no resultado obtido após a aplicação dos fatores de acordo com o projeto. Se a avaliação do projeto no gráfico estivesse mais próxima ao centro, a metodologia ágil seria mais viável e caso se encontrasse mais próximo das extremidades, os modelos tradicionais seriam mais indicados. Somente se houvesse um meio-termo no resultado, haveria a possibilidade de empregar metodologias híbridas de gerenciamento, apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Polar Chart (Adaptado pelo autor).



Font: Boehm and Turner (2003).

A Figura 2 apresenta como é feito o levantamento dos fatores de riscos em um projeto, cada fator possui níveis que variam de acordo com uma característica específica no projeto. Após definir os fatores de acordo com o seu segmento, deve-se conectá-los e analisar qual abordagem de gerenciamento é recomendável, para assim obter um resultado de qual metodologia deve ser aplicada, levando em consideração o nível de conhecimento da equipe de desenvolvimento. O fator “Pessoal” possui uma classificação do grau de profissionalismo da equipe empenhada no projeto, representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação Cockburn adaptada por Boehm and Turner (2003).

Nível	Características
3	Apto a reformular um método, alterando seus princípios para se ajustar a mudanças inesperadas.
2	Apto a adaptar um método para se adequar a alterações previstas no projeto.
1A	Com treinamento, qualificado a realizar etapas arbitrárias dos métodos, como compor padrões, fazer refatorações composta ou integração complexa de Commercial off-the-shelf (COTS).
1B	Com treinamento, qualificado a realizar métodos processuais, como fazer uma codificação simples, realizar uma refatoração simples, seguir os procedimentos de codificação e execução de testes.

-1	Possui habilidades técnicas, mas não pode colaborar ou seguir os métodos compartilhados.
----	--

Fonte: Boehm and Turner (2003).

A Tabela 2 apresenta a adaptação de Boehm e Turner da classificação Cockburn, a tabela mostra uma perspectiva geral dos tipos de atores envolvidos e a sua significância para a escolha da metodologia. A tabela tem potencial de ajudar na escolha da metodologia e ser guia para a melhor avaliação, na escolha mais adequada para um determinado projeto de software, tendo em consideração os diferentes tipos de atores envolvidos, uma análise mais detalhada é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise do Polar Chart.

Fator	Definição
Tamanho	Representa a dimensão do projeto em termos de complexidade, equipe alocada, custo de desenvolvimento, tamanho do produto etc.
Crítico	Representa os riscos das vulnerabilidades de segurança, documentação imprecisa e eventuais problemas no projeto.
Dinâmico	Representa a capacidade de refatorações e incrementações ao longo de todo o projeto.
Pessoal	Representa a necessidade da presença contínua de especialistas capacitados no decorrer do projeto.
Cultura	Representa o grau de liberdade e conforto que cada metodologia proporciona, a metodologia ágil é prosperar no caos e a metodologia tradicional é prosperar na ordem.

Fonte: Análise dos autores.

A Tabela 3 pode auxiliar a identificação de padrões e tendência com o objetivo de ajudar profissionais de desenvolvimento de software a avaliar os principais fatores de riscos na seleção de uma metodologia de desenvolvimento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na metodologia hipotético-dedutiva e no delineamento bibliográfico realizado, foi possível analisar as diferentes abordagens e práticas utilizadas nos modelos tradicionais e ágeis de gestão de projetos. A revisão da literatura permitiu identificar as principais características e benefícios das metodologias híbridas, que combinam elementos das abordagens tradicionais e ágeis para se adaptar a diferentes tipos de projetos e contextos de negócios.

De acordo com Prikladnicki et al. (2007), a capacitação e o conhecimento pleno dos gestores de projetos são cada vez mais exigidos pelas empresas que atuam no mercado de desenvolvimento de

software. Isso se deve à necessidade de se adotar uma abordagem mais prática e interativa no aprendizado de gerenciamento de projetos nos cursos de graduação.

Silva e Melo (2016) afirmam que a utilização de modelos híbridos no gerenciamento de projetos requer um amplo conhecimento das metodologias tradicionais e ágeis, pois as particularidades desses modelos não permitem uma coexistência integral. A aplicação de modelos híbridos visa adaptar projetos aos novos cenários do mercado de desenvolvimento e aproveitar os benefícios que ambas as metodologias concedem.

A metodologia híbrida, segundo Conforto et al. (2015), consiste em um processo sistemático que combina princípios, práticas, técnicas e ferramentas de diferentes abordagens com o objetivo de adequar a gestão do projeto ao contexto de negócio e tipo específico de projeto. O objetivo é maximizar o desempenho do projeto, proporcionando um equilíbrio entre previsibilidade e flexibilidade, reduzindo os riscos e expandindo a inovação para entregar melhores resultados.

Boehm e Turner (2003), destacam que quanto maior as condições de um projeto específico, que diferem do cenário local, maior é o risco de utilizar uma metodologia singular, e a combinação de estratégias e técnicas pertencentes a outros tipos de métodos torna-se mais conveniente. Os autores definiram cinco fatores críticos que comparam e classificam qual metodologia tradicional ou ágil é mais benéfica no gerenciamento do projeto.

Com base nessa análise da literatura, foi possível compreender as vantagens e desvantagens das abordagens tradicionais e ágeis de gerenciamento de projetos e como a metodologia híbrida pode ser aplicada para se obter uma melhor adaptação aos diferentes tipos de projetos e contextos de negócios. Isso contribuiu para a delimitação do escopo do trabalho e para a identificação de possíveis soluções para a melhoria do gerenciamento de projetos de software.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e na análise realizada, pode-se concluir que a adoção de modelos híbridos no desenvolvimento de software pode trazer benefícios significativos para o sucesso dos projetos.

Foi possível observar que a combinação de metodologias tradicionais e ágeis pode proporcionar maior flexibilidade e adaptabilidade ao processo de desenvolvimento, permitindo que as equipes respondam rapidamente às mudanças e imprevistos que surgem durante o desenvolvimento.

De igual modo, a análise dos casos de estudo e da literatura existente permitiu identificar as melhores práticas de gerenciamento de projetos em cada modelo, proporcionando uma visão mais ampla das particularidades de cada abordagem.

Dessa forma, a adoção de modelos híbridos deve ser considerada pelos gestores de projetos como uma alternativa viável para maximizar o sucesso dos projetos de desenvolvimento de software. No entanto, é importante destacar que a escolha da metodologia ideal deve ser feita de acordo com as características do projeto e das equipes envolvidas, de modo a garantir a efetividade e eficiência do processo.

Vale ressaltar que a adoção de modelos híbridos pode ser uma estratégia altamente benéfica para maximizar o sucesso em projetos de desenvolvimento de software. A análise dos resultados obtidos sugere que essa abordagem pode trazer vantagens significativas, tais como a flexibilidade para lidar com mudanças e imprevistos, ao mesmo tempo em que mantém um nível adequado de controle e documentação.

Além disso, a combinação de práticas tradicionais e ágeis pode ajudar a superar as limitações e desvantagens de cada uma dessas abordagens quando utilizadas separadamente. Em conclusão, a pesquisa realizada aponta que os modelos híbridos podem ser uma alternativa altamente promissora para gerenciar projetos de desenvolvimento de software de forma eficaz, maximizando as chances de sucesso e atendendo às demandas dos stakeholders envolvidos.

Para realização de trabalhos futuros, é importante ressaltar que a utilização de abordagens híbridas no desenvolvimento de software, torna-se capaz a utilização das vantagens das metodologias tradicionais e ágeis. Posteriormente, pretendemos evidenciar que a utilização das metodologias híbridas de gerenciamento é mais eficaz e adaptável aos mais diversos tipos de projetos de software.

AGRADECIMENTOS

A professora Caroline Nunes Carr por toda contribuição e incentivo prestado na elaboração desse artigo, a Universidade do Estado do Pará (UEPA), que forneceu apoio e acolhimento nas instalações da biblioteca e a todos os colaboradores da UEPA.

REFERÊNCIAS

- Akel, r. P. (2019). Estudo comparativo entre a metodologia tradicional e ágil de gerenciamento de projetos. In *xxxix encontro nacional de engenharia de produção—enegep santos*.
- Beck, k., beedle, m., bennekum, v., cockburn, a., cunningham, w., fowler, m., grenning, j., highsmith, j., hunt, a., & jeffries, r. (2001). *The agile manifesto*.
- Bianchi, m. J. (2017). *Ferramenta para configuração de modelos híbridos de gerenciamento de projetos*. Master 's dissertation, escola de engenharia de são carlos, university of são paulo, são carlos. Doi:10.11606/d.18.2017.tde-25092017-142303. Retrieved 2023-03-09, from www.teses.usp.br
- Boehm, b., & turner, r. (2003). Using risk to balance agile and plan-driven methods. *Computer*, 36, 57–66. <https://doi.org/10.1109/mc.2003.1204376>
- Boehm, b., & turner, r. (2005). Management challenges to implementing agile processes in traditional development organizations. *Ieee software*, 22, 30–39. <https://doi.org/10.1109/ms.2005.129>
- Cockburn, a. (2002). *Agile software development* (1st ed.). Editora addison-wesley.
- Conforto, e., barreto, f., amaral, d., & rebentisch, e. (2015). Modelos híbridos unindo complexidade, agilidade e inovação. *Revista mundo pm*, 70, 10–57.
- Galal-edeen, g. H., riad, a. M., & seyam, m. S. (2007). Agility versus discipline: is reconciliation possible?. In *2007 international conference on computer engineering & systems* (pp. 331-337). Ieee.
- Gemino, a., reich, h., & serrador, p. M. (2021). Agile, traditional, and hybrid approaches to project success: is hybrid a poor second choice? *Project management journal*, 52, 161–175.
- Jordan, a. (2021). *Are you actually using a hybrid approach?* Projectmanagement.com. https://www.projectmanagement.com/contentpages/article.cfm?id=729469&thispageurl=/articles/729469/are-you-actually-using-a-hybrid-approach-#_=#_.
- Menezes, l. C. De m. (2018). *Gestão de projetos* (4th ed.). Editora atlas.
- Neelu, l., & kavitha, d. (2021). Estimation of software quality parameters for hybrid agile process model. *Sn applied sciences*, 3, 1–11.
- Pressman, r. S. (2011). *Engenharia de software: uma abordagem profissional* (7th ed.). Amgh editora ltda.
- Prikladnicki, r., rosa, r., & kieling, e. (2007). Ensino de gerência de projetos de software com o planager. *Brazilian symposium on computers in education (simpósio brasileiro de informática na educação - sbie)*, 1(1), 11-20. Doi:<http://dx.doi.org/10.5753/cbie.sbie.2007.11-20>.
- Sarpiri, m. N., & gandomani, taghi javdani. (2021). A case study of using the hybrid model of scrum and six sigma in software development. *International journal of electrical & computer engineering* (2088-8708), 11, article 6.
- Sbrocco, j. H. T. De c., & macedo, p. C. De. (2012). *Metodologias ágeis: engenharia de software sob medida* (1st ed.). Editora érica ltda.

Silva, r. F. Da, & melo, f. C. L. De. (2016). Modelos híbridos de gestão de projetos como estratégia na condução de soluções em cenários dinâmicos e competitivos. *Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional*, 12, article 3.

Sommerville, i. (2011). *Engenharia de software* (9th ed.). Pearson prentice hall.

Souza, e. R. E. De. (2022). *Aplicação de método híbrido de gestão para projetos de tecnologia da informação*. Universidade federal de uberlândia.

Sutherland, j. (2014). *Scrum : the art of doing twice the work in half the time* (1st ed.). Crown business.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-018>

Sidnei Gonzaga Branco

Licenciatura em Geografia (UNIR).
E-mail: sidneitopografo.10@gmail.com

Catia Eliza Zuffo

Doutorado em Geologia e Geoquímica (UFPA). Docente do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Rondônia (UNIR).
E-mail: catiazuffo@unir.br

Osmair Oliveira dos Santos

Mestrado em Geografia (UNIR). Secretaria Municipal de Educação de Porto Velho/RO.
Licenciatura em Geografia (UNIR).
E-mail: osmairsantos@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

Quais métodos determinam a melhor compreensão dos conteúdos de cartografia no ensino médio? E qual a importância deste saber no desenvolvimento cognitivo dos alunos do ensino médio? A cartografia é um dos conteúdos de Geografia trabalhados na educação básica é imperioso que seja oportunizado a todos os estudantes do ensino fundamental e médio (BAGGIO, 2017). Isso requer ambientes atrativos para quem busca conhecimento e métodos inovadores para quem ensina cartografia, dada a importância desse conhecimento para a formação reflexiva e a interpretação dos fenômenos que se desenrolam nos espaços vividos.

O sistema educacional brasileiro tem passado por grandes discussões nas últimas décadas a respeito do significado que os conteúdos escolares devem ter para os alunos, neste sentido, há a concordância de que o ensino deve ser ministrado com base na experiência empírica do educando, propondo a formação de cidadãos com capacidade refletir sobre a realidade do espaço vivido. (BRASIL, 2013).

Em relação ao ensino de Geografia é notório que existe no sistema educacional brasileiro uma lacuna no que diz respeito ao ensino de cartografia nas escolas. Tal fato não deveria ocorrer, considerando a importância dessa expertise na formação dos alunos, tendo em vista, que o saber cartográfico é o meio pelo qual indivíduo faz a transcrição gráfica de realidade e sua perfeita apreensão como o sujeito capaz de introduzir, interpretar e reconhecer os diferentes fenômenos naturais e sociais do território ao qual inserido.

Em Este artigo procura evidenciar as dificuldades enfrentadas por professores na ministração de aulas da Cartografia na educação básica, especialmente no ensino médio (BRANCO, 2022). Para tanto, apresenta a contextualização do ensino de Geografia no Brasil e as correntes filosóficas que sustentam esse conhecimento como uma ciência autônoma que, a partir de práticas pedagógicas em sala de aula, busca demonstrar a importância de desenvolver novos métodos de ensino para estimular o pensamento crítico dos alunos.

Por se tratar de um cenário requerente de resultados aprofundados utilizou-se a pesquisa do tipo qualitativa, fundamentada em revisões bibliográficas e com objetivos exploratórios, em conformidade com o pensamento de Prodanov e Freitas (2013) e Apolinário (2006). Os resultados expressam o alcance dos objetivos permitindo demonstrar a importância do tema, suas contribuições para o ensino e aprendizagem com qualidade e a necessidade da sua discussão, para que o mesmo tenha maior visibilidade no currículo escolar voltado para o seguimento de ensino em questão.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral é realizar uma análise das práticas pedagógicas cartográficas e das concepções de ensino aplicadas no ensino médio segundo as leis e diretrizes do currículo brasileiro.

Os objetivos específicos são:

- a) Identificar os meios metodológicos atuais utilizados pelos professores nas escolas;
- b) Verificar se a formação acadêmica influencia a forma como a Cartografia é ensinada;
- c) Apontar novos mecanismos que podem ser utilizados no ensino de Cartografia no ensino médio para tornar o ensino inovador e atrativo.

3 METODOLOGIA

Para o alcance dos resultados a metodologia utilizada foi a pesquisa do tipo qualitativa fundamentada em revisões bibliográficas e com objetivos exploratórios, em conformidade com o pensamento de Prodanov e Freitas (2013) e Apolinário (2006).

Foram realizadas consultas em livros e publicações científicas em revistas especializadas sobre o tema. Para Gil (2002), a revisão bibliográfica e o primeiro olhar sobre o tema a ser pesquisado, aquilo que pode ser denominado como o estado da arte, uma análise sobre tudo que já se falou no campo do conhecimento sobre o assunto abordado.

Além disso, a pesquisa tem seus objetivos caracterizados pela natureza de exploratórios, que conforme disposto em Gonsalves (2003) é também denominada como “pesquisa de base”, visto que serve de suporte para estudos futuros que aprofundem a compreensão do tema. A pesquisa de natureza

exploratória oferece uma visão geral de um fenômeno que não foi explorado com frequência, auxiliando a esclarecer as ideias sobre o tema (GONSALVES, 2003).

Localizou-se 60 estudos, dos quais foram excluídos: duplicatas, textos indisponíveis, artigos não relacionados ao tema, além de textos excluídos pelo título e leitura de resumo. Dentre esses critérios, os artigos foram selecionados de acordo com a relevância dos dados para a investigação proposta, sendo apreciados 28 documentos e destes, 23 estudos foram selecionados de acordo com a relevância dos dados para a investigação proposta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 O ENSINO DE GEOGRAFIA NO BRASIL: CONTEXTUALIZAÇÃO

O ensino de geografia no Brasil está intimamente ligado ao ensino organizado de modo geral no país, com a chegada dos jesuítas, que no modelo educativo *Ratio Studiorum* não tinham distinções claras entre os saberes disciplinares, sendo que a geografia só foi considerada uma disciplina autônoma no ano de 1837, conforme explicado por Brito (2020).

Em linhas gerais, o ensino de geografia pode ser dividido em dois períodos distintos, um no qual o modelo de ensino era descontextualizado em relação ao cotidiano dos estudantes que se estendeu entre os anos de 1830 e 1910, como explicado por Albuquerque (2011), nesse momento o ensino da geografia atendia aos propósitos do modelo nacional de currículo, baseado na Escola Dom Pedro II.

Já o segundo período, compreendido entre 1911 e 1930, também descrito por

(Albuquerque (2011), foi marcado pela institucionalização de uma geografia acadêmica no Brasil, pois os conceitos da Geografia Moderna e a pedagogia científica foram difundidos nos cursos superiores de formação de professores para a escola básica da época.

Já a Cartografia, campo específico da geografia ao qual esse trabalho se dedica, somente se desenvolveu a ponto de se dedicar a desenvolver o senso crítico dos estudantes por volta da década de 60. Silva (2020) explica que o ensino da cartografia assumiu uma nova abordagem, passando a buscar interpretar fenômenos geográficos, como um canal não só da interpretação de símbolos, signos e objetos das representações de tais fenômenos, mas também, como um importante canal de comunicação visual.

Nos tempos hodiernos, o ensino de Geografia no Brasil é regulado por currículos prescritos, legislações como os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 1998) ou PCN, mais recentemente, pela Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2017), a BNCC, sendo essas legislações regulatórias para todo o país, devendo ser seguidas e apenas contextualizadas para cada região, conforme previstas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação, a LDB. (BRASIL, 1996).

4.2 A CARTOGRAFIA E SEUS CONCEITOS

Os conceitos e definições da Cartografia, bem como de sua comunicação, seus processos de visualização e demais tópicos inter-relacionados, tem se atualizado e a comunidade científica internacional tem apresentado abordagens que privilegiam uma vertente interdisciplinar em relação as Artes, Ciência e nas Tecnologias, conforme explicado por Manegutte (2013).

A definição mais bem-aceita, que foi elaborada em 1966 e não é contestada até os dias de hoje, é a que encontramos na Associação Cartográfica Internacional (ICA):

Disciplina que envolve a arte, a ciência e a tecnologia de construção e uso de mapas, favorece a criação e manipulação de representações geoespaciais visuais ou virtuais, permite a exploração, análise, compreensão e comunicação de informações sobre aquele recorte espacial (ICA, 2003).

Como explica Menegutte (2013) esse conceito é interdisciplinar, uma vez que relaciona as operações da ciência e suas tecnologias na construção e no uso dos mapas. Dessa forma, podemos notar que o processo de criação e de formas de manipulação de espaços geoespaciais é favorecido.

A linguagem cartográfica faz parte da história humana, envolvendo o homem de diferentes formas e, assim, relacionando-se com a realidade do seu cotidiano. Nas primeiras exposições artísticas caracterizando formas, significados e lugares, o homem já demonstrava, ainda que indiretamente, como lidava com a Cartografia.

Nesse sentido, vale destacar que o mapa é uma ferramenta que é utilizada nas mais diversas áreas de trabalho. Todos usam o mapa de alguma forma, em algum momento, com mais ou menos frequência, para as mais variadas finalidades, a fim de encontrar algum tipo de expressão espacial.

Portanto, a representação gráfica espacial apresenta-se como uma linguagem que precisa de uma abordagem de ensino compatível e consistente com planos de representação bem desenvolvidos para o trabalho em sala de aula e seu uso contínuo.

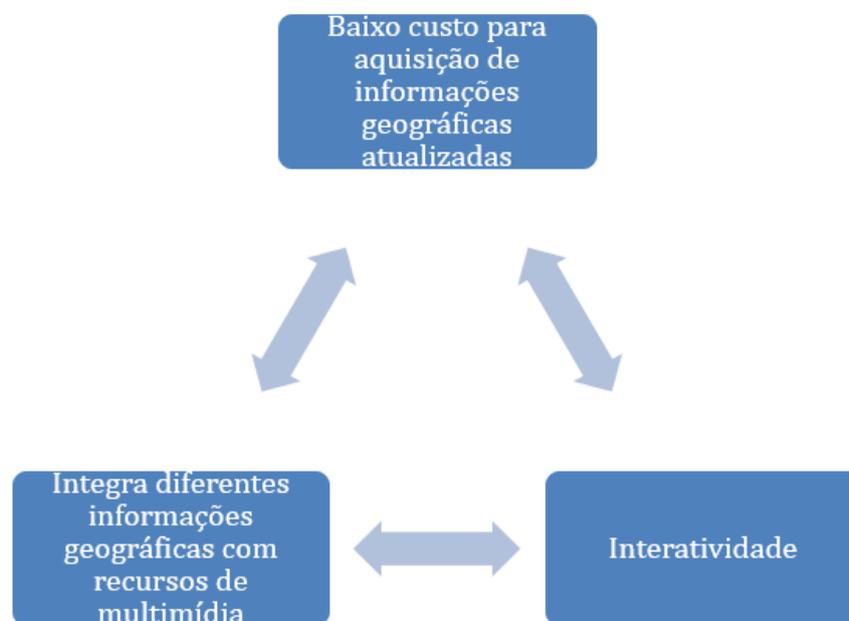
O conceito de “Cartografia Cibernética” foi introduzido por Taylor no ano de 1997, sendo que essa também chamada, Ciber Cartografia, diz respeito a performance dessa ciência na era da informatização. O termo apesar de inovador, não teve popularidade (MENEGUETTE, 2013).

A figura 1, elaborada por Souza (2018) busca ilustrar que para Tsou (2011) a Cartografia no contexto da web acabou transformando princípios da construção de mapas e seus objetivos, tornando os mapas presentes nas redes da internet importantes não só para a pesquisa científica, mas também para a vida diária das pessoas.

Para Souza (2018), o novo conceito acerca da cartografia com sua inserção na internet, possibilita aos professores planejarem e desenvolverem atividades sem custos adicionais através de programas e software com acesso gratuito, como o Google Earth, Google Maps e outras ferramentas

que podem ser exploradas nas salas de informática da escola ou mesmo pelo aparelho celular dos alunos, o que abre espaços para trabalhar com novos recursos digitais de localização.

Figura 1 - Os benefícios do uso dos recursos digitais de navegadores localização no ensino da cartografia em sala de aula



Fonte: Souza (2018)

4.3 A GEOGRAFIA E A CARTOGRAFIA: ORIENTAÇÃO CURRICULARES PARA O ENSINO MÉDIO

Para discutir a Geografia e a Cartografia no contexto do ensino médio, é importante resgatar os princípios legais da mesma. Na própria Constituição Federal de 1998 os princípios educacionais brasileiros foram definidos, de forma a realizar-se, conforme define o texto constitucional, por meio de leis complementares, como é o caso supracitada LDB, sancionada em 1997, que também obriga que sejam construídas diretrizes específicas para cada conteúdo escolar, de acordo com seus níveis e modalidades.

Um exemplo de diretriz específica é as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006), que traz recomendações sobre o tratamento que deve ser dado em relação ao ensino de Cartografia no Ensino Médio, afirmando que esses conhecimentos podem ser construídos no cotidiano e nas relações estabelecidas entre alunos e professores. Nas palavras do documento:

Os conceitos cartográficos (escala, legenda, alfabeto cartográfico) e os geográficos (localização, natureza, sociedade, paisagem, região, território e lugar) podem ser perfeitamente construídos a partir das práticas cotidianas. Na realidade, trata-se de realizar a leitura da vivência do lugar em relação com um conjunto de conceitos que estruturam o conhecimento geográfico, incluindo as categorias espaço e tempo. Ao trabalhar com os conceitos cartográficos e geográficos, tendo como interface as categorias de espaço e tempo, temos de incorporar outros componentes que servirão de referências curriculares para o ensino médio, ou seja, admitir a diversidade de fontes e de linguagens, valorizando as leituras objetivas e

subjetivas do mundo. Essas linguagens (cartográfica, textual, corporal e cênica, iconográfica e oral) servirão de apoio para as aulas de Geografia, ou seja, são um instrumento mais adequado para fazer a leitura do meio geográfico e de seu uso, o que supõe o exercício da interdisciplinaridade (BRASIL, 2006, p. 50).

Outro documento curricular que trata especificamente do assunto, são as Diretrizes curriculares para os cursos de Geografia, estabelecidas no ano de 2002, que dizem respeito a formação de Geografia em nível superior, portanto, abarcando a formação dos professores de geografia. Como explicam Abreu e Silva e Castrogiovanni (2006), essas Diretrizes apresentam competências e habilidades que devem ser desenvolvidas na formação, entre elas, a utilização de recursos de informática na elaboração de mapas e outras representações gráficas.

A leitura e análise das diretrizes específicas demonstrou que a cartografia escolar vai além do uso de técnicas, tendo por objetivos estimular os alunos a pensar o próprio espaço escolar por meio de uma linguagem cartográfica, que faça sentido no cotidiano desses alunos.

4.4 ATIVIDADES EXTRACLASSE COMO MECANISMO DIDÁTICO

É importante usar abordagens representativas ou a criação de mapas de memorização (mapas mentais) para buscar um significado na aula que seja significativo para os alunos, visto que o interesse dos alunos pelo assunto, pode ser definido pelas estratégias de ensino utilizadas pelo professor, que podem tomam o conteúdo e o tema mais ou menos atrativo.

Nessa linha de pensamento, Vygotsky (1982) já argumentava que é preciso os alunos se engajem para que o conhecimento seja construído, uma vez que o mesmo, na perspectiva do autor, acontece por meio da interação entre professor e alunos, sendo esse elemento fundamental para o processo de ensino e aprendizagem na abordagem construtivista.

Apoiamo-nos nos escritos de Conceição et al (2020) que afirma que o professor os conteúdos da Cartografia podem ser abordados em sala de aula por intermédio das vivências pré existentes dos alunos, que trazem do seu cotidiano relações com a cartografia, como por exemplo, nos trajetos que percorrem diariamente, nas compreensões de horários e fusos, entre outros fenômenos tanto sociais quanto naturais, tais como as estações do ano.

Com base nesses pressupostos, a Cartografia como conteúdo educacional básico pode ser utilizada em todos os contextos de ensino de Geografia, não apenas como ferramenta de localização, mas para refletir muitas outras questões de raciocínio espacial e ocupação territorial. No processo de ensino-aprendizagem, é obrigatório desenvolver nos alunos uma consciência crítica da produção do espaço geográfico.

Ricklin (2013) também estudou o ensino da Cartografia, e propôs em sua pesquisa, realizada no contexto do ensino paranaense, que os conteúdos da Cartografia sejam ensinados utilizando a Rosa

dos Ventos, Projeções Cartográficas, ou mesmo elementos mais presentes no cotidiano dos alunos, tais como Bússolas, coordenadas e o GPS.

O senso crítico na resolução de problemas deve ser desenvolvidos pelos alunos em ambientes de colaboração, com atividades desenvolvidas em grupos, propostas pelo professor, capazes de criar condições para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem. Esse é um princípio explorado por Dambros et al. (2013) que salienta que a necessidade da inserção das TICs não pode ser ignorada pelas escolas, sendo que essas devem ser incorporadas nas práticas pedagógicas que não podem ser alheias ao atual estágio de desenvolvimento tecnológico da sociedade.

No mundo globalizado a internet é uma ferramenta importante capaz de disponibilizar e compartilha informações e uma infinidade de metodologias associada a recursos diversos que estão a disposição dos professores, que devem buscar sempre uma maior interatividade entre educandos e educadores, incluindo as tecnologias no desenvolvimento de ações que possibilitem a inserção de metodologias ativas na sala de aula.

Nessa perspectiva, para Dambros et al. (2013), o sistema de ensino deve acompanhar com adaptações o dinamismo da sociedade, visto que os estudantes, enquanto parte da sociedade, passam por transformações que devem ser acompanhadas pelos professores. Para alguns professores o uso das ferramentas tecnológicas nas aulas de Geografia parece ser complexo, no entanto, diversas ferramentas de fácil utilização estão disponíveis na internet, e colaboram com o planejamento pedagógico contextualizado aqui proposto.

Assim, para muitos pesquisadores trazer a Cartografia para o dia a dia das salas de aula é um grande desafio para os educadores que na hora da elaboração do planejamento, esse conteúdo quase sempre é excluído. Essa é uma realidade que deve ser evitada, visto que o ensino da cartografia é previsto por documentos curriculares. Devemos aproveitar o dinamismo das redes sociais e outras mídias como forma de comunicação, fazendo adequações para que essas influenciem o processo de ensino em atividades extraclases que utilizem de recursos digitais.

4.4.1 O Desporto de Orientação Nas Aulas de Cartografia

O ensino de Cartografia na educação básica requer a utilização de várias habilidades e competências, que sejam capazes de auxiliar os estudantes e realizar tarefas cotidianas tais como definir suas rotas de viagem ou definir suas localizações usando astronomia básica (BRANCO, 2022).

Apresenta também dois eixos que devem nortear o ensino da cartografia -sendo o primeiro eixo: a capacidade de leitura do produto cartográfico (capaz de formar um aluno crítico) e; o segundo eixo: elaboração do produto cartográfico (aspira à formação do mapeado crítico e consciente. Os aspectos físicos e mentais, como sugerido por Branco (2022) podem ser trabalhados pela prática de

esportes, e educativos, consistindo essencialmente no uso de conhecimentos cartográficos para realizar percursos e se estabelecer em postos de controle.

Albuquerque (2012) afirma que estudos comprovam que a escala cartográfica é um dos desafios mais encontrados pelos alunos, que não conseguem compreender com clareza as relações de proporção entre o gráfico e a realidade. Uma proposta é a de que se estabeleça com clareza a orientação, como referência na distribuição dos objetos no espaço geográfico, sendo essa abordagem capaz de auxiliar a leitura e interpretação de símbolos cartográficos.

Em relação a orientação desportiva, vale destacar:

A execução de um percurso topográfico, definido por uma partida, um conjunto de pontos (pontos de controle) e uma chegada, cabendo ao atleta a escolha do itinerário. Para isso, ao atleta é dado um mapa com o percurso marcado, podendo servir-se de uma bússola para atingir os elementos característicos do terreno que se encontram materializados no local por um prisma laranja e branco (baliza). Vence o atleta que realizar o percurso estabelecido no menor tempo possível pela sequência imposta (FERREIRA, 2011, p. 5).

São quatro as vertentes de modalidades esportivas, como dito por Branco (2022): competitiva, ambiental, pedagógica, e turística. A pedagógica, modalidade na qual nos, busca motivar o aluno para garantir a aprendizagem. Albuquerque (2012) defende a inclusão de tais atividades no currículo escolar, mas evidencia que essa precisa de adaptações para ser de fato pedagógica, e não apenas a prática esportiva. A busca, deve ser em última instância a de inclusão, e não a de exclusão baseada em resultados. Nas palavras da autora, no que se referente aos percursos topográficos:

A atividade poderá ser realizada nas dependências da unidade escolar ou em um parque disponível na cidade. A menor dimensão do terreno em relação ao das competições profissionais determinará a distância da rota a ser percorrida, bem como a distância entre os pontos e a desconsideração do aspecto topografia do terreno, na maioria dos casos. A Orientação enquanto prática visa trabalhar habilidades como: leitura precisa do mapa, noção de orientação e distância no terreno, avaliação e escolha de rota, uso da bússola, corrida em terreno natural, trabalho em grupo e tomada de decisão rápida (ALBUQUERQUE, 2012, p. 112).

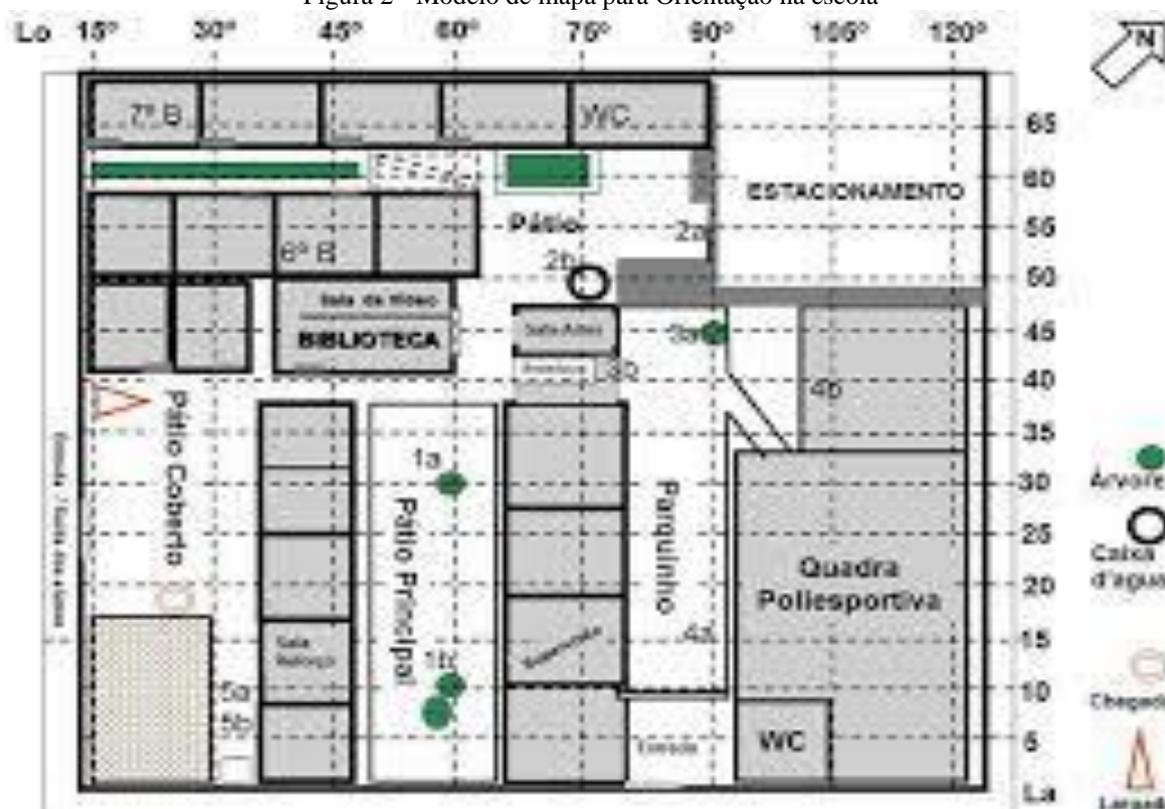
A escola deve ser o ambiente para o desenvolvimento de competências e a procura de informação, neste sentido é fundamental valorizar os conhecimentos pré- adquiridos para poder dar a sua devida contribuição no processo de formação cartográfica. Da mesma forma, dada a sua ligação direta com conteúdos de várias disciplinas do ensino médio, a Cartografia deve deixar de ser fundamental ou temática e se tornar metodológica para construir novos conhecimentos.

Um exemplo é a prática da corrida de orientação como modalidade esportiva, utilizada, como descrito por Pinto (2017) em um município do Rio Grande do Sul em 1998 como conteúdo curricular, garantindo que fosse trabalhado na prática os conteúdos de cartografia, essenciais para o ensino efetivo de geografia.

Os estudos de Pinto (2017) indicavam a prática de corrida de orientação como metodologia de ensino de cartografia pois essa era economicamente viável, lúdica, e com grande potencial e desenvolver habilidades cartográficas, pois trabalha a construção de mapa temático, utilização de bússola e pontos de controle, sendo ferramenta de ensino de cartografia na sala de aula.

Essa e outras atividades dessa natureza possibilitam uma integração plena dos conhecimentos construídos pelos alunos, tendo em vista a necessidade das competências e habilidades em outras disciplinas para tomarem decisões e escolherem as melhores rotas (RIBEIRO, 2014). De acordo com Ferreira e Rodrigues (2010, p. 10), a atividade de Orientação Desportiva é simples e barata, pois pode ser praticada em qualquer espaço ao ar livre, e só depende do recurso de estar cartografada.

Figura 2 - Modelo de mapa para Orientação na escola



Fonte: Silva (2013).

Ressalta-se, que para colocar em prática nas escolas, a atividade requer um conjunto de conhecimento de cartografia o que torna um entrave para estudantes e professores por conta das deficiências no ensino e aprendizagem desses conteúdo. No entanto, é uma atividade interdisciplinar que pode proporcionar um grande aprendizado, pois mobiliza conceitos de diversas disciplinas, e não só da geografia, mas também a educação física, matemática, física, história, biologia, sendo além de tudo, uma prática saudável (SILVA, 2013).

4.5 A INFLUÊNCIA DAS NOVAS TECNOLOGIAS NO ENSINAR E APRENDER CARTOGRÁFICO

O uso da tecnologia nas escolas é um processo irreversível devido ao seu alcance, por meio do processo de integração e interatividade que, por meio de práticas pedagógicas recentes, tem potencial positivo para a formação dos alunos. Para inserção dessas tecnologias, Branco (2022) explica que os professores precisam assumir uma postura em que se adapte as ferramentas digitais e tecnológicas ao processo metodológico de ensino.

Encontramos ainda em Silva (2020) a indicação do uso de tecnologias no desenvolvimento das técnicas cartográficas:

As novas tecnologias têm contribuído bastante à evolução das técnicas cartográficas. Isso através de um mapeamento cada vez mais preciso e buscado de determinados fatos e aspectos existentes no espaço geográfico. Os avanços tecnológicos têm beneficiado a construção de 40 artefatos cartográficos antes jamais vistos. As possibilidades de uso de materiais cartográficos são consideráveis, uma vez que alcançaram setores educacionais e de pesquisa, além de serem imprescindíveis na tomada de decisões político-econômicas pelos setores públicos e/ou privados na gestão territorial do espaço (SILVA, 2020, p. 23).

Para o autor, é preciso que se busque inovação e atualização constante para ensinar, atualizando não as tecnologias, mas as metodologias de ensino, tomando-as adequadas a realidade que vivenciamos.

A inovação, segundo Silva (2020) é um pilar de sustentação da geografia crítica, devemos então desenvolver aulas dinâmicas e flexíveis, e assumir uma postura de educadores capazes de renovar constantemente as metodologias de ensino dos mais diversos temas geográficos. Dessa forma, o uso das tecnologias em sala aula ajuda em vários aspectos da educação cartográfica.

Dessa forma, o sistema educacional brasileiro deve, por meio de seus recursos humanos, se aproximar da realidade que vivemos, pois uma leitura geral mostra que atualmente a escola se encontra distante da dinâmica vivida pela sociedade, com base no uso das novas tecnologias. O sistema de ensino deve estimular o potencial dos alunos por meio dos conhecimentos adquiridos na prática diária, desenvolvendo assim seus aspectos físicos e cognitivos (BRANCO, 2022)

Esse ponto, as aulas de mapeamento usando as tecnologias de informação e comunicação (TIC) tendem a ser mais democráticas e atrativas para a comunidade escolar, pois o aprendizado traz significado para o aluno. No entanto, este processo só se concretizará se for consolidada a introdução das TICs nas escolas, envolvendo alunos e professores em conjunto.

5 CONCLUSÕES

A cartografia é uma ferramenta utilizada desde os primórdios da humanidade, sendo uma base de desenvolvimento não só da Geografia, como da própria humanidade. A educação básica deve

utilizar da cartografia para garantir oportunidades de aprendizagem de qualidade, pois essa é uma considerável ferramenta, dado seu papel interdisciplinar e multidisciplinar.

Foram apontadas diversas alternativas de metodologias de ensino de Cartografia em aulas de Geografia, e constata-se que esta possibilita refletir sobre o espaço geográfico e suas representações, além de ler e compreender tais conteúdos do mundo vivido. Embora a Cartografia esteja refletida nas Diretrizes Curriculares e nos Parâmetros Curriculares Nacionais e, mais recentemente, na Base Nacional Comum Curricular, ela ainda não faz parte do conteúdo que está sendo desenvolvido em muitas escolas públicas do país.

Para alguns autores, isso se deve à falta de preparo dos professores para ministrar a disciplina, ou mesmo de recursos materiais para o desenvolvimento de novos métodos e apoio governamental para o desenvolvimento de pesquisas nessa forma de ensino. Esta pesquisa mostrou a necessidade de buscar um modelo educacional que prepare o aluno para o desenvolvimento em todos os aspectos: físico, social e cultural. Isso permite que você atue plenamente como cidadão. Alguns autores apontam para um distanciamento entre o ensino de Geografia e Cartografia na educação básica e, em especial, o ensino nessa área com articulação à realidade vivenciada.

Apesar das tecnologias disponíveis e suas inovações com mapas e atlas em diferentes plataformas, os alunos ainda lutam para utilizar conceitos cartográficos. Nesse sentido, é preciso possuir dentro das escolas o que a literatura denomina de “alfabetização cartográfica” que leva o estudante a ter os primeiros contatos com maestria e avançar em catálogo aos outros conteúdos.

Nessa perspectiva, alguns estudos identificaram a necessidade de ampliar as atividades extracurriculares para melhorar o ensino e a aprendizagem da Cartografia por meio de inovações fora da sala de aula e pelo uso de recursos de tecnologia digitais disponíveis na escola ou mesmo nos próprios smartphones dos alunos.

Ao avaliar os diferentes modelos metodológicos para o ensino da Cartografia, este estudo apresentou a orientação esportiva como uma proposta viável para o ensino da Cartografia, pois além de unir diversas disciplinas em seu contexto, também se apresenta como uma atividade de lazer para os alunos.

Outra proposta diz respeito, ainda que indiretamente, ao uso de tecnologias digitais, como o uso do Sistema de Posicionamento Global (GPS) para compreender o ensino de Geografia, o que exige empenho, planejamento e dedicação dos profissionais envolvidos.

Assim, tanto as atividades lúdicas quanto as que utilizam ferramentas tecnológicas podem se apresentar como um novo método para o ensino da cartografia nas escolas públicas de ensino médio, mas deve-se reconhecer que muitos obstáculos ainda precisam ser superados.

Nesta etapa, fica claro que o avanço no processo de formação de professores no que diz respeito ao ensino de Cartografia no ensino médio, bem como uma melhor compilação dos materiais didáticos disponibilizados aos professores para a realização de tais atividades, precisa ser aprimorado, considerando que esta é na raiz da dificuldade de aplicação desse conhecimento.

Palavras-chave: Cartografia, Ensino médio, Mecanismos e inovação.

REFERÊNCIAS

- Abreu e silva, p. R. F.; castrogiovanni, a. C. A dialógica entre a cartografia no ensino básico e o sistema de informação geográfica nos pleitos territoriais. In: castrogiovanni, a. C.; et al. (org.). Movimentos para ensinar geografia - oscilações. Porto alegre - rs: letra 1, 2016. P. 143-156. Disponível em: <https://nepegeo.paginas.ufsc.br/files/2016/10/movimentos-para-ensinar-geografia.pdf>. Acesso em: 10 set. 2021.
- Albuquerque, m. A. M. De. Dois momentos na história da geografia escolar: a geografia clássica e as contribuições de delgado de carvalho. Rev. Bras.educ.geog., rio de janeiro, v. 1, n. 2, p. 19-51, jul./dez., 2012. Disponível em: <https://www.revistaedugeo.com.br/ojs/index.php/revistaedugeo/article/view/29>. Acesso em: 13 set. 2021.
- Albuquerque, m. A. M de. Dois momentos na história da geografia escolar: a geografia clássica e as contribuições de delgado de carvalho. Revista brasileira de educação em geografia, v. 1, n. 2, jul./dez., 2011, p. 19-51.
- Appolinario, f. Metodologia da ciência: filosofia e prática da pesquisa. São paulo: pioneira thomson leaming, 2006.
- Baggio, l. M. A importância do uso da cartografia nas aulas de geografia, /w: os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor pde. V. 1. Jacarezinho, 2017. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cademospde/pdebusca/producoes_pde/2016/2016_artigo_ge_uenp_lucilmamariabaggio.pdf. Acesso em: 11 set. 2021.
- Branco, s. G. Mecanismos para o ensino de cartografia no ensino médio: desafios do processo de ensino-aprendizagem. 2022. 52f. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura em geografia) - departamento de geografia, universidade federal de rondônia, 2022.
- Brasil. Ministério da educação. Secretaria de educação básica. Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica. Brasília: mec; seb; dicei, 2013. Disponível em: <http://portalme.gov.br/docman/julho-2013-pdf713677-diretrizes-educacao-basica2013-pdf/file>. Acesso em: 10 set. 2021.
- Brasil. Orientações curriculares para o ensino médio: linguagens, códigos e suas tecnologias. secretaria de educação básica. Brasília: mec/semtec, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/bookvolume03internet.pdf>. Acesso em: 23 out. 2021.
- Brasil. Lei nº 9.394/ 1996, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 23 out. 2021.
- Brasil. Ministério da educação. Base nacional comum curricular: educação é a base. Brasília: Mec, 2017.
- Brasil. Ministério da educação. Parâmetros curriculares nacionais: geografia. Brasília: mec, 1998.
- Brito, d. G. A trajetória da natureza na geografia escolar brasileira: permanências e mudanças. Geografia ensino & pesquisa. Vol. 24, 2020. Doi: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x41837>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/41837/html>. Acesso em: 13 set. 2021.

Conceição, r. S. Da; benedictis, n. M. S. M.; sampaio, a. V. O. O uso da cartografia como recurso didático no ensino de geografia. Revista cocar, v. 14 n.29 maio/ago./2020 p.348-360 disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/3376>. Acesso em: 05 nov. 2021.

Dambros, g. Et al. A utilização de tecnologias na cartografia escolar: jogo digital para a alfabetização congress cartográfica. Geosaberes, fortaleza, v. 4, n. 7, p. 4 - 15, jan. / jul. 2013. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/181>. Acesso em: 05 nov. 2021.

Ferreira, h. S.; rodrigues, e. A. A orientação na escola em mapa simples. 2010. Disponível em: <https://deleiria2.files.wordpress.com/2010/11/cadernodidactico3.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2021.

Gil, a. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. Ed. São paulo: atlas, 2002. Gonsalves, e. P. Iniciação à pesquisa científica. 3. Ed. Campinas: alínea, 2003.

International cartographic association (ica). A strategic plan for the intemational cartographic association 2003-2011. Durban: ica, 2003. Disponível em: acesso em: 26 abr. 2022.

Meneguette, a. A. C. Cartografia no século 21: revisitando conceitos e definições. Revista geografia e pesquisa, ourinhos, v.6, n.1, jan/jun, 2013. Disponível em: <http://vampira.ourinhos.unesp.br/openjournalsystem/index.php/geografiaepesquisa/Article/viewfile/131/64>. Acesso em: 20 out. 2021.

Pinto, k. K. Q. O desporto de orientação como metodologia alternativa no processo de ensino aprendizagem dos conteúdos cartográficos e geográficos. 2017, 20p. Trabalho de conclusão de curso (graduação em geografia) - universidade estadual do Amazonas, 2017. Disponível em: Http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1404527103_arquivo_artigosbG2014_kelton_klinger_queiroz_pinto.pdf. Acesso em: 21 nov. 2021.

Prodanov, c. C.; freitas, e. C. De. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. Ed. Novo hamburgo: feevale, 2013.

Ribeiro, r. De s. O desporto de orientação: uma proposta para o ensino de geografia física sobre uma abordagem sistêmica em parintins-am. 7w: vii congresso brasileiro de geógrafos. Vitória-es. Anais [...]. Isb 978-85-98539-04-1. Disponível em: http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/lz1404156793_arquivoartigo-cbg-raysarahribeiro.pdf. Acesso em: 21 nov. 2021.

Ricklin, j. A cartografia no ensino de geografia: linguagem fundamental na leitura do espaço. Irv. Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor pde produções didático-pedagógicas.

Unioeste-campus francisco beltrão 2013. Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cademospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013. Acesso em: 22 nov. 2021.

Santos, l. P. Dos. O estudo do lugar no ensino de geografia: os espaços cotidianos na geografia escolar. 2010. 159 p. Dissertação (mestrado em geografia) - universidade estadual paulista. Rio claro,2010. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/!1449/95559/santos_lp_me_rcla.pdf?Sequence=1. Acesso em: 10 set. 2021.

Silva, d. A. Atividade esportiva no ensino de geografia: experiência a partir da corrida de orientação na escola. *Geosaberes, fortaleza*, v. 4, n. 8, p. 87- 99, jul./dez. 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/5528/552856432010.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2021.

Silva, w. S. Da. As representações cartográficas como ferramentas para o ensino da geografia escolar. 2020. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura em geografia) - Instituto Federal de Pernambuco, fpe, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/302>. Acesso em: 21 Nov 2021.

Souza, i. B. De. Plataforma de mapeamento online aplicada à cartografia escolar para o estudo do meio ambiente: o exemplo do mapeando meu rio. *Geografia, ensino & pesquisa*, vol. 22, e21 p. 01 -10. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/25372>. Acesso em: 02 nov 2021.

Tsou, m. H. Revisiting web cartography in the united states: the rise of usercentered design. *cartography and geographic information science*, v. 38, n. 3, p. 250-257, jul. 2011.

Vygotsky, l. S. *Sobranie sochinenii. Problemy obshche psikhologii*. Pedagogika: Moscou, 1982.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-019>

Mário Márcio Rodrigues

Ciência da Computação, UNEMAT

E-mail: mariomarciorodrigues2@gmail.com

Daniela Cabral de Oliveira

Ciência da Computação, UNEMAT

E-mail: daniela.cabral@unemat.br

Max Robert Marinho

Ciência da Computação, UNEMAT

E-mail: max.marinho@unemat.br

Weder Nunes Ferreira Junior

Ciências Agrárias, IF GOIANO

E-mail: wedernunesiftm@gmail.com

Miêlle Silva Pestana

Ciência da Computação, UNEMAT

E-mail: miellepestana@gmail.com

Sérgio Santos Silva Filho

Ciência da Computação, UNEMAT

E-mail: santos@unemat.br

RESUMO**1 INTRODUÇÃO**

A COVID-19, doença causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, teve origem na Província de Wuhan, na China, com a identificação do primeiro caso no Brasil no final de fevereiro de 2020 (ZHANG *et al.*, 2020). Logo após, no mês de março de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou a doença como pandemia, devido a sua presença na maior parte dos países no mundo.

Muito embora a doença tenha se espalhado rapidamente pelo mundo e, não existissem informações suficientes para conter a sua disseminação, os países, em todo o mundo, tiveram que desenvolver de saúde pública de forma rápida, na busca por evitar um cenário caótico com relação ao contágio pelo coronavírus, causador da COVID-19. Assim, procedimentos médicos não considerados urgentes, foram cancelados e o atendimento hospitalar passou a ser de urgência e emergência no cuidado dos pacientes acometidos pelo novo vírus (SILVA *et al.*, 2022).

Este trabalho tem o objetivo de utilizar o aprendizado de máquina supervisionado e não supervisionado para classificar os resultados dos exames de pacientes do hospital Albert Einstein durante um período no contexto da pandemia. Para a classificação dos dados foram utilizados os algoritmos de aprendizado de máquina supervisionado de uma rede neural perceptron de múltiplas camadas, Support Vector Machine (SVM) para diferentes kernels e árvore de decisão. Assim, verificou-se que os dados foram classificados com taxa de acurácia em 100%, 99.187%, 86.1789% e 84.9583% para todos os classificadores do aprendizado de máquina supervisionado. E com a taxa de acurácia em 87.05% para clusterização quanto aos resultados dos exames dos pacientes do hospital Albert Einstein durante um período no contexto da pandemia utilizando o aprendizado de máquina não supervisionado.

Palavras-chave: Pacientes, Hospital Albert Einstein, Aprendizado de Máquina Supervisionado, Aprendizado de Máquina não Supervisionado.

Neste sentido, faz-se necessário analisar o banco de dados do Hospital Albert Einstein com finalidade de diagnosticar, por meio dos parâmetros dos exames realizados no contexto da pandemia, se os pacientes estavam saudáveis ou não saudáveis utilizando o Aprendizado de Máquina (AM).

O AM é uma subárea da Inteligência Artificial, que tem como foco de desenvolvimento um modelo capaz de aprender por meio da experiência. Nesse sentido, o aprendizado ocorre a partir de algoritmos dedutivos, os quais com base em cálculos estatístico, permitem a extração de regras e padrões em locais, em que se encontrem um grande volume de dados (HAYKIN, 1999).

Na literatura existem alguns tipos de aprendizado de máquina, sendo eles: aprendizado de máquina supervisionado, não supervisionado e por reforço. Desse modo, tem-se que no presente estudo, foram testados algoritmos de aprendizado de máquina supervisionado, tais como: árvore de decisão, *Support Vector Machine* (SVM) para diferentes *kernels*, rede neural *perceptron* de múltiplas camadas e o algoritmo *K-means* para o aprendizado de máquina não supervisionado.

Atenta-se para o fato de que os resultados com base em técnicas inteligentes foram eficientes, confiáveis e robustos para o diagnóstico de pacientes durante o contexto da pandemia, o que justifica o uso do AM para o desenvolvimento desse estudo e a apresentação de informações coletadas junto ao banco de dados do Hospital Albert Einstein.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O banco de dados utilizado para os testes numéricos foi obtido pelo Hospital Albert Einstein divulgados na internet. Esse foi composto por três banco de dados primários, sendo eles: desfechos, pacientes e exames. O banco desfechos era composto por oito variáveis e 89.938 linhas totalizando em 719.504 dados; o banco de pacientes era composto por sete variáveis e 14.674 linhas totalizando em 102.718 dados, enquanto o banco de exames era composto por nove variáveis e 1.048.576 linhas totalizando em 9.437.184 dados.

Diante desse contexto, foi realizado uma mineração dos dados eliminando àqueles redundantes e os *outliers*. Nesse sentido, o banco de dados secundário foi composto por seis variáveis, sendo cinco oriundas do banco de dados primário e uma tendo sido determinada das variáveis resultado e valor de referência, para assim, ter sido possível a determinação da variável diagnóstico.

Em seguida, os dados foram ajustados para o formato arff e então processados pela ferramenta Weka na versão 3.8.6. O banco de dados foi composto por 1.470 dados, tendo como variáveis: identificações dos pacientes, exames, analitos, resultados, valores de referência e diagnósticos.

Para a classificação do aprendizado de máquina supervisionado foram utilizados os seguintes algoritmos: rede neural *perceptron* de múltiplas camadas, SVM e árvore de decisão. Quanto ao algoritmo SVM foram alterados os kernels para *poly kernel*, *normalize poly kernel* e RBF com intuito

de verificar os resultados da classificação em diferentes situações. Também foi realizado o teste para o aprendizado de máquina não supervisionado utilizando o algoritmo k-means.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram diagnosticados para os pacientes do Hospital Albert Einstein quanto aos resultados de exames durante o contexto da pandemia para diferentes algoritmos de aprendizado de máquina supervisionado. A ferramenta Weka classificou os dados com taxa de acurácia em 100% para os algoritmos de rede neural perceptron e SVM para o kernel poly kernel, 99.187% para o algoritmo de árvore de decisão, 86.1789% para o algoritmo SVM para o kernel normalize poly kernel e 84.9583% para o algoritmo SVM para o kernel RBF. Os testes foram realizados para os seguintes algoritmos: rede neural *perceptron* de múltiplas camadas, SVM em diferentes kernels e árvore de decisão (Tabela 1).

Tabela 1 – Algoritmos de aprendizado de máquina supervisionado

Dados	Rede Neural Perceptron	Árvore de Decisão	SVM Kernel Poly	SVM Kernel Normalize Poly	SVM Kernel RBF
Hospital Albert Einstein	100	99.187	100	86.1789	84.9583

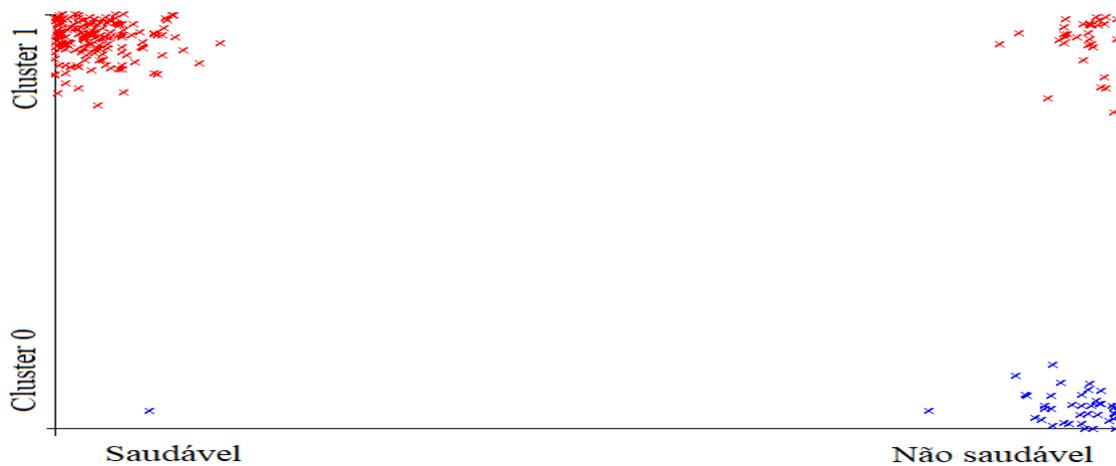
Nesse teste foi possível constatar que para os algoritmos de aprendizado de máquina supervisionado rede neural perceptron e SVM para o kernel poly tiveram excelentes taxas de acurácia em 100%, ou seja, os algoritmos classificaram corretamente todos os resultados dos exames dos pacientes do Hospital Albert Einstein durante o período da pandemia, tornando a tomada de decisão assertiva.

Em seguida foi realizado o mesmo teste para o algoritmo de aprendizado de máquina não supervisionado k-means com taxa de acurácia em 87,05%. Nesse teste foi possível verificar que para os resultados dos exames dos pacientes que estavam não saudáveis houve somente 1 dado clusterizado de forma errada. Já para os resultados dos exames que estavam saudáveis houve 32 dados clusterizados de forma errada, conforme ilustra a figura 1.

Observando os resultados obtidos neste teste (Figura 1), verificou-se que o aprendizado de máquina não supervisionado k-means clusterizou no cluster 0 os resultados dos exames dos pacientes que estavam não saudáveis e consequentemente no cluster 1 os pacientes saudáveis do Hospital Albert Einstein. Também foi possível observar que o algoritmo k-means teve uma taxa de acurácia melhor que os algoritmos SVM para o kernel normalize poly e kernel RBF. Vale ressaltar, que nesse caso não existe a parte de treinamento, ou seja, a taxa de acurácia se dá pela similaridade entre os dados. Ou

seja, o algoritmo k-means em alguns casos não conseguiu identificar a similaridade entre os dados dos pacientes saudáveis e não saudáveis.

Figura 1. Clusterização dos pacientes no contexto da pandemia



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da metodologia adotada para investigar a classificação dos resultados foi possível verificar uma classificação em 100% dos dados para os algoritmos rede neural perceptron e SVM para o kernel poly e clusterizou em 87,05% os dados para o algoritmo k-means. Portanto, os resultados encontrados neste estudo contribuem para o diagnóstico dos pacientes do Hospital Albert Einstein proporcionando um resultado robusto e com tomada de decisão assertiva

REFERÊNCIAS

Haykin, s. Neural networks: a comprehensive foundation. Ed. 2. Nova jersey: prentice-hall, 1999.

Silva, t. C.; fortes, r. C.; ferrão, p. A. Percepção de pacientes oncológicos quanto ao impacto da pandemia de covid-19 frente ao diagnóstico e tratamento de câncer. Brazilian journal od development, curitiba, v. 8, n. 1, p. 6508-6532, 2022.

Zhang, j.; dong, x.; cao, y.; yuan, y.; yang, y. Clinical characteristics of 140 patients infected with sars-co v-2 in wuhan, china. Allergy, v. 75, n. 7, p. 1730-1741, 2020. Doi: 10.1111/all.14238.

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-020>

Ketlin Cristine Batista Mancinelli

Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9571-3008>

E-mail: ketlin.cb@gmail.com

Victória Mendes

Departamento de Engenharia Química, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

Marcia Margarete Meier

Programa de Pós-graduação em Química Tecnológica, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2475-5403>

Ana Paula Testa Pezzin

Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9343-3929>

Gilmar Sidnei Erzinger

Programa de Pós-graduação em Saúde e Meio Ambiente, Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, Santa Catarina, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6262-4677>

RESUMO

Estratégias a fim de superar os pontos fracos dos biopolímeros e ampliar sua área de aplicação vêm sendo largamente estudadas, e uma das alternativas consiste em combina-los com outros materiais

(plastificantes, outros polímeros e biopolímeros, extratos naturais, agentes antimicrobianos, grupos aminoalquil, agentes reticulante). Este estudo buscou investigar a melhor estratégia de incorporação da solução aquosa de schizophyllan (SPG) na membrana de celulose bacteriana (CB) com o objetivo de conferir ao produto final propriedades atraentes para aplicações na área médica. Para promover maior afinidade entre os biopolímeros, a membrana de CB foi modificada com um aminosilano. Metodologias diferentes foram testadas e a eficiência de incorporação do SPG em matriz de CB foi avaliada. Por espectroscopia na região do infravermelho (FTIR) foi possível identificar que a CB que foi funcionalizada apresentou bandas em torno de 1600 cm⁻¹ atribuídas às deformações de grupos NH₂. Entretanto, a análise de difratometria de Raios X (DRX) não revelou a presença do SPG, mas usando outra metodologia o SPG estava presente pelo surgimento de um novo pico em aproximadamente 28 ° (2θ). Existe um indicativo pelas imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) da presença do SPG na matriz da celulose. Quanto a estabilidade térmica dos biocompósitos não ocorreram mudanças significativas que comprometessem a sua aplicabilidade. Este estudo mostrou que as metodologias abordadas são complementares e devem ser fundidas para obtenção de melhores resultados e que uma das metodologias aplicadas aos biopolímeros sem modificação deve ser melhor investigada.

Palavras-chave: Schizophyllan, Celulose Bacteriana, Grupo Aminoalquilsilano.

1 INTRODUÇÃO

Os polissacarídeos são biopolímeros que ocorrem largamente na natureza em algas, plantas, animais, bactérias e fungos, e representam grande parte da biomassa do planeta. Devido a versatilidade desses materiais e biodegradabilidade, alguns desses polissacarídeos estão sendo utilizados nas indústrias de embalagem, alimentícia, farmacêutica e biomédica como materiais sustentáveis e renováveis (TORRES *et al.*, 2019). Esses biopolímeros estão cada vez mais presentes em aplicações biomédicas, como em curativos na cicatrização de feridas por serem de origem natural, abundantes na natureza, absorventes, não tóxicos, não imunogênicos e apresentarem custo relativamente baixo. Além

disso, componentes bioativos podem ser incorporados a esses biopolímeros a fim de auxiliarem no processo de cicatrização (ADUBA Jr; YANG, 2017).

O schizophyllan (SPG) é um polissacarídeo produzido pelo fungo basidiomiceto *Schizophyllum commune* e consiste de β -(1 \rightarrow 3)-D-glucana na cadeia principal e β -(1 \rightarrow 6)-D-glucosil na cadeira lateral, a cada três unidades de glucose (RAU *et al.*, 1992). O SPG foi descrito pela primeira vez na literatura no final da década de 1960 e o interesse por este polissacarídeo aumentou fortemente à medida que a comunidade científica começou a apontá-lo como sendo eficaz contra infecções e tumores (CARVALHO *et al.*, 2021). Este biopolímero vem sendo descrito por apresentar bioatividades incluindo atividades imunomoduladoras, anticancerígenas, antitumorais, anti-inflamatórias e antioxidantes (DU *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2013; ZHONG *et al.*, 2015). Além disso, apresenta efeito cicatrizante em feridas (SEO *et al.*, 2019) e também pode ser empregado em produtos cosméticos com diversos benefícios para a pele (CONTIPRO, 2022, web).

O SPG apresenta baixa capacidade de formação de filme (HAMEDİ *et al.*, 2020), característica que pode ser limitante para determinadas aplicações. Por esse motivo, novas tecnologias se fazem necessárias para suplantiar algumas limitações quanto a aplicação. Na literatura é possível encontrar alguns estudos em que o SPG pode apresentar um melhor desempenho em combinação com outros polímeros na aplicação em curativos (SAFAEE-ARDAKANI *et al.*, 2019a; SAFAEE-ARDAKANI *et al.*, 2019b; SAFAEE-ARDAKANI *et al.*, 2022; HAMEDİ *et al.* 2020; HAMEDİ & SHOJAOSADATI, 2021; MUTHURAMALINGAM *et al.* 2019). Hamedí *et al.* (2020) desenvolveram um novo hidrogel combinado pelos biopolímeros de celulose bacteriana (CB) e SPG com propriedades mecânicas, capacidade de absorção de água e atividade antibacteriana incrementadas. A fim de promover melhor interação com o SPG, a CB foi primeiramente funcionalizada com 3-(aminopropil)trietoxissilano (APTES) e o compósito reticulado com glutaraldeído.

O glutaraldeído é um agente de reticulação comumente utilizado, mas que pode causar alguns efeitos colaterais indesejáveis e risco à saúde. Outros caminhos vêm sendo explorados, como o uso de ácidos carboxílicos (ácido cítrico) (CIECHOLEWSKA-JUŚKO *et al.*, 2021; FRONE *et al.*, 2020; MEFTAHI *et al.*, 2018). Aldeídos considerados “verdes” também vêm sendo utilizados como agentes de reticulação, como a vanilina (FRONE *et al.*, 2020; PENG *et al.*, 2010; TOMADONI *et al.*, 2019; XU *et al.*, 2018; ZHANG *et al.*, 2015; ZOU; LI; LI, 2015) e o cinamaldeído (GADKARI *et al.*, 2019; GAO; YANG, 2017). Além disso, esses aldeídos podem apresentar outras propriedades interessantes em aplicações biomédicas (COX *et al.*, 2021; TOMADONI *et al.*, 2019).

Outro polissacarídeo é a celulose bacteriana (CB) que pode ser obtida por culturas estáticas que produzem uma membrana de celulose na interfase líquido/ar (ROSS; MAYER; BENZIMAN, 1991). A biossíntese da CB ocorre quando as bactérias polimerizam resíduos de glucose em cadeias lineares

de β -1,4-glucana (CZAJA *et al.*, 2006). Algumas das principais vantagens da CB são a sua estrutura nanoporosa, alto teor de água e grupos hidroxila livres (CACICEDO *et al.*, 2016). A última característica é importante na modificação química da CB, que é possível justamente pela presença de grupos hidroxila em sua estrutura (WAHID *et al.*, 2021). Pode-se citar outras propriedades da CB como a alta pureza, biocompatibilidade, não toxicidade, estabilidade mecânica, permeabilidade a líquidos e gases (PORTELA *et al.*, 2019; SULAEVA *et al.*, 2015). A CB se apresenta como um material promissor para aplicação como curativo no processo de cura de feridas, pois fornece um ambiente úmido acarretando em melhor cicatrização, mas não possui atividade antimicrobiana a fim de prevenir possível infecção (LIYASKINA *et al.*, 2018; MANEERUNG; TOKURA; RUJIRAVANIT, 2008; BARUD *et al.*, 2016).

No que se refere a área de tecnologia de materiais, os biopolímeros podem ser complementares, a mistura da CB com diferentes biopolímeros pode ser alcançada por mistura física, grafitação química ou pelo uso de agente de reticulação, *cross-linker* (WAHID *et al.*, 2021). Alguns exemplos de misturas de CB com outros biopolímeros são, a quitosana (CACICEDO *et al.*, 2020), dextrana (LIN *et al.*, 2017) e o SPG (HAMED I *et al.*, 2020). Desta forma, este estudo teve como objetivo abordar uma estratégia de desenvolvimento de uma membrana biocompósito candidata a aplicação como um curativo na cicatrização de feridas.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

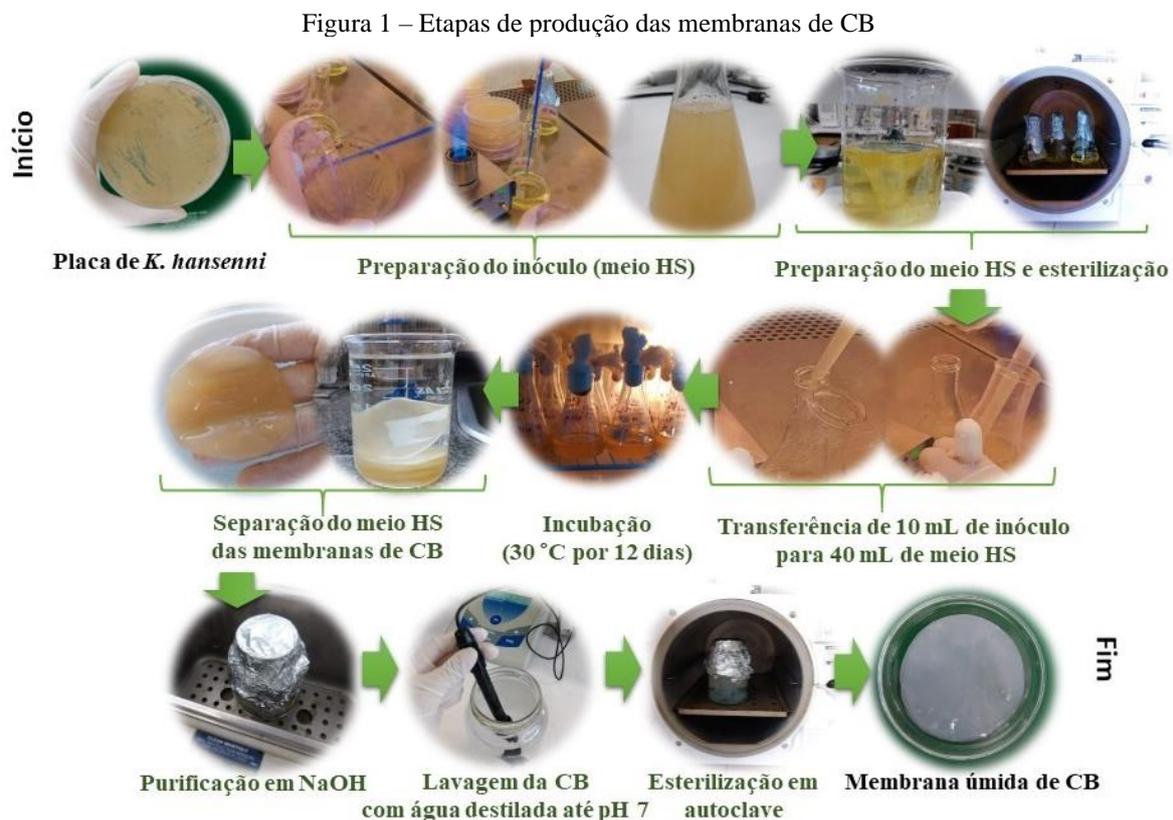
2.1 MATERIAIS

As membranas de CB foram produzidas no laboratório de Biotecnologia 1 (Biotec 1) da Universidade da Região de Joinville – Univille, utilizando a bactéria *Komagataeibacter hansenii* ATCC 23769 em meio de cultivo Hestrin-Schram - HS. O (3-Aminopropil) trietoxisilano (APTES ou APTS) (99%) (CAS Number 919-30-2) foi adquirido da Sigma-Aldrich. A Vanilina (99%) (CAS Number 121-33-5) foi adquirida da Sigma-Aldrich. O SPG comercial foi gentilmente fornecido pela empresa da República Checa Contipro intermediado pelo grupo MCassab – Brasil.

2.2 PRODUÇÃO DE CB

O meio de cultivo, tanto na fase de ativação das células (pré-inóculo) quanto na fase de produção das membranas foi o meio HS, constituído de: manitol (20 g L⁻¹), peptona de soja (5 g L⁻¹), extrato de levedura (5 g L⁻¹), fosfato dissódico (2,7 g L⁻¹) e ácido cítrico (1,15 g L⁻¹) (HESTRIN; SCHRAMM, 1954). O meio para obtenção do inóculo e o meio de cultivo foram autoclavados a 121 °C por 20 min a 1 atm. Para preparação do inóculo, uma suspensão de células de densidade óptica (DO) igual a 1, medida em espectrofotômetro, a 600 nm foi preparada. As células foram incubadas a

30 °C, sob condição estática, por 24 h. Após este período, o inóculo foi transferido para o meio de cultivo HS a uma taxa de 20% (v/v). Esta etapa foi conduzida em frascos Erlenmeyer de 125 mL contendo 50 mL de meio para crescimento (40 mL de meio HS + 10 mL de inóculo) e incubados a 30 °C em condição estática por 12 dias para a formação das membranas úmidas de CB (FISCHER *et al.*, 2017). Para a remoção das células bacterianas, as membranas de CB foram lavadas com água destilada e transferidas para um Becker contendo NaOH 0,1 M em banho-maria a 80 °C por 1 h. As membranas foram lavadas abundantemente com água destilada repetidas vezes, a fim de remover resíduos celulares bacterianos, componentes do meio e o excesso de NaOH. O processo de lavagem foi finalizado até atingir pH próximo da neutralidade. Posteriormente, as membranas úmidas foram autoclavadas em água destilada a 121 °C por 20 min a 1 atm e mantidas a 4 °C até uso futuro. A Figura 1 apresenta um esquema simplificado da metodologia de produção da CB.



2.3 MODIFICAÇÃO QUÍMICA SUPERFICIAL DA CB COM APTES

Metodologias de modificação química superficial de membranas de CB com o uso de APTES foram testadas com base inicialmente na metodologia proposta por Frone *et al.* (2020) com adaptações e suas variações estão apresentadas na Tabela 1. As metodologias foram selecionadas primeiramente com base em análises visuais conjuntamente como a análise de FTIR. As metodologias escolhidas foram denominadas de Procedimentos 3 e 9 e estudadas com maior profundidade e consistem

basicamente em: primeiramente, 1,0 g de APTES foi pré-hidrolisado em uma mistura de 100 mL de água destilada e etanol absoluto (99,8%) (90/10 v/v%) a temperatura ambiente por 2 h. Um total de 5 membranas úmidas purificadas de CB foram adicionadas a solução de silano e agitadas a temperatura ambiente por 24 h. As membranas foram retiradas da solução de APTES e liofilizadas para evitar o colapso dos poros da CB amino-funcionalizada (CBA) antes da reação de condensação (aquecimento). As membranas foram aquecidas em estufa com circulação de ar a 110 °C por 2 h a fim de promover a reação química de condensação. Após resfriamento, as membranas modificadas foram submetidas a lavagens diferenciadas conforme procedimentos descritos abaixo:

- Lavagem do Procedimento 3: nesta etapa 5 lavagens com álcool etílico 96% foram realizadas de 10 min em banho ultrassônico. As membranas foram lavadas em água destilada.

- Lavagem do Procedimento 9: esta etapa foi conduzida em 2 fases em banho ultrassônico com enxagues de 10 min, da seguinte forma: na primeira etapa as membranas foram mergulhadas em etanol/água (30/70%), depois no segundo enxague em etanol/água (70/30%) e no terceiro enxague em etanol (100%). Na segunda etapa foi realizada a rehidratação em etanol/água (70/30%), etanol/água (30/70%) e água destilada (100%) (*overnight*).

Posteriormente, as membranas foram congeladas, liofilizadas e acondicionadas em dessecador; denominadas de CBA P3 (CBA do Procedimento 3) e CBA P9 (CBA do Procedimento 9).

Tabela 1- Variações nas metodologias utilizadas neste estudo.

Metodologia	etanol/água (vol%)	APTES (g)	Solução (mL)	N. de membranas	Tipo de lavagem
1	90/10	0,5	50	20	Soxhlet/etanol
2	90/10	1	100	5	Ultrassom/etanol
3	10/90	1	100	5	Ultrassom/etanol
4	90/10	0,5	50	10	Ultrassom /etanol+água
5*	10/90	0,05	100	5	Ultrassom /etanol+água
6	10/90	0,05	100	5	Ultrassom /etanol+água
7	10/90	0,5	100	5	Ultrassom /etanol+água
8	10/90	0,1	100	5	Ultrassom /etanol+água
9	10/90	1	100	5	Ultrassom /etanol+água

* Aquecimento 70 °C *overnight*

2.4 PREPARAÇÃO DOS BIOCOMPÓSITOS

A metodologias utilizadas nesta etapa do estudo foram:

- Metodologia 1: uma solução de SPG (1% m/v) foi preparada. A membrana de CBA P3 foi molhada na solução aquosa de SPG (1 mL), e então água destilada (10 mL) foi adicionada para facilitar a agitação constante das membranas a 50 °C por 72 h. Ao fim deste período, a vanilina (solução em etanol 2%) foi adicionada em massa na proporção de 50% em relação a massa seca de CBA. A membrana foi mantida 50 °C por 3 h sob agitação constante (150 rpm), sendo posteriormente lavadas (ultrassom por 30 min), congeladas e liofilizadas. O biocompósito foi denominado CBA-SPG-VA (1).

- Metodologia 2: primeiramente soluções aquosas de SPG e SPG-D (0,5% m/v) foram preparadas. As membranas de CBA P9 foram colocadas em um funil metálico com vácuo e submetidas a passagem das soluções aquosas de SPG e SPG-D (2 mL) através de seus poros, o processo foi finalizado quando encerrou-se a passagem da solução de SPG e SPG-D. As membranas foram mantidas por 24 h a 30 °C sem agitação. A solução de vanilina:etanol (2% m/v) foi adicionada considerando proporção de 2:1 em massa (CBA:VA). As membranas foram mantidas 50 °C por 3 h sob agitação constante (150 rpm) com água mili-Q (8 mL). As membranas foram lavadas com água destilada em ultrassom por 30 min para remover quaisquer excedentes, sendo posteriormente congeladas e liofilizadas. Os biocompósitos foram denominados CBA-SPG-VA (2) e CBA-SPG-D-VA (2).

- Metodologia 3: uma solução aquosa de SPG (1% m/v) foi preparada. A CB foi colocada em um funil metálico com vácuo e a passagem da solução aquosa de SPG foi forçada a passar (2,5 mL) através de seus poros. A CB foi mantida por 24 h a 30 °C sem agitação, sendo posteriormente congelada e liofilizada. O biocompósito foi denominado CB-SPG. Não foi realizada a reticulação da amostra.

2.5 CARACTERIZAÇÃO

2.5.1 Espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR)

A caracterização dos grupamentos funcionais das membranas de CB, CBA P3, CBA P9 e dos biocompósitos foram feitas por FTIR, em um equipamento da Perkin Elmer Spectrum One no Laboratório de Caracterização de Materiais da UNIVILLE, no intervalo de 4.000 a 650 cm^{-1} , resolução de 4 cm^{-1} e acessório de refletância total atenuada (ATR).

2.5.2 Espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS)

As medições de XPS foram realizadas nas amostras de CB, CBA P3 e CBA P9 no laboratório de plasma, filmes e superfícies da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) usando um espectrômetro K-Alpha (Thermo Scientific) equipado com uma fonte monocromática de Al $K\alpha$ (1486,6 eV) e pressão base de 10^{-8} mBar. Os espectros de XPS foram registrados como espectros de pesquisa (passo de 1 eV) a uma energia de passagem de 200 eV.

2.5.3 Difratometria de Raios X (DRX)

Análises de DRX das amostras de CB e dos biocompósitos foram realizadas na Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC em um difratômetro Shimadzu modelo XRD-7000, com

radiação de cobre K_{α} , comprimento de onda, $\lambda = 1,54 \times 10^{-10}$, tensão de 40 kV e corrente de 40 mA, com velocidade de varredura de $2^{\circ}/\text{min}$ e intervalo de 5° a 70° (2θ).

2.5.4 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A morfologia da superfície de membranas de CB, CBA P3 e CBA P9 e dos biocompósitos foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura em um microscópio Eletrônico de Varredura Field Emission, modelo JSM-6701F, de fabricação da JEOL LTD, com tensão de 15 kV. Imagens de 5.000 e 10.000 vezes foram obtidas. A determinação da espessura média das fibrilas das membranas foi realizada utilizando o programa ImageJ, nas fotos obtidas por MEV com média de 10 medidas e desvio padrão.

2.5.5 Análise térmica – TGA

As análises termogravimétricas (TGA) das amostras de CB, CBA P3, CBA P9 e biocompósitos foram realizadas no Laboratório de Materiais da UNIVILLE em um equipamento da TA Instruments modelo TGA-Q50. As amostras liofilizadas foram aquecidas de 25 a 1000 °C a uma taxa de aquecimento de 10 °C/min, sob atmosfera inerte (N_2) em um porta amostra de platina.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ANÁLISE ESTRUTURAL POR FTIR, XPS E DRX

Na Figura 2A estão apresentados os espectros de FTIR da CB, CBA P3 e CBA-SPG-VA (1). Perfis de espectros similares foram encontrados na literatura para a CB produzida pelas bactérias *K. xylinus* e *K. hansenni* (CACICEDO *et al.*, 2020; VASCONCELOS *et al.*, 2020). A banda na região de 3340 cm^{-1} é característica de vibração de estiramento O-H na celulose (FERNANDES *et al.*, 2013; LIN *et al.*, 2013) e pode ser atribuída a celulose tipo I (MOHARRAM; MAHMOUD, 2008). Esta mesma banda para a CB P3 tornou-se mais ampla, o que pode ser atribuído à sobreposição com o sinal de vibração de estiramento de NH_2 (HAMED I *et al.*, 2020; HAMED I; SHOJAOSADATI, 2021). A banda por volta de 2900 cm^{-1} da CB é atribuída ao estiramento C-H de grupos CH_2 e CH_3 (WANG *et al.*, 2018). O incremento da banda em torno de 2900 cm^{-1} para a CBA P3 pode estar associado às vibrações CH_2 da porção propil da porção silano (FERNANDES *et al.*, 2013; SAINI; BELGACEM; BRAS, 2017). A banda por volta de 1645 cm^{-1} é característica de vibração de deformação de H-O-H das moléculas de água absorvida na celulose (GEA *et al.*, 2011; WANG *et al.*, 2018). A banda em 1162 cm^{-1} corresponde ao estiramento assimétrico C-O-H na ligação β -(1 \rightarrow 4) (WANG *et al.*, 2018). Bandas em 1058 e 1034 cm^{-1} são atribuídas a deformação de ligação C-O-H de carboidratos ou vibração do anel C-O-C de piranose (WANG *et al.*, 2018).

No espectro da CBA P3, observa-se duas bandas novas em 1560 cm^{-1} e 1480 cm^{-1} (indicadas pelas setas) e outra banda em 1600 cm^{-1} que podem ser atribuídas às deformações de grupos NH_2 (FERNANDES *et al.*, 2013; FRONE *et al.*, 2020; HAMEDI *et al.*, 2020; SAINI; BELGACEM; BRAS, 2017). Outra banda em torno de 870 cm^{-1} aparece no espectro de CBA P3 e pode ser atribuída a deformação de grupos amino primários (NH_2) (HAMEDI *et al.*, 2020).

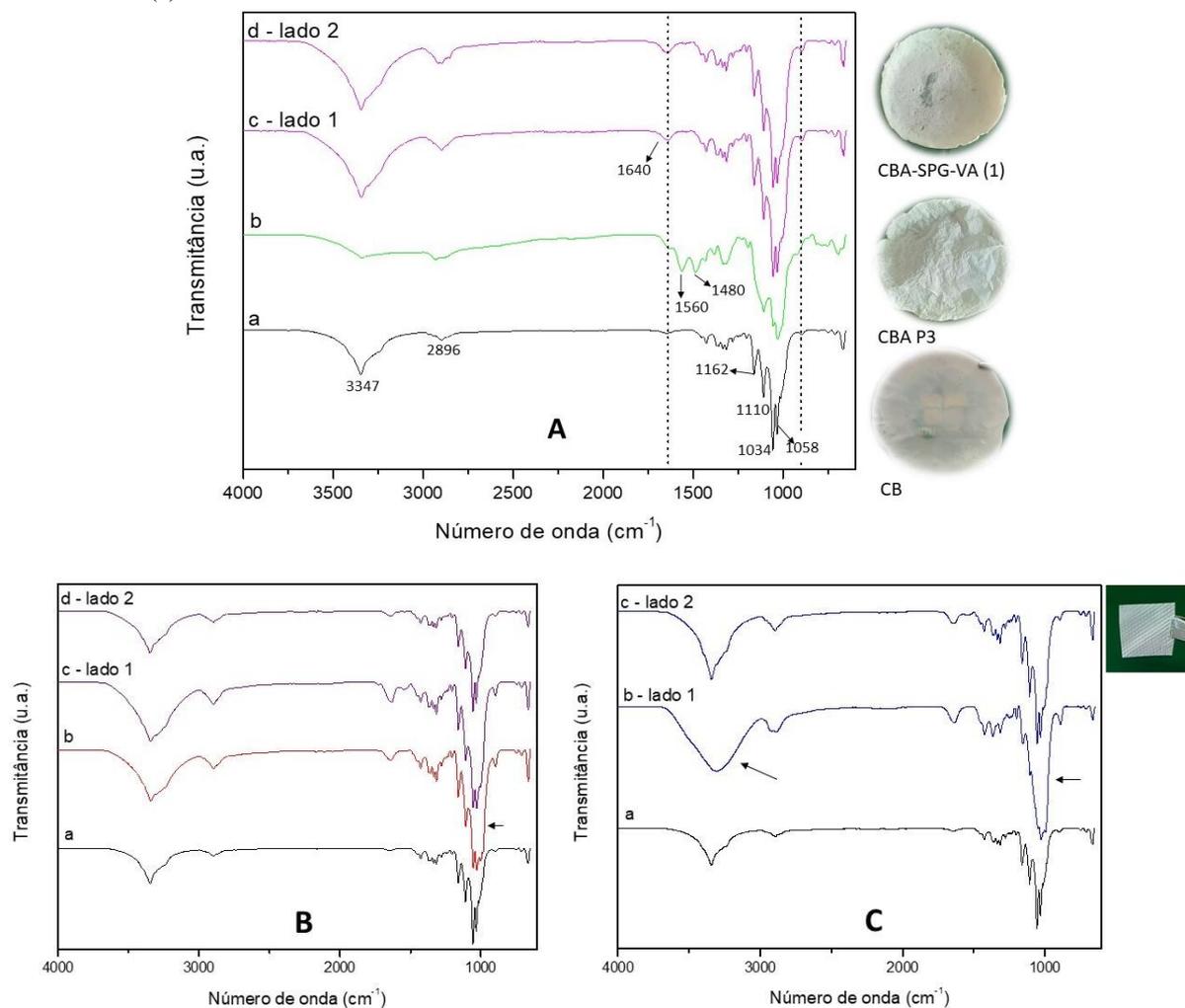
A presença de ligações Si-O-celulose e $-\text{Si-O-Si-}$ que correspondem à condensação dos grupos hidroxila do derivado de silano com os grupos hidroxila da CB; e silanóis que reagem entre eles mesmos, respectivamente, não são facilmente visualizados por FTIR, visto que essas vibrações típicas ocorrem por volta de 1150 e 1135 cm^{-1} e são mascaradas pelas grandes e intensas bandas de vibração C-O-C da CB (FERNANDES *et al.*, 2013).

Comparando CBA-SPG-VA (1) com CBA P3, observou-se que as bandas em torno de 1560 e 1480 cm^{-1} desapareceram, sendo um indicativo da efetiva reticulação com vanilina pela diminuição de grupos NH_2 . A banda em torno de 1640 cm^{-1} no espectro do filme CBA-SPG-VA (1) (ambos os lados da amostra) pode ser um indicativo de ligação C=N pela adição da vanilina como agente reticulante (FRONE *et al.*, 2020; TOMADONI *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2015; ZOU; LI; LI, 2015).

Na Figura 2B estão apresentados os espectros de FTIR da CB, CBA P9, CBA-SPG-VA (2). Para a amostra CBA P9 pode-se observar alguma mudança na intensidade relativa na região de ligação C-O-C da celulose (Figura 2B - identificado por seta); entretanto, bandas características de grupos NH_2 não são identificadas no espectro, sugerindo que não tenha ocorrido a modificação com o aminosilano. Optou-se por andamento dos estudos devido a maior homogeneidade e qualidade das amostras de CBA P9.

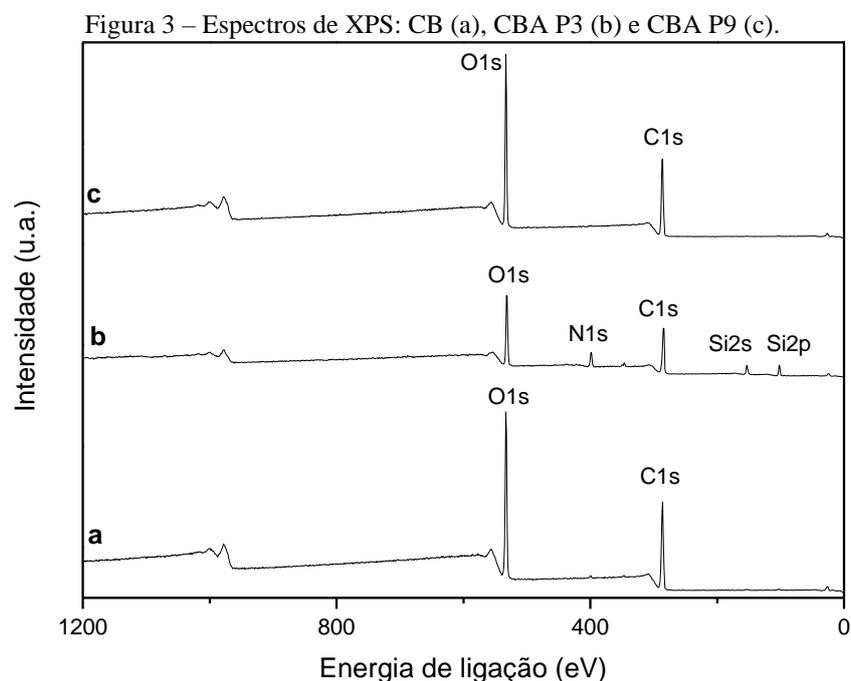
Na Figura 2C estão apresentados os espectros de FTIR da CB e CB-SPG. Para CB-SPG pode-se observar mudanças no perfil do espectro em comparação a CB relacionadas a região característica do anel de piranose e a banda característica de vibração de estiramento O-H que sofreu alargamento (lado 1) podendo ser resultado da presença do SPG. A ligação β característica do SPG encontra-se na faixa de $884-892\text{ cm}^{-1}$ (HAMEDI *et al.*, 2020) e ficaram de difícil definição nos espectros.

Figura 2 - Espectros de FTIR: A) CB (a), CBA P3 (b), CBA-SPG-VA (1) – lado 1 (c) e CBA-SPG-VA (1) – lado 2 (d); B) CB (a), CBA P9 (b), CBA-SPG-VA (2) – lado 1 (c), CBA-SPG-VA (2) – lado 2 (d); C) CB (a), CB-SPG – lado 1 (b) e CB-SPG – lado 2 (c).



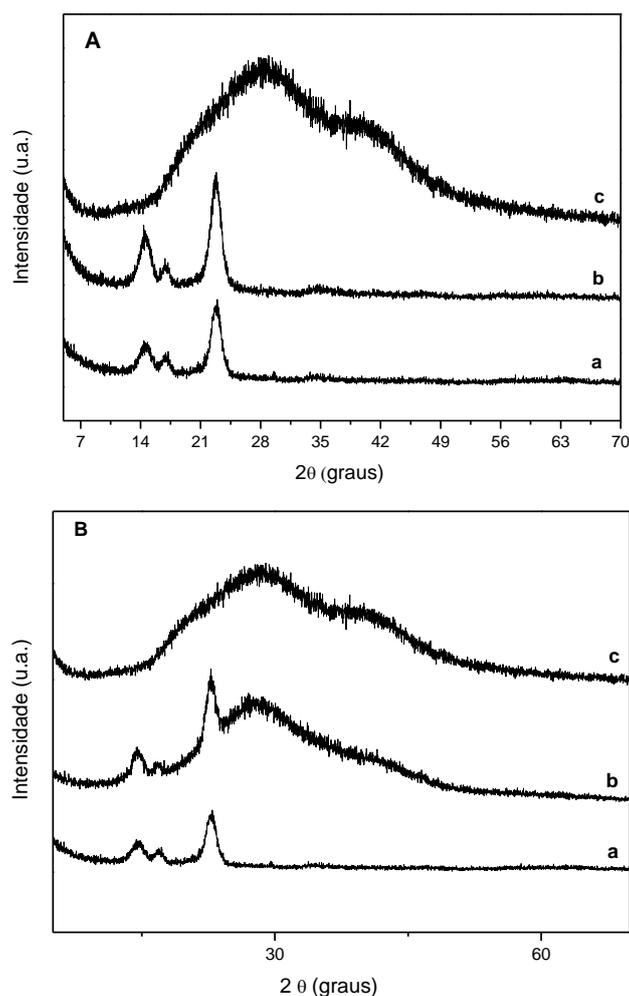
Com intuito de confirmar os resultados obtidos por FTIR, a análise de XPS foi realizada para as membranas CBA P3 e CBA P9. Esta análise auxiliou na determinação da composição química da superfície de membranas da CB e das membranas amino-funcionalizadas, sendo um indicativo da efetiva ou não modificação realizada com o aminosilano. O espectro de XPS da membrana de CB mostrou dois picos principais em 286,08 e 533,08 eV detectados, correspondendo à adsorção de C 1s e O 1s, respectivamente, o que indica que os principais componentes da CB são C e O (HE *et al.*, 2020). Picos quase imperceptíveis aparecem indicando os elementos cálcio (Ca) e flúor (F); entretanto, esses elementos não deveriam estar presentes. Na Figura 3, as varreduras dos espectros de XPS mostram claramente dois picos principais para a CBA P3 em 285,08 eV e 531,08 eV que correspondem às adsorções C 1s e O 1s, respectivamente. Além disso, três novos picos estão presentes, um novo pico em 399,08 eV na região N 1s e dois picos em 102,08 eV e 153,08 eV correspondentes às energias de ligação de Si 2s e 2p, respectivamente (SHAO *et al.*, 2017). De acordo com os resultados de XPS, a

amostra CBA P9 não apresenta indícios de efetiva modificação superficial com o aminosilano, confirmando resultado de FTIR.



As misturas foram estudadas por DRX a fim de analisar as alterações causadas pela incorporação do SPG na matriz de CBA P3 e CBA P9. A CB apresentou ângulos de Bragg em $2\theta = 14,5^\circ$, $16,9^\circ$ e $22,9^\circ$ (CACICEDO *et al.*, 2020). Ligações de hidrogênio mais fracas podem resultar em mudança de cristalinidade da estrutura de rede da CB (CACICEDO *et al.*, 2020). Entretanto, mudanças pouco significativas podem ser visualizadas (Figura 4A - espectros a e b), o que não corrobora com os resultados obtidos por Hamedi; Shojaosadati (2021) em que constataram que a intensidade dos picos característicos da CB diminuiu e o pico em $17,2^\circ$ (em 2θ) praticamente desapareceu, indicando diminuição da cristalinidade da CB após a amino-funcionalização e adição de SPG. Os resultados indicaram a não bem-sucedida incorporação do SPG dentro da rede de CBA P3. Na Figura 4B alterações nos espectros dos biocompósitos pela incorporação do SPG (espectro b) na matriz de CBA P9 podem ser visualizadas. Picos largos em torno de 28° (2θ) aparecem para o biocompósito, o que pode ser um indicativo da presença de SPG.

Figura 4 - Difratoogramas de raios de X: A) CB (a), CBA-SPG-VA (1) (b), SPG (c); B) CB (a), CBA-SPG-VA (2) (b), SPG (c).



3.2 ANÁLISE MORFOLÓGICA POR MEV

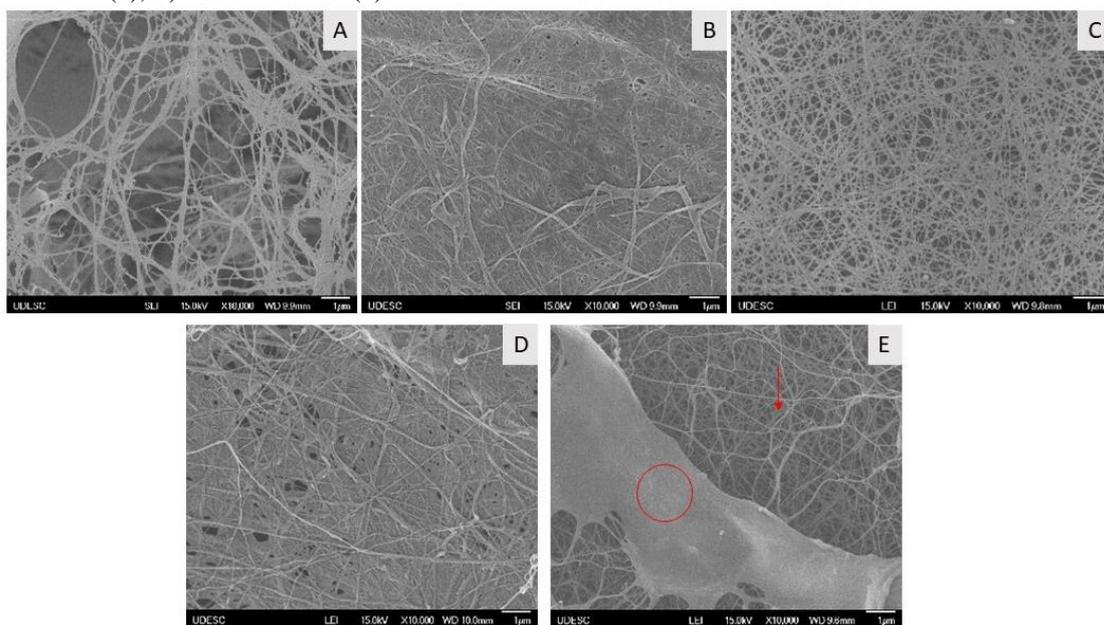
As morfologias de superfície das membranas de CB, CBA P3, CBA P9 e dos biocompósitos estão apresentadas na Figura 5 e auxiliam na identificação de mudanças na estrutura e porosidade das membranas, assim como, na identificação da presença do SPG na estrutura de CBA. Na Figura 5A a CB apresenta uma estrutura de rede tridimensional (3D) bem organizada e uma morfologia porosa com uma rede de microfibrilas espaçadas características da CB liofilizada (KIM *et al.*, 2011; CACICEDO *et al.*, 2020). A CBA P3 (Figura 5B) em comparação com a CB revelou que a modificação com aminosilano acarretou em diminuição na abertura entre as fibrilas, ou seja, um menor espaçamento entre elas. Isso também foi observado por Fernandes *et al.* (2013) em que as membranas de CB-NH₂ mostraram uma estrutura de rede 3D típica da CB; porém, as nanofibrilas apresentaram-se mais espessas decorrente da cobertura com uma estrutura de silano 3D em que os autores associaram a formação de pontes Si-O-Si. Shao *et al.* (2017) também observaram uma morfologia espessa e densa devido à cobertura com grupos aminoalquilsilano na superfície da membrana de CB amino-

funcionalizada com APTES. A amostra CBA P9 (Figura 5C) apresentou um perfil de fibrilas mais homogêneo quando comparada a CB, porém sem o espessamento visto na Figura 5B.

A adição da solução aquosa de SPG (1% m/v) não parece ter produzido mudanças significativas na rede polimérica da CBA P3, porém para a CBA-SPG-VA (1), existe uma tendência de incremento na porosidade. Este fato foi também percebido por análise visual, indicando que a reticulação química com vanilina contribuiu para a recuperação da amostra. A presença do SPG não fica clara.

A Figura 5E mostra que o SPG parece recobrir a superfície da CBA P9, observa-se claramente a presença de duas fases: a fase da CBA P9 (seta em vermelho) e a fase do SPG evidenciada pela parte lisa (círculo em vermelho). Em outro estudo, Hamedi *et al.* (2020) observaram que após a imersão da CB em solução de SPG (1% m/v) a morfologia de superfície da CB mudou, o espaço entre as fibrilas foi preenchido e a rede de fibrilas foi totalmente coberta com o SPG, sendo a estrutura significativamente alterada pelo acúmulo de SPG. Já neste trabalho, não se observou esta tendência de preenchimento, o que pode ser influenciada pela quantidade de SPG utilizada. A morfologia de CB-SPG deve ser investigada ainda.

Figura 5 – Micrografias de MEV de superfície de CB e CBA com aumento de 10.000x: A) CB, B) CBA P3, C) CBA P9, D) CBA-SPG-VA (1), E) CBA-SPG-VA (2).



3.3 ANÁLISE TÉRMICA POR TGA

O estudo de degradação térmica das membranas de CB, CBA P3, CBA P9 e suas respectivas misturas foi conduzido para melhor entendimento da estabilidade térmica e perfil de degradação das membranas funcionalizadas com aminosilano e incorporação do SPG, bem como um indicativo de efetiva modificação pelo percentual de resíduo resultante ao final da curva TG.

Geralmente a CB apresenta dois eventos significativos de perda de massa. O primeiro evento ocorre entre 25 °C até 150-200 °C relacionado principalmente a evaporação de água; o segundo evento com maior perda de massa é observado em torno de 330 °C (BARUD *et al.*, 2011; CACICEDO *et al.*, 2020).

Uma queda brusca de massa próximo de 334 °C (T_{onset}) é observada para a CB com perda de massa em torno de 86%, esse evento de perda de massa é descrito na literatura como sendo a degradação da celulose, caracterizada pela despolimerização e decomposição de unidades glicosídicas (VASCONCELOS *et al.*, 2020). Neste segundo evento, para todas as membranas ocorreu a maior perda de massa (%), esta queda em termos de massa inicia-se em 295 °C para a CBA P3 e em 329 °C para a CBA P9 (Tabela 2). A diminuição da temperatura de início de degradação para a membrana CBA P3 é um indicativo de perda em estabilidade térmica que quando comparada a CB é de aproximadamente 12%. Este valor de temperatura de início de degradação encontrado para todas as membranas, possibilitam aplicações em que a CB necessite passar pelo processo de esterilização em autoclave em condições de 1 atm a 121 °C. As temperaturas máximas de degradação (T_{max}) para a CB, CBA P3 e CBA P9 ocorreram em 362 °C, 350 °C e 359 °C, respectivamente.

O resíduo ao final da curva TG em 1000 °C para a CB é de 1,6% e correspondente à oxidação e decomposição do resíduo carbonizado e formação de produtos gasosos de baixa massa molecular (VASCONCELOS *et al.*, 2020). O percentual de resíduo da membrana CBA P3 em comparação a CB aumentou em aproximadamente 92% e pode ser um indicativo da bem-sucedida funcionalização da membrana de CB com aminosilano pela presença de material inorgânico de SiO₂ (FERNANDES *et al.*, 2013). Para a CB P9, o percentual de resíduo praticamente nulo pode estar associado a não funcionalização da membrana, confirmando os resultados obtidos por FTIR e XPS. Frone *et al.* (2020) encontraram valores de resíduo (até 700 °C) para a CB e CB amino-funcionalizada de 4% e 12,5%, respectivamente.

A estabilidade térmica e o perfil de decomposição dos biocompósitos em comparação aos biopolímeros puros foram avaliados também por termogravimetria. O início da principal perda de massa ocorreu em temperaturas mais baixas para os biocompósitos em comparação a CB. O percentual de resíduo inorgânico para os biocompósitos aumentou em comparação a CB.

Tabela 2 – Principais dados obtidos das curvas TG da CB, CB amino-modificadas e biocompósitos.

Amostras	Dados da curva TG			
	T _{onset} °C	T _{max} °C	Perda de massa %	Resíduo em 1000 °C %
BC	333,99	361,82	86,46	1,60
CBA P3	295,06	350,20	48,37	19,41
CBA P9	328,62	359,22	81,41	0,41
CBA-SPG-VA (1)	334,11	360,09	84,87	4,68
CBA-SPG-VA (2)	330,27	353,83	79,43	3,72
CB-SPG	322,30	355,88	77,57	2,07

4 CONCLUSÕES

Membranas de CB amino-funcionalizadas foram obtidas usando em maior concentração água destilada sem ajuste de pH. Observou-se que mudanças na lavagem das membranas influenciaram o resultado final em termos de modificação. Perdas na porosidade foram observadas nas micrografias de MEV o que pode influenciar na molhabilidade das membranas. A modificação com aminosilano parece propiciar maior homogeneidade em relação ao tamanho de poros. Diante dos resultados, fica evidente que ocorreram mudanças na amostra amino-funcionalizada (CBA P3) com a introdução da vanilina (V). A membrana apresentou aspecto esponjoso e aparentemente um retorno a porosidade mais próxima da CB. Testes mecânicos podem ser interessantes para comprovar questão de resistência incrementada sugerida pela análise visual decorrentes da reticulação. Na metodologia 2 fica clara a presença do SPG na estrutura da CBA P9, mesmo não sendo amino-funcionalizada. Portanto, a metodologia 2 foi testada no desenvolvimento de CB-SPG e a incorporação do SPG ainda deve ser melhor investigada. As metodologias testadas são complementares e podem ser unidas para obtenção de melhores resultados.

AGRADECIMENTOS

Um dos autores (Ketlin C. B. Mancinelli) agradece a bolsa oferecida pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES). Os autores também agradecem o apoio financeiro do Fundo de Amparo à Pesquisa da Univille (FAP/Univille), a realização das análises de XPS, DRX e MEV pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e ao fornecimento do SPG comercial pela empresa Contipro e MCassab.

REFERÊNCIAS

- Aduba jr, donald c.; yang, hu. Polysaccharide fabrication platforms and biocompatibility assessment as candidate wound dressing materials. *Bioengineering*, v. 4, n. 1, 2017.
- Barud, hernane s. *Et al.* Bacterial cellulose/poly(3-hydroxybutyrate) composite membranes. *Carbohydrate polymers*, v. 83, n. 3, p. 1279–1284, 2011.
- Barud, h. G. De oliveira *et al.* A multipurpose natural and renewable polymer in medical applications: bacterial cellulose. *Carbohydrate polymers*, n. 153, p. 406–420, 2016.
- Cacicedo, maximiliano l. *Et al.* Chitosan-bacterial cellulose patch of ciprofloxacin for wound dressing: preparation and characterization studies. *International journal of biological macromolecules*, v. 147, p. 1136–1145, 2020.
- Cacicedo, maximiliano l. *Et al.* Progress in bacterial cellulose matrices for biotechnological applications. *Bioresource technology*, v. 213, p. 172–180, 2016.
- Carvalho, layde t. *Et al.* Recent advances in the production of biomedical systems based on polyhydroxyalkanoates and exopolysaccharides. *International journal of biological macromolecules*, n. 183, p. 1514–1539, 2021.
- Ciecholewska-juško, daria *et al.* Superabsorbent crosslinked bacterial cellulose biomaterials for chronic wound dressings. *Carbohydrate polymers*, v. 253, 2021.
- Contipro, 2022. Schizophyllan beauty from mushrooms – disponível em: <<https://www.contipro.com/images/productlists/schizophyllan.pdf>>. Acesso em: 14, junho, 2022.
- Cox, harrison j. *Et al.* Bioinspired and eco-friendly high efficacy cinnamaldehyde antibacterial surfaces. *Journal of materials chemistry b*, v. 9, n. 12, p. 2918–2930, 2021.
- Czaja, wojciech *et al.* Microbial cellulose - the natural power to heal wounds. *Biomaterials*, v. 27, p. 145–151, 2006.
- Du, bin *et al.* Anti-inflammatory activity of polysaccharide from *schizophyllum commune* as affected by ultrasonication. *International journal of biological macromolecules*, v. 91, p. 100–105, 2016.
- Fernandes, susana c. M. *Et al.* Bioinspired antimicrobial and biocompatible bacterial cellulose membranes obtained by surface functionalization with aminoalkyl groups. *Acs applied materials and interfaces*, v. 5, n. 8, p. 3290–3297, 2013.
- Fischer, michele roberta *et al.* Biossíntese e caracterização de nanocelulose bacteriana para engenharia de tecidos. *Revista matéria*, v. 22, 2017.
- Frone, adriana nicoleta *et al.* Bacterial cellulose sponges obtained with green cross-linkers for tissue engineering. *Materials science and engineering c*, v. 110, 2020.
- Gadkari, rahul rajkumar *et al.* Green synthesis of chitosan-cinnamaldehyde cross-linked nanoparticles: characterization and antibacterial activity. *Carbohydrate polymers*, v. 226, 2019.

Gao, hongfang; yang, hui. Characteristics of poly(vinyl alcohol) films crosslinked by cinnamaldehyde with improved transparency and water resistance. *Journal of applied polymer science*, v. 134, n. 38, 2017.

Gea, saharman *et al.* Investigation into the structural, morphological, mechanical and thermal behaviour of bacterial cellulose after a two-step purification process. *Bioresource technology*, v. 102, n. 19, p. 9105–9110, 2011.

Hamedi, sepideh *et al.* A novel double-network antibacterial hydrogel based on aminated bacterial cellulose and schizophyllan. *Carbohydrate polymers*, v. 229, 2020.

Hamedi, sepideh; shojaosadati, seyed abbas. Preparation of antibacterial zno np-containing schizophyllan/bacterial cellulose nanocomposite for wound dressing. *Cellulose*, v. 28, n. 14, p. 9269–9282, 2021.

He, wei *et al.* Preparation of aminoalkyl-grafted bacterial cellulose membranes with improved antimicrobial properties for biomedical applications. *Journal of biomedical materials research - part a*, v. 108, n. 5, p. 1086–1098, 2020.

Hestrin s; schramm m. Synthesis of cellulose by acetobacter xylinum 2. Preparation of freeze-dried cells capable of polymerizing glucose to cellulose*. *Biochemical journal*, v. 58, n. 2, p. 345–352, 1954.

Kim, jaehwan *et al.* Preparation and characterization of a bacterial cellulose/chitosan composite for potential biomedical application. *Journal of polymer research*, v. 18, n. 4, p. 739–744, 2011.

Lin, wen chun *et al.* Bacterial cellulose and bacterial cellulose-chitosan membranes for wound dressing applications. *Carbohydrate polymers*, v. 94, n. 1, p. 603–611, 2013.

Lin, shin ping *et al.* Novel dextran modified bacterial cellulose hydrogel accelerating cutaneous wound healing. *Cellulose*, v. 24, n. 11, p. 4927–4937, 2017.

Liyaskina, e. V. *Et al.* Bacterial cellulose/alginate nanocomposite for antimicrobial wound dressing. In the 2nd international symposium on physics, engineering and technologies for biomedicine, knee energy & physics, p. 202–211, 2018.

Maneerung, thawatchai; tokura, seiichi; rujiravanit, ratana. Impregnation of silver nanoparticles into bacterial cellulose for antimicrobial wound dressing. *Carbohydrate polymers*, v. 72, n. 1, p. 43–51, 2008.

Meftahi, a. *Et al.* Preventing the collapse of 3d bacterial cellulose network via citric acid. *Journal of nanostructure in chemistry*, v. 8, n. 3, p. 311–320, 2018.

Moharram, m. A.; mahmoud, osama m. Ftir spectroscopic study of the effect of microwave heating on the transformation of cellulose i into cellulose ii during mercerization. *Journal of applied polymer science*, v. 107, n. 1, p. 30–36, 2008.

Muthuramalingam, karthika *et al.* B-glucan-based wet dressing for cutaneous wound healing. *Advances in wound care*, v. 8, n. 4, p. 125–135, 2019.

Peng, hailong *et al.* Vanillin cross-linked chitosan microspheres for controlled release of resveratrol. *Food chemistry*, v. 121, n. 1, p. 23–28, 2010.

Portela, raquel *et al.* Bacterial cellulose: a versatile biopolymer for wound dressing applications. *Microbial biotechnology*, v. 12, p. 586–610, 2019.

Rau, udo *et al.* Enhanced glucan formation of filamentous fungi by effective mixing, oxygen limitation and fed-batch processing. *Journal of industrial microbiology*, n. 9, p. 19-26, 1992.

Ross, p.; mayer, r.; benziman, m. Cellulose biosynthesis and function in bacteria. *Microbiological reviews*, v. 55, n. 1, p. 35-58, 1991.

Safae-ardakani, mohammad reza *et al.* Electrospun schizophyllan/polyvinyl alcohol blend nanofibrous scaffold as potential wound healing. *International journal of biological macromolecules*, v. 127, p. 27–38, 2019a.

Safae-ardakani, mohammad reza *et al.* In situ preparation of pva/schizophyllan-agnps nanofiber as potential of wound healing: characterization and cytotoxicity. *Fibers and polymers*, v. 20, n. 12, p. 2493-2502, 2019b.

Safae-ardakani, mohammad reza *et al.* In vivo study of beta-glucan-based biogenic synthesis of silver nanocomposite using schizophyllum commune for wound dressings in a rat burn model. *Advances in natural sciences: nanoscience and nanotechnology*, v. 13, 2022.

Saini, seema; belgacem, mohamed naceur; bras, julien. Effect of variable aminoalkyl chains on chemical grafting of cellulose nanofiber and their antimicrobial activity. *Materials science and engineering c*, v. 75, p. 760–768, 2017.

Seo, gayoung *et al.* The wound healing effect of four types of beta-glucan. *Applied biological chemistry*, v. 62, n. 20, 2019.

Shao, wei *et al.* Novel bioactive surface functionalization of bacterial cellulose membrane. *Carbohydrate polymers*, v. 178, p. 270–276, 2017.

Sulaeva, irina *et al.* Bacterial cellulose as a material for wound treatment: properties and modifications: a review. *Biotechnology advances*, v. 33, p. 1547–1571, 2015.

Tomadoni, b. *Et al.* Vanillin as a natural cross-linking agent in chitosan-based films: optimizing formulation by response surface methodology. *Polymer testing*, v. 78, 2019.

Torres, f. G.; arroyo, j. J.; troncoso, o. P. Bacterial cellulose nanocomposites: an all-nano type of material. *Materials science & engineering c*, v. 98, p. 1277–1293, 2019.

Vasconcelos, niédja fittipaldi *et al.* Oxidized bacterial cellulose membrane as support for enzyme immobilization: properties and morphological features. *Cellulose*, v. 27, n. 6, p. 3055–3083, 2020.

Wahid, fazli *et al.* Bacterial cellulose and its potential for biomedical applications. *Biotechnology advances*, v. 53, 2021.

Wang, shan-shan *et al.* Insights into bacterial cellulose biosynthesis from different carbon sources and the associated biochemical transformation pathways in *komagataeibacter* sp. W1. *Polymers*, v. 10, n. 9, 2018.

Xu, chuanhui *et al.* Self-healing chitosan/vanillin hydrogels based on schiff-base bond/hydrogen bond hybrid linkages. *Polymer testing*, v. 66, p. 155–163, 2018.

Zhang, yifeng *et al.* Schizophyllan: a review on its structure, properties, bioactivities and recent developments. *Bioactive carbohydrates and dietary fibre i*, p. 53–71, 2013.

Zhang, zhi hong *et al.* Enhancing mechanical properties of chitosan films via modification with vanillin. *International journal of biological macromolecules*, v. 81, p. 638–643, 2015.

Zhong, kui *et al.* Molecular weight degradation and rheological properties of schizophyllan under ultrasonic treatment. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 23, p. 75–80, 2015.

Zou, qin; li, junfeng; li, yubao. Preparation and characterization of vanillin-crosslinked chitosan therapeutic bioactive microcarriers. *International journal of biological macromolecules*, v. 79, p. 736–747, 2015.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-021>

Wilker José Caminha dos Santos

Especialista em Engenharia de Sistemas
Instituição: Universidade do Estado do Pará
E-mail: wilkercaminha@uepa.br

Marcus Rhuan Caminha dos Santos

Bacharelado em Enfermagem
Instituição: Faculdade de Ensino Superior da Amazonia Reunida
E-mail: marcusrhuan2013@hotmail.com

Jackson de Sousa

Magistrado Federal
Especialista em Direito Tributário, Gestão, Legislação e Direito Internacional
Instituição: Faculdade do Cerrado Piauiense
E-mail: jacksontelles@gmail.com

RESUMO

Este trabalho discute o uso da Inteligência Artificial e do Aprendizado de Máquina no campo do Direito,

analisando as principais aplicações e benefícios dessas tecnologias para os profissionais da área jurídica. O trabalho também aborda questões éticas e legais relacionadas ao uso de AI no Direito, bem como as perspectivas futuras dessa abordagem tecnológica no campo. Além disso, explica o aprendizado por reforço, que é uma abordagem de aprendizado de máquina em que um agente interage com um ambiente e aprende a realizar ações que maximizam uma recompensa. Também apresenta dados sobre o nível de conformidade de diferentes áreas do direito, como Direito Penal, Direito Tributário, Direito Trabalhista, Direito Contratual, Direito Ambiental, Direito Empresarial e Direito do Consumidor. De acordo com os dados apresentados, a maioria dessas áreas tem uma alta taxa de conformidade, variando de 98% a 100%.

Palavras-chave: Inteligência artificial, Direito, Aprendizagem de máquina, Reforço.

1 INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial é uma das tecnologias mais relevantes e promissoras da atualidade. Sua utilização vem se expandindo em diversas áreas, proporcionando inúmeras possibilidades para aprimorar processos e sistemas. Uma das vertentes da IA é a aprendizagem de máquina, que consiste em permitir que os sistemas aprendam e evoluam a partir de dados, sem precisar serem explicitamente programados para isso (Li, 2021). Na área do Direito, a utilização da sistemas inteligentes e da aprendizagem de máquina tem se mostrado cada vez mais relevante. Isso porque, por meio dessas tecnologias, é possível obter uma análise mais precisa e eficiente de grandes volumes de dados jurídicos, além de automatizar tarefas repetitivas e burocráticas. Isso proporciona aos profissionais do Direito um aumento na produtividade e uma melhor compreensão dos casos em questão (ARAÚJO, 2021).

Este trabalho tem como objetivo explorar a utilização da IA e da aprendizagem de máquina na área do Direito, analisando as principais aplicações e benefícios dessas tecnologias para os profissionais do ramo. Além disso, serão abordadas as principais questões éticas e legais relacionadas ao uso da IA no Direito, bem como as perspectivas futuras dessa vertente tecnológica na área. (LIU E SINGH, 2021).

A aplicação dessas tecnologias no Direito pode trazer diversos benefícios, como a análise de documentos jurídicos, a tomada de decisão em processos judiciais e a identificação de padrões e tendências em jurisprudências. No entanto, a utilização da IA no ambiente jurídico também traz consigo questões éticas e legais que precisam ser discutidas.

A utilização da IA e da aprendizagem de máquina no Direito tem se mostrado uma importante ferramenta para a análise de documentos jurídicos, tomada de decisões em processos judiciais, identificação de padrões e tendências em jurisprudências, entre outras aplicações. Nesse contexto, o estudo pode contribuir para a otimização do trabalho dos profissionais da área jurídica, aumentando a eficiência e a efetividade do sistema judiciário. Além disso, a análise das implicações éticas e legais da utilização da tecnologia no ambiente jurídico é fundamental para garantir a sua aplicação de forma responsável e justa. Assim, este estudo buscou realizar uma revisão bibliográfica e teste prático sobre a aplicação ChatGpt e da aprendizagem de máquina aplicada ao Direito, espera-se que este estudo possa contribuir para a compreensão da relevância da utilização da inteligência artificial na área do Direito e para o debate em torno das questões éticas e legais relacionadas a essas tecnologias (ASHLEY, 2020).

2 METODOLOGIA

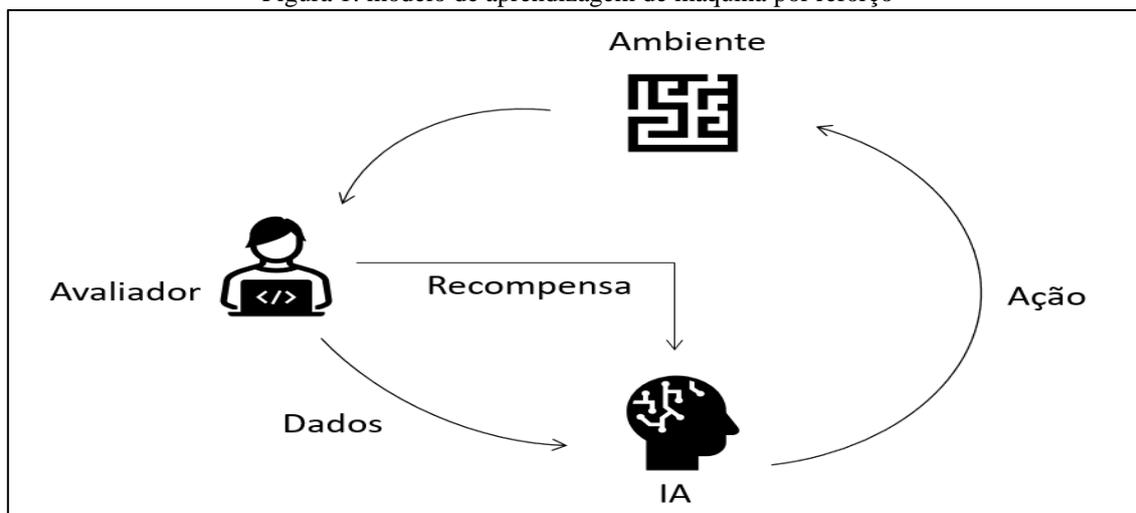
A aprendizagem por reforço é uma das abordagens de aprendizado de máquina em que um agente interage com um ambiente e aprende a executar ações que maximizam uma recompensa. Essa abordagem é semelhante à forma como os seres humanos aprendem através de tentativa e erro, recebendo feedback sobre o sucesso ou fracasso de suas ações. A metodologia de aprendizagem por reforço começa com a definição de um ambiente, que é um conjunto de estados possíveis e recompensas associadas a cada estado. O agente, que é o sistema de aprendizado, recebe um estado do ambiente e toma uma ação, que é enviada de volta para o ambiente. O ambiente responde com uma nova observação de estado e uma recompensa associada a essa ação. (ZHANG,2021)

O objetivo do agente é maximizar a recompensa total ao longo do tempo. O agente aprende a escolher a melhor ação em um determinado estado para maximizar a recompensa, usando uma função de valor que estima a recompensa total esperada para um determinado estado e ação. (SUTTON, 2018) A aprendizagem por reforço requer que o agente explore o ambiente para aprender novas estratégias e que ele aproveite as ações que levaram a altas recompensas no passado. Isso pode ser realizado por meio de diferentes algoritmos de aprendizagem por reforço, como Monte Carlo, *Q-learning* e *Policy Gradient*, cada um com suas próprias vantagens e limitações. A aprendizagem por reforço tem sido amplamente utilizada em muitas áreas, incluindo jogos, robótica, finanças e engenharia, entre outras.

A abordagem é particularmente útil quando é difícil modelar completamente um ambiente e quando a solução requer uma estratégia adaptativa em tempo real. (LIU, 2021).

O algoritmo de inteligência artificial, pode ser treinado para atuar na área da legislação de várias maneiras. Uma das principais aplicações na legislação é a análise de textos legais, incluindo contratos, leis e regulamentos. pode ser treinada para identificar palavras-chave, temas e padrões em textos legais, o que pode ajudar a automatizar a revisão de documentos e a extração de informações importantes. Além disso, também pode ser treinada para realizar tarefas específicas na área da legislação, como a análise de riscos legais, a previsão de resultados de casos judiciais e a identificação de precedentes legais relevantes. Para treinar um modelo nessas tarefas, é necessário fornecer um grande volume de dados relevantes e rotulados, juntamente com algoritmos de aprendizado de máquina adequados. Outra forma de treinar um modelo na área da legislação é por meio da simulação de cenários legais e do feedback de especialistas em direito. Por exemplo, um modelo de IA pode ser treinado para tomar decisões em situações hipotéticas e receber feedback sobre a qualidade de suas decisões de especialistas em direito conforme apresenta a figura 1.

Figura 1: modelo de aprendizagem de máquina por reforço



Fonte: Autores 2023.

É importante notar que na área da legislação ainda enfrenta muitos desafios, incluindo a necessidade de lidar com ambiguidade, subjetividade e mudanças constantes no direito. No entanto, com o avanço contínuo da tecnologia e a colaboração entre especialistas em direito e cientistas da computação, a abordagem tem o potencial de revolucionar a forma como a legislação é interpretada e aplicada. (MNIH, 2015).

O problema de pesquisa a ser abordado é a análise da legislação vigente em relação à utilização de inteligência artificial em áreas específicas. Com base nesse aspecto, foi realizada uma revisão da literatura existente sobre as leis que envolvem o uso da inteligência artificial em áreas específicas e

suas implicações. Nesta etapa, aprofundar-se-á sobre as possibilidades e limites da utilização de chat GPT e como esta tecnologia vem sendo testada. Dessa forma foi iniciado o processo de Definição das áreas específicas, a qual a tecnologia seria testada, e que estão sujeitas à legislação vigente, seguido da coleta de dados, que ocasionou em coletar dados sobre a legislação vigente em cada uma dessas áreas específicas e compará-las, identificando semelhanças, diferenças, lacunas, coerência e veracidade. Ainda convém lembrar que foram observadas as implicações das leis em relação ao uso da inteligência artificial em áreas específicas, incluindo seus impactos em questões éticas, sociais e econômicas. Por fim analisar os resultados, compará-los com buscando estabelecer possíveis pontos de convergência ou divergência. (SHUSTER, 2021).

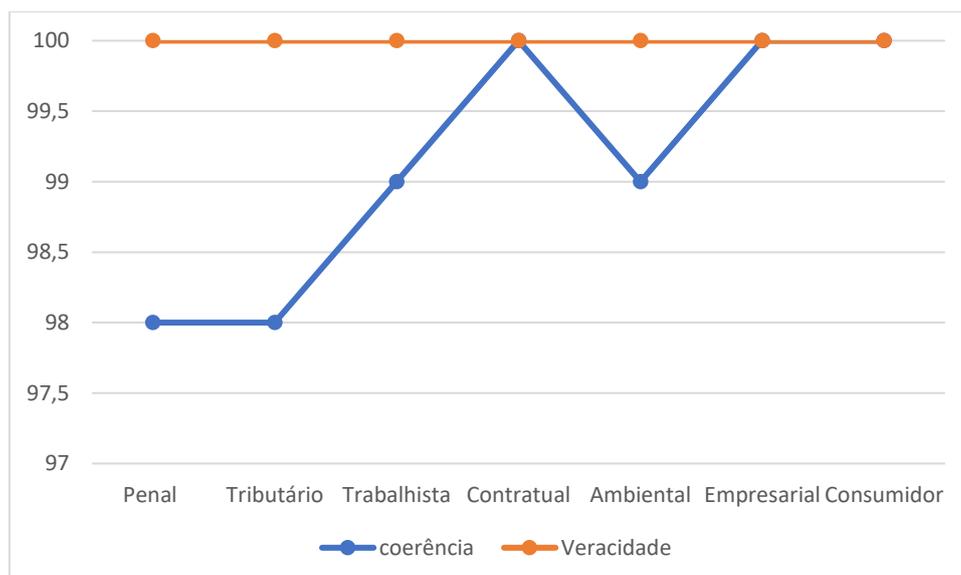
3 RESULTADOS

Ao final de cada ciclo uma média foi gerada com os percentuais de coerência e veracidade dessa forma, os dados retornados correspondem a percentuais de conformidade com as leis em diversas áreas do direito. No que se refere à categoria jurídica, os valores indicam o nível de cumprimento das normas em cada uma das áreas mencionadas.

Foram realizadas análises minuciosas em relação às áreas Penal, Tributária, Trabalhista, Contratual, Ambiental, Empresarial e Consumidor, que permitiram chegar a esses resultados. Os percentuais apresentados têm caráter descritivo, ou seja, buscam resumir a realidade que o modelo tange na classificação e identificação dos pagamentos das leis em cada área do direito.

Dessa forma, temos que as áreas Penal e Tributária apresentam um nível de cumprimento de 98%, enquanto as áreas Trabalhista, Ambiental, Empresarial e Consumidor apresentam um nível de cumprimento de 99% ou superior. Já a área Contratual apresenta um nível de cumprimento de 100%, o que sugere que o modelo cumpre satisfatoriamente a aprendizagem conforme a figura 2.

Figura 2: Percentual de coerência e veracidade dos dados retornados

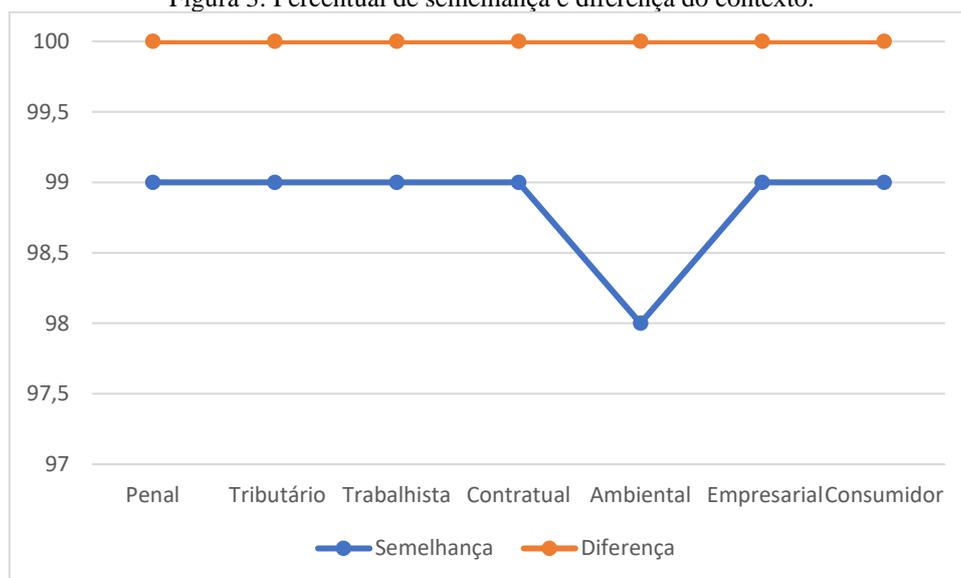


Fonte: Autores, 2023.

Na figura 3, é possível visualizar o grau de semelhança entre diferentes áreas do Direito, avaliado em uma escala que varia de 0 a 100. Analisando os dados apresentados, observa-se que as áreas do Direito Penal, Tributário, Trabalhista, Contratual e Consumidor apresentam uma semelhança extremamente elevada entre si, atingindo um valor de 99. Já a área Ambiental apresenta uma semelhança ligeiramente menor, porém ainda considerável, avaliada em 98. Por sua vez, a área Empresarial apresenta muita semelhança com as demais áreas, avaliado também em 99. Esses resultados sugerem a presença de uma significativa quantidade de conceitos, princípios e práticas compartilhadas entre essas áreas.

A segunda coluna da tabela fornece informações a respeito do grau de diferença entre as áreas do Direito, também avaliado em uma escala que varia de 0 a 100. Conforme os dados apresentados, todas as áreas do Direito exibem uma diferença bastante reduzida entre si, variando entre 1 e 2. Esse resultado sugere que, embora possam existir diferenças específicas entre as áreas, em geral, elas apresentam muitas semelhanças, conforme demonstra a figura 3.

Figura 3: Percentual de semelhança e diferença do contexto.



Fonte: Autores, 2023.

No geral, os dados indicam que a inteligência artificial em questão está cumprindo a maioria das normas jurídicas em todas as áreas mencionadas, o que é um indicativo positivo de sua conformidade legal. Esses resultados são importantes, pois demonstram o comprometimento das etapas de treinamento da máquina em se manter dentro dos padrões legais, o que pode contribuir para sua reputação e imagem perante clientes, fornecedores, funcionários e demais stakeholders. Tais informações podem ser relevantes para estudantes e profissionais do Direito, que buscam entender as relações entre as diversas áreas dessa ciência jurídica.

4 CONCLUSÃO

Com o uso da aprendizagem por reforço e algoritmos de inteligência artificial, é possível automatizar e agilizar processos na área da legislação, como a análise de textos legais e a identificação de precedentes legais relevantes. Essas tecnologias também permitem a simulação de cenários legais e o recebimento de feedback de especialistas em direito para treinar modelos de IA a tomar decisões em situações hipotéticas. A análise realizada em relação às áreas Penal, Tributária, Trabalhista, Contratual, Ambiental, Empresarial e Consumidor mostrou um alto nível de cumprimento das leis, o que pode indicar uma maior conscientização e comprometimento das empresas e organizações com as obrigações legais. Portanto, a aplicação de técnicas de inteligência artificial pode trazer benefícios significativos para a área da legislação, tornando os processos mais eficientes e contribuindo para o cumprimento das leis de forma mais efetiva. Ainda convém lembrar que embora o uso da inteligência artificial na área da legislação possa trazer muitos benefícios, há também desafios significativos a serem enfrentados. Um dos maiores desafios é garantir que os modelos de IA sejam justos e imparciais, para que as decisões tomadas por esses modelos não perpetuem ou ampliem desigualdades já existentes

na sociedade. Além disso, a interpretação de textos legais é uma tarefa complexa que requer conhecimento especializado, e a qualidade dos dados utilizados para treinar os modelos de IA também pode ser um problema.

Outro desafio é garantir que os modelos de IA estejam em conformidade com as leis e regulamentações, especialmente no que diz respeito à privacidade e proteção de dados pessoais. É importante que os dados utilizados para treinar os modelos sejam obtidos de forma ética e legal, e que os modelos sejam projetados para respeitar a privacidade dos indivíduos envolvidos. Também é importante considerar o impacto da automação na área da legislação no mercado de trabalho. À medida que mais processos são automatizados, é possível que algumas funções se tornem obsoletas, o que pode levar a mudanças significativas no emprego e na economia. Portanto, é importante desenvolver estratégias para garantir que os benefícios da automação sejam distribuídos de forma justa e equitativa.

REFERENCIAS

- Araújo, t. V., lima, p. H. R., & rocha, h. V. (2021). Artificial intelligence in legal decision-making: a systematic review of the literature. *Artificial intelligence and law*, 29(1), 1-34. <https://doi.org/10.1007/s10506-020-09287-0>
- Ashley, k. D., & arnaout, r. A. (2020). Artificial intelligence and the law: an overview. *International journal of law and information technology*, 28(2), 107-126. Doi: 10.1093/ijlit/eaz020
- Li, y., & yang, x. (2021). A comprehensive review of artificial intelligence and machine learning techniques in cybersecurity. *Ieee access*, 9, 84132-84148. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3082434>
- Liu, h., & singh, p. (2021). Artificial intelligence in law: the state of play 2020. *Artificial intelligence and law*, 29(2), 153-196. <https://doi.org/10.1007/s10506-021-09283-6>.
- Liu, j., cai, d., & wang, y. (2021). A deep learning-based method for human action recognition using wearable devices. *Ieee*. <https://doi.org/10.1109/access.2021.3075950>
- Mnih, v., kavukcuoglu, k., silver, d., rusu, a. A., veness, j., bellemare, m. G., ... & petersen, s. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, <https://doi.org/10.1038/nature14236>
- Shuster, k. Et al. Chatgpt: generating responses to open-domain questions using large-scale generative pre-trained language models. *Arxiv preprint arxiv:2101.10960*, 2021. Doi: 10.5555/3462044.3462123.
- Sutton, r. S., & barto, a. G. (2018). *Reinforcement learning: an introduction* (2nd ed.). Mit <https://doi.org/10.1007/springerbriefs.978-3-319-12643-2>
- Zhang, h., & zhang, c. (2021). A deep learning-based approach for sentiment classification using intelligent optimization techniques. *Expert systems with applications*. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114861>

“O aluno tirou sete na prova”, “o professor me deu sete na prova”: Métodos avaliativos do Brasil, ressignificando a base do processo de ensino-aprendizagem

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-022>

Micheline da Cruz Costa Sena

Possui Graduação em PSICOLOGIA pela UNILEÃO (2020) e Graduação em ENFERMAGEM pela Universidade de Fortaleza (2007). Especialização em Docência do Ensino Superior pela UNILEÃO (2022), Pós-graduação em Psicologia Perinatal e da Parentalidade e Formação em Gestalt-Terapia. Concluiu a Especialização em Enfermagem do Trabalho pela UECE (2009). Trabalha como Psicóloga Clínica na cidade do Juazeiro do Norte. Trabalhou como Enfermeira do setor de Aférese no Centro de Hematologia e Hemoterapia do Ceará entre 2008 e 2012.

Cecília Bezerra Leite

Graduei-me com requintes de força, persistência, resiliência e, por ter sido impregnada de sentidos, tornei-me Educadora e Assistente Social. Hoje sou discente bolsista do Programa de Mestrado em Ensino em Saúde do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio MePESa (UNILEÃO), pesquisadora CNPq do grupo de estudo Ensino de Ciências e Biologia da Universidade Regional do Cariri (URCA) dialogando com o tema Currículo e Formação de Professores. Atualmente laboro como Docente do Ensino Superior do Curso de Bacharelado em Serviço Social e coordeno um dos Núcleos de Ciências Humanas da Pós-Graduação da UNILEÃO. Sou Especialista em Docência do Ensino Superior pela UNILEÃO e, em Língua Portuguesa e Arte e Educação pela URCA. Graduada em Serviço Social pela UNILEÃO e, em Letras pela Autarquia Educacional de Serra Talhada (FAFOPST), possui experiência na área de Serviço Social, atuando com os temas: Fundamentos Histórico do Serviço Social, Políticas Públicas, Criança e Adolescente, Idoso, Estágio Supervisionado, Serviço Social e Educação, Violência Doméstica, Metodologia do Trabalho Científico e Trabalho de Conclusão de Curso. Na área de Letras, atuo com os temas: Educação, Prática Docente, Currículo, Leitura e Interpretação de Textos, Redação Científica, Metodologia do Trabalho Científico e Trabalho de Conclusão de Curso.
E-mail: ceciliabezerraleite@gmail.com

Francisco Renato Silva Ferreira

Mestrando do Programa de Mestrado Profissional de Ensino em Saúde do Centro Universitário Dr. Leão Sampaio (MePESa/UNILEÃO). Especialista em Educação Especial e Treinamento Desportivo pela Faculdade Dom Alberto (DOMALBERTO). Especialista em Docência do Ensino Superior pela Faculdades Integrada de Patos (FIP). Especialista em Educação Especial/ Educação Inclusiva/ Altas Habilidades pela

Faculdade de Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Especialista em Personal Trainer e Educação Física Escolar pela Faculdade de Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Especialista em Gestão Escolar pela Faculdade de Venda Nova do Imigrante (FAVENI). Especialista em Psicopedagogia Institucional e Clínica pelo Centro Universitário Faveni (UNIFAVENI). Graduação-Bacharelado em Educação Física pelo Centro de Ensino Superior de Piracanjuba EIRELI (FACULDADE DE PIRACANJUBA -FAP). Graduação-Licenciatura em Educação Física pelo Centro Universitário Doutor Leão Sampaio (UNILEÃO). Graduação-Licenciatura em Pedagogia pelo Centro Universitário Faveni (UNIFAVENI). Atualmente é Diretor Administrativo da Rede Municipal de Educação de Juazeiro do Norte - CE (SEDUC/JN). Experiência profissional com formação e capacitação na área de Educação Adaptada e Inclusiva, com ênfase em Atividades Adaptadas através da integração de grupos especiais de Pessoas com Deficiência. Conselheiro no Conselho Municipal de Educação de Juazeiro do Norte (CME/JN). Pesquisador do Laboratório Interdisciplinar de Estudos e Extensão da Educação Inclusiva e Violência (LIEVI/UNILEÃO). Pesquisador-voluntário do Grupo de Pesquisa sobre Contemporaneidade, Subjetividade e Novas Epistemologias (G-PENSE/UPE).
E-mail: norf20@hotmail.com

Cícera Simone Ferreira Silva

MBA em Docência e Metodologia do Ensino Superior pelo Instituto Dom José de Educação e Cultura – (IDJ). Especialista em Gestão Escolar pela Faculdade de Juazeiro do Norte – (FJN). Graduada em Licenciatura em Pedagogia pela URCA. Graduada em Licenciatura em Letras pela UNIFAVENI. Atualmente está Coordenadora Pedagógica da Rede Municipal de Educação de Juazeiro do Norte - CE (SEDUC/JN).
E-mail: cicera.simone@seduc.juazeiro.ce.gov.br

Cícera Angélica Ferreira Silva

Especialista em Educação Infantil e Ensino fundamental pela Faculdade de Juazeiro do Norte (FJN). Graduada em Licenciatura em Letras pela URCA.
E-mail: angelifs1924@gmail.com

Maria Arnalda Lima Belo Silva

Mestra em Educação pelo Centro Universitário Eaprenda Elearning. Especialista em Metodologia do Ensino Fundamental e Médio pela Universidade Vale do Acaraú – (UVA). Especialista em Gestão Escolar pelo Instituto Souza – (SOUZA). Professora efetiva na Secretaria Municipal de Educação de Juazeiro do Norte – (SEDUC/JN).

E-mail: maria.arnalda@seduc.juazeiro.ce.gov.br

Yohana Alencar Oyátòsín

Yohana Maria Monteiro A.de Alencar, mais conhecida nos movimentos feministas e religiosos como Yohana Alencar Oyátòsín. É mulher negra e religiosa de Ifá. Advogada OAB/CE nº 39.296. Assessoria e Consultoria: Alencar & Nascimento Advocacia. Mestra em Ensino em Saúde pelo Centro Universitário Doutor Leão Sampaio (UNILEÃO). Integrante da Comissão de Promoção da Igualdade Racial OAB/CE. integrante da Comissão de Promoção da Igualdade Racial OAB/JN. Bacharel em Direito pela Faculdade Paraíso do Ceará (FAP). Licenciada em Pedagogia pela União Brasileira de Faculdades -Unibf. Produtora e Diretora do Documentário Saber-se Negra (https://www.youtube.com/watch?v=feZF4xrJtyU).

Autora do livro: Saber-se Negra: Identidade e Formação Profissional

(https://www.pimentacultural.com/livro/saber-se-negra). Integrante do Grupo de Pesquisa Oju Obinrin Observatório de Mulheres Negras - UESB. Professora-Pesquisadora do grupo LIEVI (Laboratório Interdisciplinar de Estudos e Extensão em Educação Inclusiva e Violência) pelo Centro Universitário Dr. Leão Sampaio (UNILEÃO). Integrante da Rede de Valorização Negra do Cariri- GRUNEC. Ênfase em pesquisas sobre: direitos humanos e sociais, políticas públicas, educação, gênero, movimentos LGBTQIA+, feminismo negro e cultura afro.

E-mail: yohanaalencar.adv@gmail.com

RESUMO

A avaliação que ao invés de ser um instrumento com o potencial de evidenciar como se deu o processo de ensino-aprendizagem, na verdade serve

apenas de caráter punitivo e classificatório dos alunos. Diante disso, esta discussão tem como objetivo é o de realizar uma análise sobre a qualidade do processo de ensino aprendizagem por meio dos métodos avaliativos nas instituições de ensino superior (IES). Para tal elencamos como objetivos específicos: discorrer sobre a qualidade da educação no ensino superior no Brasil; explanar sobre o processo avaliativo no país e discutir sobre os possíveis impactos emocionais que tais métodos avaliativos podem estar causando na relação dos discentes com o seu processo de aprendizagem e na falta de competências necessárias para a formação enquanto cidadãos. Tratou-se de um estudo descritivo com abordagem qualitativa e tendo a revisão de literatura o meio que fundamentou o percurso metodológico do presente estudo. Questionar os métodos avaliativos é uma forma de retratar a realidade da educação não só do ensino superior, mas de todo o sistema de ensino, nesse processo evidenciamos não só a relação entre aluno e professor envolvendo a atribuição de uma nota, mas os processos socioemocionais que perpassam essa relação, bem como o cotidiano da sala de aula que deveria representar a concretização de todos os esforços do sistema de educação, na verdade é um momento segregado do todo, não se vê essa articulação entre os atores da educação, da política e da comunidade.

Palavras-chave: Métodos avaliativos, Processo de ensino-aprendizagem, Competências socioemocionais, Relação pedagógica.

1 INTRODUÇÃO

É sabido que uma proposta de educação centrada numa cooperação mútua, dialética e de autonomia entre professor e aluno acaba por ser muito complexa em se tratando do método de ensino brasileiro, que nem de longe consegue preparar o aluno para a realidade da vida profissional, uma vez que desde o ensino básico o foco é o acúmulo de conhecimentos sobre as ciências e não o conhecimento de si, ou do ensino médio, no qual os alunos são preparados com um único objetivo, serem aprovados no vestibular ou no ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio).

Se avaliarmos o processo de ensino no país, percebemos que este não consegue preparar os jovens para lidar com a realidade e ter a capacidade de modificá-la, mesmo que este seja o foco principal do aprendizado. Revelando que o método de ensino é falho por ignorar a realidade de cada aluno e por padronizar e uniformizar a forma de ensinar e avaliar, no qual o sucesso ou o fracasso é tido como uma responsabilidade apenas individual.

Uma vez que, se tratando de uma comprovação de que todo o processo de ensino-aprendizagem ocorreu é a existência de uma nota final, desconsiderando o percurso, a total isenção do (a) professor (a) ou da instituição, esta nota simbólica do término, do resultado alcançado, nada diz sobre todos os âmbitos que perpassam entre aluno e professor, seja na esfera individual ou coletivamente ou entre tais autores e a instituição de ensino.

Sendo assim, a avaliação que ao invés de ser um instrumento com o potencial de evidenciar como se deu o processo de ensino-aprendizagem, na verdade tem servido apenas de caráter punitivo e classificatório dos alunos. Diante disso, esta discussão versa sobre essas questões, se os métodos avaliativos têm sido usados apenas de forma classificatória e discriminatória, qual o impacto desse uso, na qualidade do processo de ensino-aprendizagem dos alunos do ensino superior no Brasil?

Acreditamos ser relevante essa pesquisa por permitir uma reflexão sobre a qualidade do processo de ensino-aprendizagem em relação a uma busca na ampliação de uma percepção e uma compreensão para além de uma nota que classifique cada aluno e a ideia de que o seu desempenho é uma responsabilidade apenas individual, desconsiderando que somos seres sociais, que influenciados e somos influenciados pelo contexto que nos cerca, partindo da compreensão de que a educação deveria formar cidadãos não apenas técnicos, mas autônomos e responsáveis com a sociedade a qual fazem parte.

Almejamos que esta reflexão possa contribuir com as discussões e pesquisas científicas em trazer novas atualizações sobre a qualidade do ensino e de como tais discussões possam gerar novos caminhos de pesquisas e inquietações na comunidade acadêmica que não permaneçam apenas no campo teórico; e despertar novos olhares e pesquisas sobre o tema da avaliação.

Levando em consideração meu percurso educativo, houveram situações nas quais me inquietaram desde sempre nessa relação entre desempenho e nota final, muitos foram os professores, sobretudo no ensino superior que iniciaram o semestre propondo acordos de cooperação, empenho e metodologia modernas de ensino mas que no final a avaliação se resumia apenas à nota da prova, bem como a recorrência em ouvir dos alunos a frase de que tal nota era o professor que tinha lhe dado, se isentando de qualquer responsabilidade nisso.

Houveram dois casos que me marcaram bastante como motivadores em discutir tal temática, um deles de um alunos que era participativo em todas as aulas, pontual, assíduo, demonstrava ter estudado o assunto previamente pelas dúvidas e colocações que expunha em todas as aulas, era empresário o que nos fazia pensar que apesar do pouco tempo que lhe sobrava se dividindo entre a empresa e a graduação seu desempenho foi o mesmo o semestre inteiro, e na primeira prova ele tirou nove pontos, pediu a professora para arredondar sua nota para dez e ela negou, falou que aquela nota

era por que ele havia errado uma questão e que era injusto com quem acertou tudo arredondar a nota dele!

Em outro extremo tive o privilégio de cursar uma disciplina com um professor no curso de Psicologia, ele, com uma maestria e genialidades ímpares, conseguiu com que a nota fosse sim o reflexo do desempenho geral de cada aluno, para compor a nota ele avaliava pontualidade e assiduidade, lembro que saía de casa às 5h15 da manhã para conseguir um ônibus, pois em Fortaleza além do trânsito tinha o fator das lotações dos coletivos, porque eu queria estar em sala na primeira chamada para manter minha média.

As aulas era todas mediadas pelos alunos, cada dia um grupo tinha a responsabilidade de apresentar um capítulo do livro informalmente e ele ia conduzindo as discussões em sala de aula num movimento de questionar tanto os alunos quanto os autores, gerando naqueles sessenta e um alunos o pensar e criticar “as verdades” que nos são impostas, e era nítido tanto o envolvimento dos alunos nas discussões quanto o nível de criticidade e de reflexões que surgiam. E para complementar a nota, além das participações em sala, contava a nota da prova e uma autoavaliação.

Diante desses exemplos que motivaram esta pesquisa, o objetivo é o de realizar uma análise sobre a qualidade do processo de ensino aprendizagem por meio dos métodos avaliativos nas instituições de ensino superior (IES). Para tal elencamos como objetivos específicos: discorrer sobre a qualidade da educação no ensino superior no Brasil; explanar sobre o processo avaliativo no país e discutir sobre os possíveis impactos emocionais que tais métodos avaliativos podem estar causando na relação dos discentes com o seu processo de aprendizagem e na falta de competências necessárias para a formação enquanto cidadãos.

Iniciaremos com uma discussão sobre o processo de ensino-aprendizagem no Brasil, apontando a realidade de que o aluno continua sendo passivo e desqualificado durante o processo de ensino e aprendizagem; em seguida aprofundaremos o olhar sobre as práticas e objetivo dos métodos avaliativos e de como seu uso é direcionado apenas ao aluno, desconsiderando o todo num processo de ensino-aprendizagem e finalizaremos pontuando como tais realidades impactam na saúde emocional dos universitários e como a falta de capacidade dos alunos em desenvolver habilidades socioemocionais podem interferir no processo emancipatório de cada universitário.

Apresentaremos a proposta da revisão de literatura como percurso metodológico no desenvolvimento desta pesquisa e finalizamos com as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EDUCAMOS AS CRIANÇAS E ENSINAMOS AOS JOVENS, O REFLEXO DA PASSIVIDADE DO DISCENTE NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM NO BRASIL

Bem curioso refletir sobre as nomenclaturas do sistema de ensino no país, educação para as classes infantis e ensino para a educação superior, educar segundo Roman et al (2017), consiste em ensinar a pensar certo, em ter uma capacidade crítica de exercer uma transformação com base na habilidade de equilibrar diversos conhecimentos e aplicá-los à sua realidade portanto, as crianças na educação infantil já deveriam ter acesso a situações em sua vida cotidiana para desenvolver tais habilidades.

Porém costumava-se a acreditar que as crianças ainda não tinham essas habilidades superiores, como afirma Pasqualini (2010) que somente após a década de 90, passou-se a repensar a educação de crianças até os seis anos, pois até então se acreditava que o ensino não deveria ser ofertado a elas, sendo assim apesar da Educação Infantil fazer parte da Educação Básica, não havia o objetivo de ensinar as crianças só educá-las, por se acreditar que nesta fase o ensino seria apenas voltado para os aspectos cognitivos e que seria prejudicial para o desenvolvimento das mesmas.

Igualmente o educar se pensarmos em um processo sociocultural, este só ocorre por meio da interação, após o processo de internalização e a capacidade de utilizar tais saberes para o plano das ações, (GARCIA, 2001), sendo assim, seu objetivo não é o acúmulo de informações e saberes, mas a capacidade de utilizar esses conhecimentos em ações individuais e coletivas para a mudança da realidade. Porém independente dessa divisão, ambas as palavras educar e ensinar remetem ao ato passivo de receber algo de alguém, não denotam uma ação conjunta, de uma construção mútua e coletiva ou de uma capacidade dos sujeitos em conquistar a autonomia desejada. E normalmente o aprender, diz respeito apenas ao ato ou comportamento do aluno (KUBO, BOTOMÉ, 2001).

Quando pensamos nessa análise avaliativa feita apenas pela ótica do professor e não em conjunto, implica na ideia da impossibilidade da avaliação da aprendizagem ser uma ação reflexiva e honesta do próprio estudante, parecendo que o aluno não seja capaz de avaliar o que aprendeu, mas que apenas um professor seja detentor dessa habilidade, ou seja, uma pessoa externa é que é capaz em quantificar e qualificar esse nível de aprendizagem.

Sendo um ato então subjetivo do docente em atribuir a nota dentro do que ele espera como resposta em cada questão. E se essa avaliação se baseia em apenas um aspecto no processo de aprendizagem: a escrita e ou memorização, como dizer que este método pode garantir que cada aluno com nota máxima teve cem por cento de aproveitamento da disciplina e o que obteve nota inferior não teve nenhum aproveitamento.

O processo de ensinar e aprender não devem ser concebidos como instâncias separadas ou independentes, mas o ato de ensinar deveria ser um reflexo à resposta de cada aluno em aprender, onde o aprender é que é o balizador do ritmo e do método de ensino.

2.2 PARA QUE SERVEM OS MÉTODOS AVALIATIVOS SE O ALUNO É APENAS UMA NOTA?

O método avaliativo que deveria ter a função diagnóstica sobre o processo de ensino-aprendizagem na verdade em nada reflete tal proposta, tradicionalmente as avaliações não são empregadas com base nesse objetivo de realizar uma análise sobre a qualidade do ensino com o intuito de permitir que docentes, discentes e instituições pudessem corrigir o método de ensino e de avaliação, e, assim, permitir uma individualização de cada aluno ou de cada situação que se apresentam dentro e fora da sala de aula, rompendo com a função apenas classificatória e discriminatória das notas para cada aluno.

Uma vez que cada sujeito é uma totalidade e todas essas condições que compõem cada um deveriam ser levada em consideração, bem como a construção social coletiva sobre a realidade de cada um dos envolvidos no processo educativo e de ensino. Santos (2012) pontua que cotidianamente, a avaliação não é algo descontextualizado ou que diga respeito a apenas uma parte de um processo, mas que na verdade ela serve como estímulo para que as pessoas estejam constantemente se reavaliando e repensando em recomeços, durante a vida.

E afirma ainda que a avaliação faz parte de uma condição necessária para a existência humana, pois não haveria outra forma do homem ou mulher evoluírem sem esse processo de avaliar, rever conceitos, ideias, comportamentos e metas como forma de alcançar seus objetivos. (SANTOS, 2012).

Porém, quando pensamos nessa perspectiva da avaliação no ambiente escolar ou acadêmico, vemos que seu uso é bastante controverso, pesquisas apontam que a avaliação tem sido utilizada mais como um instrumento de discriminação, estigmas, preconceitos e contra o aluno e do que a favor dele. (HOFFMANN, 1991, 2001; LUCKESI, 1999; BOAS, 2005).

Segundo Libâneo (2013) a avaliação tem sido utilizada com a função de controle formal, por esta se resumir ao ato de cobrar o que o aluno memorizou e a nota como um instrumento de controle, não existindo com o objetivo de educar, mas somente classificatório. Tendo ainda seu uso direcionado a bonificar os bons alunos e punir os tido como desinteressados, utilizando a avaliação como armas de intimidação e ameaça, e assim, o professor não fornece condições pedagógicas e didáticas que estimulem os alunos podendo levar a muitos deles a não terem um bom desempenho devido a esse contexto.

O mesmo autor afirma que a avaliação deveria cumprir três funções: pedagógico-didática, remetendo ao ato de cumprir os objetivos gerais e específicos da educação escolar; diagnóstica, justamente apontando dificuldades e progressos tanto dos alunos quanto dos professores que permitam modificações no processo do ensino a fim de alcançar os objetivos propostos, sendo para ele a função mais importante e, a função de controle na qual se deveria ter uma rotina e uma frequência de análise da qualidade destes resultados auxiliando no diagnóstico. (LIBÂNEO, 2013).

E ainda pontua que quando os resultados sobre o processo de ensino são utilizados exercendo esta função pedagógico-didática, as finalidades sociais do ensino são igualmente evidenciados e então, se torna possível preparar os alunos para a realidade que os cercam, a fim de proporcionar uma transformação social e sua participação responsável e consciente nas mais diversas esferas da sociedade. Promovendo inclusive uma atitude mais responsável do aluno em direção ao seu papel como cidadão, sendo essa a função primordial do ato de ensinar. (LIBÂNEO, 2013).

Perrenoud (2001) afirma que embora a relação pedagógica seja fundamentalmente assimétrica na qual o aluno detenha apenas uma parcela do conhecimento que o professor domina, precisa ainda receber dele, o direcionamento quando a relevância e como tal conhecimento pode ser utilizado em sua realidade, uma vez que o aluno ainda não tem a capacidade de julgar adequadamente, mas alerta que esta relação não deve ser de dependência. E pontua o quanto é prejudicial o aluno seguir as instruções do professor sem ter a compreensão de porque está fazendo tais escolhas e sem saber dos resultados, pois para ele o objetivo é o de que o aluno alcance sua autonomia e independência.

Diante disso, precisamos repensar o uso dos métodos avaliativos desde o ensino fundamental até o ensino superior, creio que nenhum ponto nesse processo educativo de cada aluno consegue refletir a realidade do sistema de educação do país como a atribuição de uma nota, esta tem o poder de diagnosticar desde o início quando um aluno ou o processo de ensino está necessitando de uma maior atenção ou de mudanças, mas este ponto nem é levado em consideração durante o ano letivo, apenas cumpre uma norma de exigência da nota, mas não tem a capacidade de avaliar, corrigir, aprimorar e mudar a qualidade do ensino, do desempenho do aluno ou do professor.

Neste sentido Luckesi (2005) propõe que a avaliação da aprendizagem seja um ato amoroso, por poder ser um ato acolhedor, inclusivo e integrativo, porém aponta que a prática de aplicar os exames impede que haja a função diagnóstica embasando uma intervenção adequada dentro da realidade de cada aluno e em cima das dificuldades, pois apenas os classificam em aprovados ou reprovados, e alerta que tal situação acaba por fortalecer uma política de reprovação servindo de alibi para o fracasso escolar. Quando a avaliação se propõe a ser um ato amoroso, a realidade é evidenciada e reconhecida como ela é e é possível então planejar possibilidades e superar os limites.

Enquanto continuarmos com um sistema de educação onde a avaliação tem o intuito apenas de aprovar ou reprovar o aluno, inexistindo a possibilidade de avaliar a qualidade do ensino no país, ignorando que a educação tem o poder de modificar a realidade das pessoas e continuar responsabilizando apenas o aluno por seu desempenho, continuar-se-á com a prática de isentar totalmente que os docentes, instituições e o governo possam se responsabilizar sobre o processo de ensino-aprendizagem.

Não é incomum que muitos dos alunos que ingressam e concluem o ensino superior pouco sabem da realidade do mercado de trabalho e de suas habilidades para atuar nele, pois durante todo o processo educativo o foco foi a aprovação e não o desenvolvimento da capacidade de resolver problemas, de ter autonomia e protagonismo de seu processo de aprendizagem, muitos não conseguem sequer exercer favoravelmente situações básicas da sua profissão, justamente porque em nenhum momento há uma implicação entre professores e instituição no engajamento individual de cada aluno. Sobre este ponto discutiremos no próximo tópico.

2.3 COMO A FALHA NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM PODE INTERFERIR NO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO PESSOAL E PROFISSIONAL DOS UNIVERSITÁRIOS?

Muitas pesquisas apontam que as altas demandas e exigências da vida universitária tem causado sofrimento nos estudantes justamente pela falta de recursos emocionais e cognitivos complexos para corresponder ao ambiente acadêmico, apontando inclusive elevados números de discentes com estresse, ansiedade e depressão (PADOVAN et al, 2014; BOLSONI-SILVA, GUERRA, 2014; NEVES, DALGALARRONDO, 2008; GOMES, CALIXTO, 2009).

Bolsoni-Silva e Guerra (2014) pontuam que as demandas por habilidades interpessoais e acadêmicas que são exigidas aos universitários não só agravam a saúde mental existente como aumentar a sua ocorrência, uma vez que a metodologia de ensino é bem diferente da qual tiveram contato anteriormente como há diversos fatores sociais e econômicos que passam a existir com a vida universitária, tais como morar em outras cidades, longe da família, morar sozinho ou com desconhecidos, assumir a responsabilidade sobre si nos estudos e nas tarefas diárias, lidar com a autoridade do professor, a obrigatoriedade em apresentar seminários, procurar estágio ou emprego para custear as despesas etc, para isso exige-se do universitário que tenham um repertório para que essas demandas não sejam empecilhos ao aprendizado e formação enquanto profissionais e cidadãos.

Gomes e Calixto (2019) apontam que na relação professor e aluno, normalmente há um abuso do poder, constrangimento físico e moral e perseguições, deixando os alunos desmotivados em participar das aulas ou atividades propostas, desgastados por tem que atingir boas notas e ter a

aprovação e em sofrimento por terem que cursar estas ou mais disciplinas com o (a) mesmo (a) professor (a).

As autoras apontam ainda o excesso de produtividade acadêmica, na qual as instituições na disputa pelas melhores notas enquanto instituições de ensino incentivam e em muitas das vezes exigem que todos os alunos desenvolvam diversas atividades tais como liga acadêmica, monitoria, apresentações de trabalhos, participação e organizações de eventos, estágios obrigatórios e extracurriculares com um intervalo muito curto para serem concluídas, levando os alunos a uma sobrecarga de obrigações e desgaste emocional pelo estresse, má alimentação e privação de sono, bem como disponibilizar as horas de lazer e descanso para cumprir tais prazos. (GOMES, CALIXTO, 2019).

Todos esses fatores apontados acima refletem que a estrutura de ensino no país não consegue fomentar uma base para o desenvolvimento pessoal, como preconiza a Base Nacional Comum Curricular, de que os alunos consigam desenvolver como competências “mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais) e atitude para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho”. (BRASIL, 2018, p.10).

Perrenoud (2001) conceitua que a competência vai além de possuir recursos para a ação, envolve a capacidade de mobilizar os próprios recursos cognitivos e afetivos para enfrentar as complexidades da realidade. Consiste em “identificar e resolver problemas complexos, navegando entre valores contraditórios e enfrentando conflitos internos e intersubjetivos”. (PERRENOUD, 2001, p. 23).

Dentre as habilidades propostas estão as socioemocionais que se refere ao desenvolvimento nos âmbitos comportamentais e relacionais, que se manifestam nos modos de sentir, pensar, nas atitudes e comportamentos no relacionamento consigo e com os outros, de forma que consigam estabelecer objetivos, tomada de decisões e a capacidade de enfrentar as mais diversas situações (BRASIL, 2018).

As competências socioemocionais, tais como resiliência, otimismo, empatia, respeito, assertividade, organização, responsabilidade etc não são inatas e fixas, são habilidade que podem ser aprendidas, ensinadas e praticadas. (MARIN et al, 2017). Logo, diante das exigências tanto da vida acadêmica quanto da vida profissional ter a tido a oportunidade de desenvolver tais competências significa que cada um pode desenvolver a capacidade para avaliar e identificar quais habilidades são apropriadas para o desempenho das mais diversas situações.

Porém, tais condições, deveriam fazer parte de uma construção social e identitária iniciada desde a mais tenra idade, desenvolvida em um processo de construção do sujeito e uma prioridade

também da educação, uma vez que as competências exigem mais do que apenas os saberes por envolve a capacidade de agir, identificar os obstáculos e encontrar formas de resolvê-los satisfatoriamente. (PERRENOUD, 2001).

Se temos na relação entre docente e discente esse paradoxo de que para o aluno a nota é uma atribuição indiscriminada do professor a ele e por outro lado, na falta de implicação do professor a nota ser vista apenas como classificatória, revela que esta relação de atribuir a responsabilidade no outro e não numa construção conjunta de ambos, evidencia que há também aspectos socioemocionais envolvidos nesta relação do que apenas condições estruturais e didáticas.

Vemos por exemplo, alunos se queixando que o professor quem lhe atribuiu uma determinada nota, ou que está sendo punido por ele, como também de professores se queixarem de que quando propõem uma metodologia diferente da tradicional os alunos não demonstram interesse ou de que há muitas condições estrutural que dificultam o desenvolvimento de um processo de ensino inovador e pautado na centralidade do aluno protagonista.

A relação entre educador e educando é fundamental para que haja uma base sólida que permita o desenvolvimento de futuros profissionais e cidadãos, uma vez que as vivências educacionais contribuem para a constituição de cada aluno, revelando uma afetividade e alteridade nesta relação, na qual há uma abertura ao acolhimento às diferenças, onde o professor propicia um ambiente de trabalho colaborativo e motivado que tenha o potencial de tornar a aprendizagem mais afetiva e significativa. É fundamental que o professor possa assumir a responsabilidade pelo educando, acolhendo suas limitações e condições, promovendo assim um espaço de acolhimento e que a aprendizagem possa ter um caráter afetivo para além de cognitivo e técnico (FREIRE, 1996; LIBÂNEO, 2013; BARROS 2020; SOUZA, BARROS, 2021).

Em relação ao aluno que atribui a responsabilidade da nota somente ao professor, há diversos fatores implicados neste comportamento que não daríamos conta nessa pesquisa, mas cremos que alguns puderam ser expostos na discussão até aqui. Queremos apenas enfatizar a importância da responsabilização do aluno sobre seu processo apesar das condições externas, buscar romper com a passividade adquirida do ensino tradicional e colocar-se como protagonista e responsável do seu processo de aprendizagem (FIORAVANTE, GUARNICA, 2019). Culpabilizar o professor pela nota recebida demonstra um discurso de total falta de comprometimento consigo e falta de reflexão sobre sua responsabilidade diante do seu desempenho.

Diante do que pudemos refletir, apesar das novas propostas de metodologias de ensino estarem surgindo, o processo de ensino-aprendizagem continua tendo suas bases fundamentadas no professor detentor do saber e da capacidade de avaliar o aluno e o aprendizado, e o aluno, o único responsável por seu desempenho.

Porém, não podemos deixar de incluir a necessidade do sistema de educação ser integrada, onde cada esfera desde o ensino infantil até a vida do estudante na pós-graduação, deveria ser uma prioridade nas políticas públicas, como são áreas de integração nas ações, implantações e implementações da educação, no sentido de pensar em um plano de educação de cada aluno desde a educação infantil até a sua inserção no mercado de trabalho, que permita que todos possam identificar e aprimorar suas habilidades cognitivas, comportamentais e socioemocionais, bem como haver uma corresponsabilidade de todos os atores no processo de ensino-aprendizagem.

3 METODOLOGIA

Tratou-se de um estudo descritivo com abordagem qualitativa. Para Gil (2017), a pesquisa descritiva tem como objetivo a descrição das características de uma determinada população, incluem as pesquisas que estudam as características de um grupo, tais como sua distribuição por idade, sexo, estado físico e mental etc; também pode ser aplicada aos estudos que tem o objetivo de levantar opiniões, atitudes e crenças de uma população. Em questão abordamos o universo que envolvem os comportamentos dos docentes e discentes nas IES e como cada um está implicado no processo de ensino-aprendizagem.

Classificamos esta como uma pesquisa de natureza qualitativa por abordarmos aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrados na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais que envolvem os docentes e os discentes das IES. Para Minayo (2001, p.14), a pesquisa é tida como qualitativa quando “trabalha com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis”.

A revisão de literatura foi o meio que fundamentou o presente estudo, como pontua Gil (2017), esta se dá a partir de um levantamento de dados do que já foi pesquisado, produzido e divulgado, evidenciando possíveis lacunas nessas produções do conhecimento permitindo o despertar de novas pesquisas orientadas por tais lacunas. O levantamento se dá por meio de múltiplas fontes tais como livros, periódicos, dissertações, anais e teses. A revisão de literatura permite ainda que as informações não só evidenciem o estudo da arte como permite a análise das informações realizadas, identificando os limites que existem nos campos teóricos das pesquisas já produzidas.

Iniciamos por uma busca tendo como fontes de pesquisas: livros, artigos científicos e revistas que abordem o tema da pesquisa. Utilizando como base de dados publicações nas bibliotecas virtuais tais como periódicos da CAPES, Scielo e Bireme. Os critérios de inclusão foram: obras relevantes sobre o assunto e artigos que abordassem a construção histórica do processo de ensino do Brasil, trazendo as metodologias tradicionais e atuais sobre o tema e utilizados como palavras-chaves:

educação no Brasil, ensino-aprendizagem, metodologias alternativas de educação, métodos avaliativos no Brasil. Para os critérios de exclusão: foram artigos com pesquisa apontando a realidade do ensino em outros países.

Para a organização e análise dos dados, realizamos uma leitura exploratória dos resumos, notas de rodapé, índices bibliográficos etc para identificar se o artigo ou livro se encaixavam nos nossos objetivos, em seguida os artigos selecionados foram lidos seletivamente, o que nos permitiu continuar trabalhando apenas com o material que seria abordado na escrita do trabalho, procedemos para uma leitura analítica das obras com a exploração na íntegra de cada material para determinar se eles seriam o conteúdo definitivo e suficiente para a pesquisa ou se precisaríamos retomar a pesquisar em novas fontes. Em seguida, partimos para a leitura interpretativa afim de iniciar a construção da discussão entre as hipóteses da pesquisadora e a literatura.

Com o intuito de nos permitir levantar trechos relevantes que pudessem nos auxiliar na compreensão e na escrita, procedemos com um fichamento de cada artigo ou livro selecionado, e somente após essa etapa passamos para a construção lógica do trabalho, que consistiu na organização das ideias que nos permitiu entender os objetivos ou testar as hipóteses.

E proseguimos para com a escrita das discussões e finalizamos com as considerações finais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de sabermos que não é só o acúmulo de informações que garantem o aprendizado, continuamos descontextualizando cada aluno, como se houvessem condições iguais e ideais para todos, mas sabemos que a situação econômica e social de cada um pode influenciar na qualidade do ensino e da aprendizagem, bem como os professores e as instituições de ensino, por mais desafiador que seja, precisam buscar soluções de ensino e avaliações individualizadas para cada aluno.

Acreditamos que novas pesquisas podem ser realizadas para complementar e aprofundar esta discussão, uma vez que não é possível dar conta de todos os processos envolvidos nessa busca pela qualidade do ensino em nosso país.

Numa dessas questões está o pensar em uma estrutura educacional formativa que possa oportunizar que os estudantes desde o ensino fundamental e médio possuam um plano de formação processual e continuada sobre suas competências socioemocionais, iniciando na identificação das habilidades e potencialidade que já possuem, no intuito de aperfeiçoar as competências existentes e de desenvolver as que ainda não estão bem desenvolvidas ao longo de sua vida acadêmica.

Outro ponto que sugerimos diz respeito ao sistema de educação, pois este não acontece de forma integrada e transdisciplinar, não há articulação entre a educação infantil e o ensino superior, e continuam tratando os docentes e discentes pela individualização e culpabilização de suas ações e

resultados, sem a corresponsabilização e coparticipação do Governo e das Secretarias da Educação no cotidiano da sala de aula, por isso que as intervenções são descontextualizadas da realidade cotidiano do fazer-aprender.

Questionar os métodos avaliativos é uma forma de retratar a realidade da educação não só do ensino superior, mas de todo o sistema de ensino, nesse processo evidenciamos não só a relação entre aluno e professor envolvendo a atribuição de uma nota, mas os processos socioemocionais que perpassam essa relação, bem como o cotidiano da sala de aula que deveria representar a concretização de todos os esforços do sistema de educação, na verdade é um momento segregado do todo, não se vê essa articulação entre os atores da educação, da política e da comunidade.

REFERÊNCIAS

Barros, conceição de maria pinheiro. O lugar do educando como outro na atuação do educador bacharel. Educação e sociedade. Campinas, v. 41. 2020. Disponível: <https://www.scielo.br/j/es/a/wypmlnhdytw48gdfdxpxj3f/?format=pdf&lang=pt> acesso: 18 mar 2022.

Boas, benigna maria de freitas villas. Práticas avaliativas no contexto do trabalho pedagógico universitário: formação da cidadania crítica. In:veiga, ilma passos alencastro; naves, marisa lomônado de paula (orgs). Currículo e avaliação na educação superior. Araraquara: junqueira e marin, 2005.

Bolsoni-silva, alessandra turini; guerra, bárbara trevizan. O impacto da depressão para as interações sociais de universitários. Estudos e pesquisa em psicologia. Rio de janeiro, v.14, n.2, p. 429-452, 2014. Disponível: <https://www.redalyc.org/pdf/4518/451844508004.pdf> acesso: 29 out. 2022.

Brasil. Ministério da educação. Base nacional comum curricular (bncc). Educação é a base. Brasília, 2018. Disponível: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase#:~:text=o%20que%20s%3%a3o%20compet%3%aanacias%3f,e%20do%20mundo%20do%20trabalho>. Acesso: 18 mar 2022.

Dalgalarro, paulo. Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais. 2ª ed. Porto alegre: artmed, 2008.

Fiorante, vanessa caroline; guarnica, tamyris proença bonilha. O lúdico no ensino de biologia: o aluno como protagonista. Revista educação. Paraná, v. 14. N. 31, jan./abr. 2019. Disponível: <http://erevista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/18915/13959> acesso: 18 mar 2022.

Freire, paulo. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. São paulo: paz e terra, 1996.

Garcia, maria alice amorim. Saber, agir e educar: o ensino-aprendizagem em serviços de saúde. Interface – comunicação, saúde e educação. São paulo, v.5, n.8, 2001. Disponível: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:0ug27sj7ipoj:https://www.scielosp.org/artic/icle/icse/2001.v5n8/89-100/+&cd=7&hl=pt-br&ct=clnk&gl=br> acesso: 29 out. 2022.

Gil, antonio carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. Ed. São paulo: atlas, 2017.

Gomes, lidiane florentino; calixto, mayara ferreira. Saúde mental e ensino superior: a relação da universidade com o surgimento e/ou agravos de sofrimento mental em estudantes universitários. [graduação em enfermagem] faculdade cesmac do sertão. Palmeira dos índios, 2019. Disponível: <https://ri.cesmac.edu.br/bitstream/tede/5611/1/sa%3%bade%20mental%20e%20ensino%20superio%20%20a%20rela%3%a7%3%a3o%20da%20universidade%20com%20o%20surgimento%20eou%20agravo%20de%20sofrimento%20mental%20em%20estudantes%20universit%3%alrios..pdf> acesso: 29 out. 2022.

Hoffman, jussara maria lerch. Avaliação: mito e desafio: uma perspectiva construtivista. Porto alegre: mediação, 1991.

Kubo, olga mitsue; botomé, silvio paulo. Ensino-aprendizagem: uma interação entre dois processos comportamentais. Interação em psicologia. Curitiba, v.5, 2001. Disponível: <https://revistas.ufpr.br/psicologia/article/view/3321/2665> acesso: 28 out. 2022.

Libâneo, José Carlos. Didática. 2 ed. São Paulo: Cortez, 2013.

Luckesi, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem escolar. 9. Ed. São Paulo: Cortez, 1999.

Avaliação da aprendizagem escolar: reelaborando conceitos e criando práticas. 2 ed. Salvador: Malabares Comunicações e Eventos, 2005.

Marin, Angela Helena. Competências socioemocional: conceitos e instrumentos associados. Revista Brasileira de Terapias Cognitivas. Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, jul./dez, 2017. Disponível: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s180856872017000200004 acesso: 18 mar 2022.

Minayo, M. C. S. (org.). Pesquisa social: teoria, método e criatividade. Petrópolis: Vozes, 2001.

Padovani, Ricardo da Costa et al. Vulnerabilidade e bem-estar psicológico do estudante universitário. Revista Brasileira de Terapias Cognitivas. Rio de Janeiro, v.10, n.1, 2014. Disponível: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1808-56872014000100002 acesso: 29 out. 2022.

Pasqualini, Juliana Campregher. O papel do professor e do ensino na educação infantil: a perspectiva de Vigotski, Leontiev e Elkonin. In Martins, Im; Duarte, N. Orgs. Formação de professores: limites contemporâneos e alternativas necessárias [online]. São Paulo: Editora Unesp; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. Disponível: <https://books.scielo.org/id/ysnm8/pdf/martins-9788579831034-10.pdf> acesso: 28 out. 2022.

Perrenoud, Philippe. Ensinar: agir na urgência, decidir na incerteza. Tradução Cláudia Schilling. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

Roman, Cassiela et al. Metodologias ativas de ensino-aprendizagem no processo de ensino em saúde no Brasil: uma revisão narrativa. Clinical & Biomedical Research. Porto Alegre, v. 37, n. 4, p. 349-357, 2017. Disponível: <http://doi.editoracubo.com.br/10.4322/2357-9730.73911> acesso: 28 out. 2022.

Santos, Lindalva Personi. Implicações das práticas avaliativas no ensino superior na formação docente. Revelli – revista de educação, linguagem e literatura da UEG. Inhumas, v.4, n.2, out. 2012. Disponível: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:lg1vptekvmj:https://www.revista.ueg.br/index.php/revelli/article/view/3022/1935+&cd=1&hl=pt-br&ct=clnk&gl=br> acesso: 29 out.2022.

Souza, Romana Fátima Rodrigues; Barros, Conceição de Maria Pinheiro. Afetividade e alteridade na relação educador-educando: conversa com alunos de secretariado executivo. Revista Expectativa. Toledo, v.20, n.2, p. 1-25, abr./jun, 2021. Disponível: file:///c:/users/micheline%20sena/downloads/expectativa_editor,+gerente+da+revista,+artigo+1+-+afetividade+e+alteridade+na+rela%c3%a7%c3%a3o+educador-educando.pdf acesso: 18 mar 2022

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-023>

Laís Soares Pereira Simon

Mestre em Teoria e História das Artes Visuais, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Alexandre Amorim dos Reis

Doutor em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

Flávio Anthero Nunes Vianna dos Santos

Doutor em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC).

RESUMO

A cibercultura, com suas funções, acaba tendo um papel muito grande de socialidade, usando a tecnologia digital contemporânea como instrumento de novas formas de vínculos

profissionais, associativos e comunitários que nos aproximam também da memória virtual e do patrimônio digital. O uso de metodologias e ferramentas tecnológicas para o patrimônio, oferece à humanidade a oportunidade de ampliar o conceito de patrimônio e difundir as informações da herança cultural, principalmente pelo surgimento de novos métodos para identificação das informações e novos modos de documentação do patrimônio cultural. A partir disso, este artigo apresenta um estudo exploratório, em que foi realizado um levantamento de práticas metodológicas e tecnológicas atualmente utilizadas por pesquisadores e profissionais do setor do patrimônio cultural, principalmente arquitetônico e artístico, a fim de direcionar pesquisas nesse campo.

Palavras-chave: Metodologia, Tecnologia, Patrimônio cultural

1 INTRODUÇÃO

O comportamento da sociedade urbana contemporânea vem passando por mudanças provocadas pelas revoluções nas mídias e no processo da distribuição da informação, pela inserção das tecnologias de informação e comunicação. Lucia Santaella (2003), aponta as diferenças entre a cultura das mídias e a cultura digital, sobretudo pelo fato de que a cultura das mídias trata de uma convivência entre as diferentes mídias, que podem ser: televisão, rádio, jornal, livros, entre outros. A cultura digital proporciona uma convergência, ou seja, possibilita concentrar todas as informações, tanto de texto, som, imagem e vídeo, em um mesmo lugar e com uma mesma linguagem principalmente devido à capacidade de digitalização, compressão, manipulação, armazenamento, reprodução e distribuição de forma digital e em um único suporte.

Com a popularização e desenvolvimento da internet e das cibercidades, o cotidiano está cada vez mais em um território virtualizado, isto é, ampliando a espacialidade da interface da tela do computador para recobrir todos os espaços naturais, sobrepondo o ciberespaço ao próprio espaço físico. Como esse lugar eletrônico passou a ser uma extensão dos lugares físicos, logo essas alterações também devem refletir sobre a expansão do patrimônio cultural, que vem sendo apropriado por esse ambiente ubíquo, do senciante e do pervasivo, juntamente com a informação (AZEVEDO, 2020) modificando, assim, a forma como as pessoas estão e veem o mundo. Por meio dessa intersecção entre patrimônio, informação e o contexto atual, as tecnologias podem ser utilizadas como ferramentas na

preservação e mudanças de paradigmas, sendo possível oferecer novas experiências no universo dos objetos, conjuntos, sítios e edificações de interesse para a preservação.

Nesta circunstância, a tecnologia pode apoiar o incremento da percepção dos espaços históricos, principalmente pela grande possibilidade de disseminação de conhecimento e informações visuais. Estas, por sua vez, são excepcionais ferramentas de colaboração, valorização e construção de memória, pois possibilitam um meio para a documentação, publicação e divulgação do patrimônio construindo, assim, um novo olhar e formas de apropriação sobre os bens culturais, uma vez que a memória do passado é um patrimônio que sedimenta o conjunto de decisões do presente e os projetos futuros.

O desenvolvimento das possibilidades oferecidas pelas tecnologias, já tem sido explorado em conferências que reúnem pesquisadores, arquitetos e restauradores de vários países do mundo. Seus trabalhos exploraram conceitos e reflexões advindos do campo da virtualidade, porém o resultado são produções espalhadas e visam fatores culturais locais.

Vale ressaltar que muitas equipes e obras de conservação e restauro ainda não acompanham o desenvolvimento e o avanço das possibilidades oferecidas pelas inovações. Observa-se uma desconformidade com o que tem sido absorvido pelos profissionais, empresas e os órgãos de preservação.

Com isso, este estudo pretende fazer um levantamento de práticas metodológicas e tecnológicas que, atualmente, vem sendo empregadas por pesquisadores e profissionais do setor do patrimônio cultural, principalmente arquitetônico e artístico, a fim de direcionar pesquisas nesse campo. Tendo em vista que a tecnologia da ciência da conservação e restauração sempre esteve mais próxima da área da química, agora com as sucessivas mudanças das revoluções nas mídias e no processo de distribuição de informações da atual sociedade contemporânea, faz-se com que a área do patrimônio busque estender seu território para o mundo híbrido da cibercultura.

Dessa forma, é importante levantar as ferramentas tecnológicas e metodológicas que auxiliam as investigações complementares às abordagens físicas e físico-químicas. Esses recursos recentes podem modificar a conduta do campo do patrimônio, possibilitando uma melhora nas análises entre as escalas temporais que integram os dados da conservação, restauração e da história dos bens e edificações de valor histórico, cultural e artístico.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho se constitui como uma pesquisa exploratória, em fontes de dados secundários, a fim de adquirir uma familiaridade com o enfoque temático das investigações a respeito de práticas tecnológicas e metodológicas para o levantamento de dados do patrimônio arquitetônico e artístico. A

partir desta pesquisa, então, objetiva-se possibilitar documentar, salvaguardar e compartilhar o patrimônio de uma maneira mais acessível e atualizada.

O método de abordagem utilizado, por suas características e objetivos, inclui coleta de informações bibliográficas do grupo francês UMR 3495 CNRS / MC MAP e apresenta este nome por ser uma unidade de pesquisa conjunta, reunindo o Centro Nacional de Pesquisa Científica, Ministério da Cultura e Comunicação da França e equipes das escolas superiores nacionais de arquitetura de Lyon, Nancy, Marselha e Paris La Villette. O perfil desse grupo de pesquisa formou-se em torno do desenvolvimento e implementação de métodos e ferramentas relacionadas com as novas tecnologias de informação e comunicação. São associados arquitetos, engenheiros, historiadores, cientistas da computação e cientista da conservação (UMR MAP 3495, 2021).

Para sistematizar todas as informações, este artigo adota a proposição que o patrimônio cultural é compreendido em três etapas. Começando com o tombamento, que é primeira etapa de proteção do bem, e assim, seguem as próximas etapas, que são: os processos científicos de documentação, reconstrução digital e catalogação dos bens. O último estágio, é a disseminação das informações para os profissionais e público em geral.

O tombamento é um instrumento jurídico para a proteção do patrimônio cultural, em nível federal, estadual e/ou municipal, por intermédio de órgãos que, reconhecendo o valor cultural de um bem, estabelecem critérios para sua proteção, através de aplicação de legislação específica para bens de valor histórico, cultural, arquitetônico, ambiental e também de valor afetivo para a população, impedindo que venham a ser destruídos ou descaracterizados. A instituição do tombamento pode ser considerada como a prática mais significativa da política de preservação federal no Brasil e, por isso, deve ser citado pela sua relevância nas práticas preservacionistas (ABRANTES, 2014).

As próximas etapas, que compreendem o patrimônio cultural e a organização deste estudo, serão abordadas ao longo do artigo e serão apresentadas as ferramentas que possibilitaram desenvolver os estágios dois e três, acima citados.

3 PROCESSOS CIENTÍFICOS DA CONSERVAÇÃO E RESTAURO

Para realizar os processos científicos de documentação, reconstrução digital e catalogação foi necessário o reconhecimento do contexto geral da metodologia da área patrimonial. A demanda social do trabalho de conservação e restauro de patrimônio histórico-cultural ocorre de acordo com as orientações e a regulamentação da Carta de Restauro de 06 de abril de 1972 do Governo da Itália, circular n.º 117, que determina:

A realização do projeto para a restauração de uma obra arquitetônica deverá ser precedida de um exaustivo estudo sobre o monumento, elaborado de diversos pontos de vista (que estabeleçam a análise de sua posição no contexto territorial ou no tecido urbano, dos aspectos

tipológicos, das elevações e qualidades formais, dos sistemas e caracteres construtivos etc.), relativos à obra original, assim como os eventuais acréscimos ou modificações. Parte integrante desse estudo serão pesquisas bibliográficas, iconográficas e arquivísticas etc., para obter todos os dados históricos possíveis. O projeto se baseará em uma completa observação gráfica e fotográfica, interpretada também sob o aspecto metrológico, dos traçados reguladores e dos sistemas proporcionais e compreenderá um cuidadoso estudo específico para a verificação das condições de estabilidade. (IPHAN, 1972, p. 9).

O início de qualquer intervenção no patrimônio começa com o levantamento histórico e imagético dos bens patrimoniais. Remontar a história da edificação histórica é parte de seu conhecimento, identificando os seus materiais, cores e aspectos construtivos e arquitetônicos, além de elementos que anteriormente existiam e que não estão mais presentes. Portanto, em qualquer estudo ou intervenção a respeito do patrimônio edificado, é necessário um levantamento arquitetônico. Esse levantamento serve como documento histórico e consiste no registro gráfico do imóvel construído, a partir da tomada de medidas das fachadas, ambientes e detalhes construtivos essenciais à leitura do edifício.

Este processo de levantamento arquitetônico tem levado a estudos de novas tecnologias, visando a compatibilização dos projetos, redução de tempo e erros. Para isso, as simulações da construção no meio virtual, com novos modelos de modelagem da informação, mostram-se eficiente para a automação de tarefas anteriormente consideradas impossíveis para as máquinas. Além disso, a modelagem da informação da construção surge como alternativa para a gestão do processo de projeto de restauração e preservação do patrimônio, viabilizando a identificação das incompatibilidades entre as especialidades de projeto e facilitando o processo de construção ou recuperação.

A partir destes esclarecimentos projetuais ficou claro como o levantamento arquitetônico foi influenciado pela cultura digital, que abriu novas fronteiras. Com isso, serão apresentados métodos que poderão auxiliar na geração de novos dados, que orientaram na preservação da memória arquitetônica e na gestão de facilidades, mas também no resgate das informações projetuais de edificações, cujo registro se perdeu no tempo. Os métodos pesquisados seguem abaixo.

3.1 PROCESSO BIM (*BUILDING INFORMATION MODELING*)

Entre as mudanças possibilitadas pelas tecnologias digitais, estão os softwares que trabalham a plataforma BIM. É uma tecnologia que atende a crescente demanda por uma base de conhecimento multidisciplinar, essencial para gestão de projetos de edificações patrimoniais, principalmente por contribuir para o agrupamento das relações complexas entre a parte material e imaterial dos bens.

A plataforma BIM permite a reconstrução do bem ou a construção de modelos digitais, compostos por banco de dados que agregam informações para diversas finalidades. Para incremento de outras ferramentas integradas de levantamento ou até mesmo o aumento da produtividade, permitindo assim a racionalização do processo de projetos. Este processo de construção parte de

modelos tridimensionais que podem ser realocados em um só modelo integrado, paramétrico, intercambiável e passível de simulação. Além disso, o método de trabalho deixa as plataformas de desenho bidimensionais tradicionais para alimentar um protótipo em software que carrega informações além da geometria (CANUDO & SALGADO, 2016).

Vale salientar que no território brasileiro, com o vigor do decreto n.º 9377 em maio de 2018, a plataforma BIM se tornou uma estratégia nacional para incentivar o uso dessa tecnologia. A partir de 2021, a modelagem 3D será exigida para a elaboração de projetos de arquitetura e engenharia. Atualmente, somente 9,2% das empresas do setor da construção utilizam a modelagem em seus projetos (FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS *apud* FARIAS, 2019).

Em resumo, a plataforma BIM traz muitas melhorias ao processo e gestão das obras a partir da visualização completa do projeto, integração da informação, detecção de erros, controle de gastos, logística, medição do tempo de obra, redução de retrabalho e, por fim, diminuição de arquivos gerados. Por ainda não ser um sistema utilizado amplamente, a incompatibilidade e o tamanho dos arquivos gerados são um empecilho entre os profissionais que integram o projeto. Porém, é necessário investir na aquisição de softwares e treinamentos para a aprendizagem da plataforma.

3.2 CAPTURA DE REALIDADE

Na área de preservação do patrimônio histórico, testemunha-se o aumento do uso de ferramentas que permitem a captura da realidade dos bens edificados para fins de levantamento, diagnóstico, documentação, mas, também, em interação com outras tecnologias da área de engenharia e construção civil. O objetivo maior é auxiliar na reconstrução precisa das edificações e, conseqüentemente, análise e interpretação dos dados.

Essas reconstruções digitais formam modelos de informação da construção, servindo, então, tanto como documento quanto como representação “as built” – que nada mais é do que representações técnicas de plantas, corte e fachadas com as alterações existentes em uma edificação.

Para esse fim, de representações e seus possíveis desdobramentos futuros, foram pesquisadas ferramentas para auxiliar esses métodos de aquisição de documentos e imagens, conforme abaixo.

3.2.1 Ortofotogrametria

O levantamento de espaços, para fins de diagnóstico de conservação, muitas vezes é dificultado pelas extensões das áreas e a dificuldade de acesso. As soluções atuais contam com instalações de andaimes que não atendem às necessidades de aproximação e leitura do espaço. Os avanços atuais permitem uma orientação e posicionamento extremamente precisos de veículos voadores não tripulados (drones), para levantar e mapear essas áreas (figura 1). Com o auxílio de dispositivos ópticos

por ortofoto documentação, no qual consiste é possível a obtenção de informações sobre objetos físicos e o ambiente circundante através de processos de registro, medição e interpretação de imagens fotográficas, formadas por energias eletromagnéticas produzidas por raios de luz de diferentes pontos (luz direta e termografias).

Esta técnica permite obter uma ótima distribuição espacial dos pontos de vista, portanto, uma melhor regularidade dos fatores de sobreposição inter e intra imagens. Dessa forma, favorece a calibração das câmeras e o refinamento do cálculo de sua posição e orientação no espaço, para, então, implementar protocolos de pilotagem e controle assistidos ou automatizados para a realização de leituras parietais internas.

Figura 1 – Levantamento de pintura mural com ortofotogrametria e auxílio de drone. (Fonte: UMR 3495 CNRS / MC MAP, 2020).



3.2.2 Fotomodelagem

A fotomodelagem é o resultado da revolução digital que influenciou todos os artefatos de nossa cultura, desde imagens até ferramentas de interpretação e design, e pode ser considerada um desenvolvimento da fotogrametria. O processo de fotomodelagem, portanto, assume a sua forma a partir da seleção correta de quadros fotográficos e assim envolve cada quadro para compreender seu novo significado de matriz digital de dados numéricos (figura 2). As imagens fotográficas não devem

se limitar apenas à área de exame, os frames não devem estar muito distantes uns dos outros e seria interessante seguir um caminho semicircular com fotos a cada 15-30°. Em vista disso, a materialização do modelo é realizada por meio da comparação entre os dados com base na geometria, na qual sustenta os princípios da fotogrametria monoscópica e a posição e gerenciamento de cada pixel da fotografia, caracterizado por uma cor que determina a textura do modelo (FILIPPUCCI, 2011).

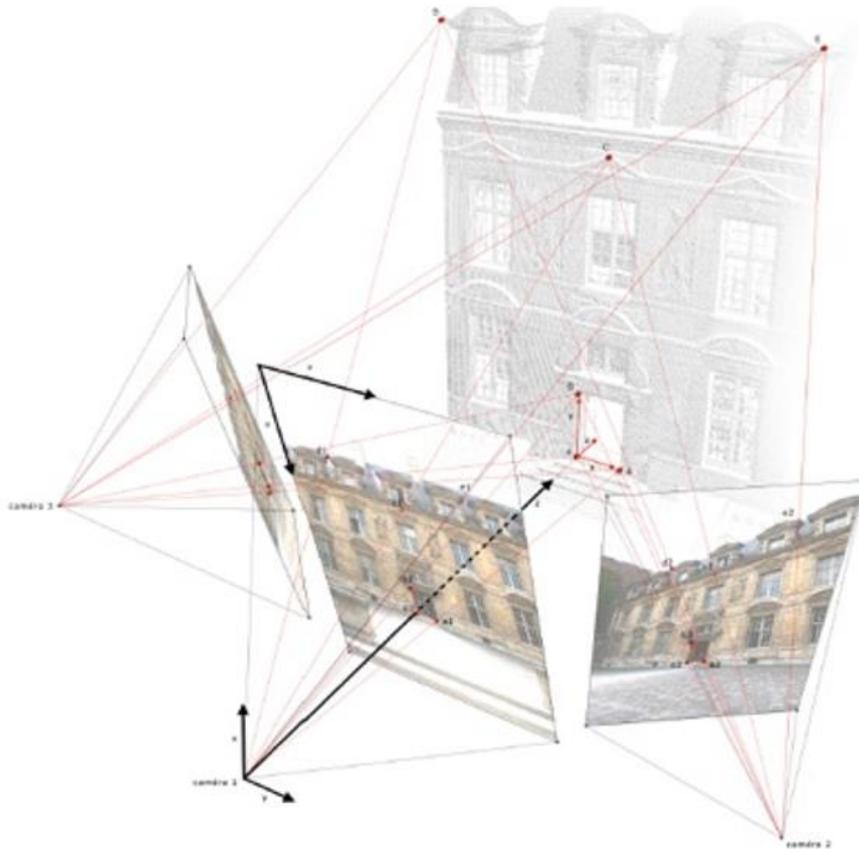
Figura 2 - Representação de fotomodelagem. (Fonte: FILIPPUCCI, 2011).



3.2.3 Estereofotogrametria

A estereofotogrametria é uma técnica mais sofisticada da fotogrametria (figura 3). Une o registro da realidade pela fotografia mais a projeção de uma cena tridimensional em um plano bidimensional. Com isso, esse método utiliza fotogramétricas baseadas na correspondência entre uma projeção em perspectiva e uma ortográfica, além de permitir que se estabeleça uma relação estreita entre o espaço da fotografia e o da representação. A partir desse modelo geométrico, de uma imagem conhecida, é possível saber a projeção de um ponto na cena, partindo do centro óptico da câmera e projetando-a até o infinito. Contudo, ao utilizar duas imagens da mesma cena, as coordenadas 3D podem ser recuperadas a partir da intersecção no espaço das projeções de dois pontos homólogos. A partir desses princípios, foram desenvolvidas as técnicas estereofotogramétricas (DE LUCA, 2009).

Figura 3 – Representação da estereofotogrametria baseadas em imagens. (Fonte: DE LUCA, 2009).



3.2.4 Evolução da fotogrametria

As três soluções supracitadas mostram a evolução da fotogrametria. Esses produtos fotogramétricos têm sido cada vez mais utilizados, principalmente, com a popularização dos drones, pela facilidade da aquisição de dados e quantidades de informações que as imagens aéreas e espaciais podem oferecer.

Entre as vantagens destes processos pode-se observar a possibilidade de realizar medições diretas de distâncias, áreas e ângulos, além de uma grande quantidade de informações, acarretando a melhoria da interpretação dos dados com um processo rápido. Porém, questões climáticas também podem ocasionar perda de informações. Outro ponto importante é a escolha da câmera fotográfica utilizada, pois influencia na qualidade geométrica da imagem. Em função dessas vantagens, vem crescendo sua utilização em diversos segmentos, principalmente, em função de projeto e áreas que necessitam de um planejamento maior e um acompanhamento constante, como: atualização do IPTU, projetos de irrigação e de oleodutos, entre outros.

3.2.5 Escaneamento a laser 3D

O escaneamento a laser 3D é uma tecnologia sem contato físico, que permite digitalizar ambientes muito complexos e detalhados. O equipamento capta as formas e contornos de objetos e edificações por meio de sensores baseados em ondas de luz laser para medição. Assim sendo, o escaneamento é feito devido à aquisição de milhares de coordenadas por segundo e pela criação de nuvens de pontos de dados da superfície reproduzida. Deste modo, é caracterizado como uma maneira de capturar um modelo do estado real de uma edificação histórica, de forma precisa e eficiente, dentro do contexto da computação, como uma representação digital tridimensional (PAMART, 2019).

A tecnologia de escaneamento a laser 3D se diferencia das outras ferramentas apresentadas quanto à velocidade de coleta de dados e o alto nível de detalhamento, com precisão milimétrica do processo de aquisição tridimensional. Além disso, o escaneamento a laser possui uma captura e extração automática da geração do modelo geométrico. Em contrapartida, outros meios apresentados que possuem um custo mais baixo, exigem que as informações coletadas sejam tratadas por um conjunto de softwares.

Faz-se importante ressaltar que todas as técnicas apresentadas são consideradas tecnologias e se integram para suprir as lacunas de cada levantamento e mapeamento. A possibilidade de agregar elementos arquitetônicos, fontes de dados com planos 2D, fotografias e varreduras a laser 3D, ou seja, informações de diferentes fontes, torna-os úteis para vários tipos de pesquisa e profissionais. Tendo em vista que o campo do patrimônio cultural é diverso e apresenta muitas especificidades, vale ressaltar que, quanto maior a integração entre essas tecnologias, maior será a sua capacidade de documentação, reconstrução digital, catalogação, intervenção, manutenção e potencial de uso de edifícios tombados existentes.

Dentro deste contexto, destaca-se a importância do inventário completo dessas edificações de valor cultural e histórico com um modelo tridimensional semântico, que funciona como um catalisador de informações de todo o ciclo de vida de um bem patrimonial. Esse inventário possibilita armazenar as diversas informações levantadas sobre os estilos formais, detalhes construtivos, histórico, iconografia, ou seja, tudo referente ao conhecimento do bem. Para isso, são utilizadas todas as ferramentas já supracitadas de levantamento, escaneamento e plataformas de softwares digitais, como o BIM.

Paralelamente às questões dos modelos de informações gerados da digitalização do patrimônio, pode-se ainda integrar aos modelos de experiências de realidade aumentada e realidade virtual. A implantação de sistemas com realidades e experiências entre o patrimônio e as tecnologias do ciberespaço acaba fortalecendo e valorizando a cultura e sua memória, principalmente por criar espaços dinâmicos que possibilitam criar novos aspectos socioculturais. Entretanto, é importante frisar

que os sistemas computadorizados, assim como as tecnologias digitais, são formas de entender e construir centros de conhecimentos, mas não excluem as outras formas presenciais de experiências.

Por fim, como visto ao longo deste trabalho, o levantamento a partir da captura da realidade constitui o segundo passo para a modelagem de edificações históricas. Posteriormente serão incorporadas outras informações que permitirão o detalhamento de um modelo que sirva de referência para futuros estudos, intervenções, gestão e operação da edificação.

4 DISSEMINAÇÃO DOS PROCESSOS DA CONSERVAÇÃO E RESTAURO

As discussões apresentadas até aqui, revelam as possibilidades da tecnologia digital para o desenvolvimento da área de conservação e restauro, com modelos cada vez mais fidedignos que permitem ampliar as possibilidades do patrimônio. Além disso, essas tecnologias facilitam o acesso às informações sobre os bens de interesse histórico e cultural por meio de iniciativas para registrar e compartilhar as facetas e palimpsestos dos edifícios históricos.

A digitalização da área patrimonial está cada vez mais abrangente, oferecendo à humanidade a oportunidade de ampliar o conceito de patrimônio e difundir as informações da herança cultural, principalmente pelo surgimento de novos métodos para identificação das informações e novos modos de documentação do patrimônio cultural. Como consequência, podem ser citados a construção de novas coleções virtuais, mapeamento de conceitos materiais e imateriais, interação entre diversos agentes sociais, auxílio em reconstituições, avaliações e criações de ambientes imersivos e transferência de todo o material produzido para um espaço virtual. Com este espaço, é possível construir uma memória do mundo, com delimitações conceituais a partir de textos, imagens, sons, bem como a oportunidade de acessar essas informações, disponibilizadas em tempo real por um número cada vez mais amplo de profissionais que podem se apropriar, reformatar e devolver ao ciberespaço novas informações (DODEBEI, 2007).

A partir do exposto, entre as possibilidades oferecidas pela interação das tecnologias digitais com o estudo do patrimônio, estão a criação de registros documentais para a preservação da memória. Portanto, são utilizadas informações heterogêneas de dados qualitativos, quantitativos, aplicação de tecnologias diferentes com representações bidimensionais e tridimensionais para, então, fornecer um contexto histórico, de ciclo de vida, além de diversos materiais complementares de estudos para a disseminação e conhecimento dos bens patrimoniais. A divulgação do patrimônio a partir de plataformas virtuais em redes pode ser observada, conforme segue.

4.1 LINKS

O projeto Links é uma proposta ontológica dedicada ao monitoramento da conservação de igrejas em cantaria policromada. Trata-se, portanto, do desenvolvimento de plataformas digitais colaborativas a fim de produzir e compartilhar dados especializados e conhecimentos sobre objetos patrimoniais para restauração, conservação, ensino e pesquisa. A divisão destes dados e conhecimentos requer uma estrutura de TI ad hoc formal, para facilitar seu uso em termos de aquisição, pesquisa e referências cruzadas. Este projeto em específico tem como foco a proposta de uma ontologia de domínio, dedicada à descrição dos fenômenos de degradação do material pétreo do patrimônio edificado alcançando, assim, um verdadeiro diálogo formal entre todos os recursos heterogêneos que descrevem a complexidade do edifício (LINKS, 2021).

Formado, sobretudo, como um modelo conceitual que visa a constituição de um ambiente digital para a descrição do estado de conservação de monumentos históricos, por meio da interligação de descritivos qualitativos, quantitativos, correlações espaciais, morfológicas e semântica de conjuntos de dados integrados por múltiplos agente, de acordo com os níveis de leitura (LINKS, 2021).

Esse projeto pretende reunir nesta plataforma os dados multidisciplinares recolhidos por todas as equipes envolvidas, de forma a se tornar um instrumento que permita comparar igrejas entre si, sob um ponto de vista histórico, artístico e o acompanhamento do seu estado de conservação.

4.2 CNCA

O projeto CNCA, é uma iniciativa que tem como objetivo a promoção e disseminação da cultura do design arquitetônico digital a um público diversificado. Para isso, criou-se uma plataforma com intuito de divulgar e oferecer chamadas de contribuições que permitem o desenvolvimento de reflexões teóricas e práticas, para pensar, conhecer e auxiliar o design digital. A fim de promover a plataforma, serão lançados caminhos de pesquisa que ainda não foram explorados pelo grupo francês de pesquisadores, mas já está sendo analisado para a condução deste artigo. As contribuições assumirão a forma de artigos de pesquisa, artigos de opinião, estudos de caso ou feedback, apresentados por pesquisadores, professores, arquitetos e alunos. As reflexões, que emanam destes diversos documentos, serão divulgadas no espaço virtual em formatos acessíveis (CNCA, 2021).

4.3 IPERION HS

O projeto IPERION HS visa estabelecer e operar uma plataforma integrada para a infraestrutura de pesquisas pan-europeias, para a instauração de pesquisas nacionais importantes e de reconhecida excelência na ciência do patrimônio. A ciência do patrimônio é um domínio científico jovem e

transversal que abrange uma ampla gama de disciplinas de pesquisa, permitindo uma compreensão mais profunda do passado e um cuidado com o futuro do patrimônio (IPERION HS, 2021).

O plano da IPERION HS está direcionado para uma abordagem científica unificada dos instrumentos europeus mais avançados para a análise, interpretação, preservação, documentação e gestão de objetos patrimoniais nos campos da história da arte, conservação, arqueologia e paleontologia. A atividade principal do projeto será oferecer acesso transnacional a uma ampla gama de instrumentos científicos de alto nível, metodologias, dados e ferramentas para o avanço do conhecimento e inovação no domínio (IPERION HS, 2021).

4.4 AIOLI

O projeto AIOLI consiste em uma plataforma colaborativa que visa reunir as pessoas envolvidas na documentação, salvaguarda e compartilhamento do patrimônio cultural por meio de práticas que desenvolvam uma compreensão dos objetos patrimoniais. Para abastecer o programa com informações, é necessário um conjunto de profissionais, como: arqueólogos, arquitetos, engenheiros, especialistas em materiais, curadores, conservadores-restauradores, professores, estudantes e turistas (AIOLI, 2021).

Essa plataforma colaborativa permite que, a partir de fotografias, o aplicativo gere uma representação tridimensional do objeto selecionado, possibilitando que o mesmo seja enriquecido com anotações semânticas, adição de recursos textuais, imagéticos e sonoros. A integração das tecnologias permite que se desenvolva nesse projeto a democratização das técnicas de fotogrametria para produzir modelos 3D, além de possibilitar um grande compartilhamento de dados recolhidos por intermédio da nuvem. Esta ferramenta tem seus objetivos ancorados no desenvolvimento de uma ciência cidadã, pois cria novas metodologias de trabalho multidisciplinar e propõe novos cenários de análise comparativa e cooperativa de objetos patrimoniais (AIOLI, 2021).

As experiências de compartilhamento e disseminação de informações especializados apresentados são exemplos do constante desenvolvimento e popularização de pesquisas e capacitação de profissionais da área do patrimônio do grupo francês estudado. Por se apropriar da cibercultura, viabiliza a elaboração de plataformas com capacidade de processamento e armazenamento de dados capazes de promover e democratizar a difusão da informação da herança cultural (AIOLI, 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou as principais possibilidades oferecidas pelas tecnologias digitais na área da conservação e restauração de patrimônio cultural, considerando a plataforma do grupo de pesquisa francês UMR 3495 CNRS / MC MAP. Integrando várias áreas de conhecimento, profissionais e

instituições, tanto na área de educação, quanto com instituições públicas de pesquisa e cultura, mostrou-se como um laboratório de grande produção intelectual e de inovação na área de patrimônios.

Os processos científicos de documentação, reconstrução digital e catalogação que foram apresentados são instrumentos que modificam a forma como são geradas as informações a respeito do levantamento, mapeamento e diagnóstico arquitetônico principalmente, a partir da rapidez do processo de captura e tratamento das imagens e representações tridimensionais. Com isso, possibilita um maior aprofundamento e estudos sobre o patrimônio construído, além de potencializar os repertórios de dados e a gestão de conservação e manutenção das edificações.

Finalmente, a digitalização do patrimônio por meio de plataformas colaborativas aproxima a informação de diferentes usuários e profissionais oportunizando, assim, a ampliação dos conceitos referentes ao patrimônio e à difusão das informações da herança cultural. O surgimento de novos métodos para identificação das informações e novos modos de documentação e compartilhamento do patrimônio cultural também merecem destaque.

Vale salientar que as proposições e contextos apresentados nesse trabalho não condizem com a realidade do patrimônio e dos profissionais brasileiros. As equipes e obras de conservação e restauro ainda não acompanham o desenvolvimento e o avanço das possibilidades oferecidas pelas inovações. Observa-se uma desconformidade com o que tem sido absorvido pelos profissionais, empresas e órgãos de preservação pela forma como os bens patrimoniais são tratados no Brasil – sempre de maneira incipiente, desatenta, sem seus devidos cuidados, sem organização e ausência de investimento. Portanto, percebe-se um reflexo da falta de conhecimento e interesse na preservação da história das comunidades e suas várias formas de manifestação.

As alternativas apresentadas neste trabalho não tiveram a intenção de esgotar o tema, que permanece em evolução, mas, sim, oferecer trilhas de pesquisas diante da rede de informações da cibercultura, além de exibir as principais possibilidades aos profissionais e pesquisadores interessados em dar visibilidade e sistematização à vasta ruína de mensagens que compõem o patrimônio.

REFERÊNCIAS

Abrantes, andreza. Tecnologias digitais como instrumentos de preservação do patrimônio urbano edificado. Dissertação do curso de mestrado profissional do instituto do patrimônio histórico e artístico nacional. Rio de janeiro, 2014.

Aioli. Site da umr map cnrs, 2021. Uma plataforma de anotação semântica 3d para documentar objetos de patrimônio. Disponível em: http://www.map.cnrs.fr/?portfolio_page=pavage-3-3-22-2-2-4-4-2. Acesso em 23 de abril de 2021.

Azevedo, sandro. Semiótica e realidade aumentada: enunciação, tecnologia, publicidade. Curitiba: appris, 2020.

Canuto, cristiane; salgado, monica. Modelagem da informação da construção na preservação da arquitetura moderna. In: encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 16., 2016, são paulo. Anais ... Porto alegre: antac, 2016.

Canuto, cristiane; moura, larissa; salgado, mônica. Tecnologias digitais e preservação do patrimônio arquitetônico: explorando alternativas. Parc - pesquisa em arquitetura e construção, campinas - sp, v. 7, n. 4, p. 252-264, dezembro de 2016.

Cnca. Site da umr map cnrs, 2021. Valorização da cultura digital no projeto de arquitetura. Disponível em: http://www.map.cnrs.fr/?portfolio_page=pavage-3-3-16-2-2-2-2-2-2. Acesso em 23 de abril de 2021.

De luca, livio. Survey, modeling and representation based on architectural images: methodological reflections and research trails. Map-gamsau, portal of archtectural image-based-modeling. 2009.

Disponível em: http://www.gamsau.map.cnrs.fr/aibm/portal_of_architectural_image-based-modeling/article-deluca2.html. Acesso em: 20 de nov. De 2020.

Dodebei, vera. Digitalização do patrimônio e organização do conhecimento. Viii enancib – encontro nacional de pesquisa em ciência da informação. Salvador, bahia, outubro de 2007.

Farias, vanessa. Plataforma bim exigência pelo governo federal inicia em 2021. Buildin: construção e informação, 2019. Disponível em: <https://www.buildin.com.br/plataforma-bim/>. Acesso em: 20 de nov. De 2020.

Filippucci, marco. Drawing and surveying with pixels: photo modeling with free software for architectural survey. Portal of archtectural image-based-modeling. 2011. Disponível em: http://www.gamsau.map.cnrs.fr/aibm/portal_of_architectural_image-based-modeling/article-filippucci.html. Acesso em: 20 de nov. De 2020.

Iphan. Carta do restauro, 1972. Ministério de instrução pública (governo da itália). Circular n. 117. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/carta%20do%20restauro%201972.pdf>. Acesso em: 20 de nov. De 2020.

Iperion hs. Site da iperion hs. Plataformas integradoras para a infraestrutura de pesquisa europeia on heritage science. Disponível em: <https://www.iperionhs.eu/>. Acesso em 23 de abril de 2021.

Lemos, andré. Cibercultura, tecnologia e vida social na cultura contemporânea. Porto alegre: sulina, 2002.

Lévy, pierre. Cibercultura. São paulo: ed. 34, 2000.

Links. Site da umr map cnrs, 2021. Proposta de uma ontologia de domínio genérico dedicada ao monitoramento da conservação de igrejas de pedra pintada. Disponível em: http://www.map.cnrs.fr/?portfolio_page=pavage-3-3-16-2-2-2-2. Acesso em 23 de abril de 2021.

Pamart, anthony. Recommandations du consortium 3d shs: synthèse des outils des technologies 3d. Cnrs, map – umr 3495, 2019. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02159453/document>. Acesso em: 20 de nov. De 2020.

Santaella, lucia. Culturas e artes do pós-humano: da cultura das mídias à cibercultura. São paulo: paulus, 2003.

Umr map 3495. Site da umr map cnrs, 2021. Unidade de pesquisa conjunta. Modelos e simulações para arquitetura e patrimônio. Disponível em: <http://www.map.cnrs.fr/>. Acesso em 23 de abril de 2021.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-024>

Célia Regina Moretti Meirelles

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4477-3895>**Silvio S. Sant'Anna**

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Vanessa Carolina de Souza

Mestre

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Flávio Marcondes

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Lucas Fehr

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Jair Antonio de Oliveira Junior

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Guilherme Antonio Michelin

Mestre

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Gilda Collet Bruna

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

Fabio Raia

Doutor

Universidade Presbiteriana Mackenzie

RESUMO

No Brasil a construção civil apresenta uma fatia representativa do PIB comparado a outros países,

contudo, esta produção ainda está ainda têm base em processos tradicionais e será preciso um grande esforço para torná-la semelhante à produção industrial dos automóveis. Nas últimas décadas ocorreu uma rápida evolução na comunicação por satélite GPS (Global Positioning System) fato que permite o georreferenciamento dos edifícios. Outro aspecto é a facilidade de comunicação por meio rede da internet facilita colaborações a distância. Neste sentido, o BIM (Building information modelling), aceita a realização dos diferentes projetos e especialidades a partir de um único modelo paramétrico. Este suporta um trabalho colaborativo que pode ser acessado pelos projetistas em tempo real. Nas últimas atualizações incluiu estudos de viabilidade e desempenho dos diversos componentes como, informações técnicas, custos e elementos do estudo do ciclo de vida. A implantação do sistema BIM depende de uma série de plataformas tecnológicas interoperáveis, devendo integrar a diferentes fornecedores e softwares, bem como dos sistemas de comunicação. A presente pesquisa tem por objetivo discutir pontes tecnologias que tornam a gestão das obras pré-fabricadas mais eficientes. Portanto, discute duas tecnologias GPS-RTK, RFID (Radio Frequency), integradas com o sistema BIM. A mudança de paradigma é muito grande, pois o sistema BIM facilita a coordenação deste processo de construção, onde os componentes podem ser produzidos sob demanda, chamando de obra enxuta, e no local da obra deve estar assistido por computador, Wi-Fi, um sistema RFID completo com antenas de radiofrequência. Este permitirá que as tarefas sejam automatizadas e até mesmo a automação de toda a construção, pois o RFID define uma grande precisão.

Palavras-chave: Gestão da construção, BIM, RFID, GPS-RTK.

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil no Brasil, representa uma significativa parcela do PIB, contudo está produção ainda é artesanal com falta de qualidade construtiva, e será preciso um grande investimento para torná-la semelhante aos outros setores. Bruna (2002) destacou que a produção industrial automobilística ao longo do tempo se tornou “mais eficiente, rápida, eliminando irregularidades

produtivas, erros de montagem, aproveitando as matérias-primas de modo racional”. Ele observa que a precisão dimensional permite o desenho que os carros possuem, fugindo da ortogonalidade, devido aos investimentos em sistema com controle numérico.

Já o setor da construção civil aplica processos construtivos atrasados tecnologicamente, contrapondo-se ao automobilístico, no qual projeto é produzido com exatidão, e com um mínimo desperdício de material. O autor observa que as principais dificuldades de implantação de uma automação na construção civil ainda ocorrem devido a uma mão de obra de baixo custo. Outros aspectos que se somam a estes são, a relação entre o edifício e o terreno, a tipologia, o programa e a intenção arquitetônica, variáveis difíceis de padronizar.

Nas últimas décadas ocorreu uma evolução nos sistemas de comunicação em rede, bem como nos softwares aplicáveis ao projeto. Neste sentido, o sistema de comunicação por satélite GPS (*Global Positioning System*) permite o georreferenciamento da obra. A outra ponta é a rede de internet Wi-Fi que permite a comunicação e gestão da obra em diferentes locais do mundo e a realização dos diferentes projetos a partir de um único modelo paramétrico com o BIM (*Building Information Modelling*). Este permite coordenar os diferentes projetos executivos da obra, e os dados podem ser atualizados em tempo real pelos projetistas, portanto permite integrar, os custos e os orçamentos, o planejamento das etapas da obra, até o acompanhamento do ciclo de vida do edifício com a gestão de manutenção.

O sistema BIM permite que o arquiteto conduza a gestão e coordenação de todo o processo de construção, desde a produção das peças até a obra final e inclui parâmetros de pós-uso. Para a estrutura pré-fabricada os componentes são produzidos sob demanda, e cortados pelo sistema CAD/CAM (*Computer Aided Design*).

A relevância deste tema está em avaliar pontes tecnológicas para gestão e controle das obras, analisando e tecnologias inovadoras de comunicação integradas a sistemas de gestão como o BIM. E este permite atribuir ao gestor do projeto a função de elemento conformador de serviços da obra construída. Esta forma de construir pode contar com uma precisão ainda não atingida na construção civil no Brasil, ao associar a função à forma sem as limitações da produção artesanal. Os processos colaborativos serão mais eficientes e rápidos de modo a viabilizar-se, gerando um retorno do investimento, e a redução de acidentes. Burrattino (2001) já observava a importância da gestão e controle das obras na construção civil.

A automação da obra ou controle vem sendo facilitados pelas integrações do BIM com o GPS-RTK, assistido por um sistema de Radiofrequência chamado de RFID, que permite a leitura do posicionamento da peça na posição correta, na gestão do pós-obra, entre outras centenas de funções.

No Brasil a implantação do sistema BIM ainda está em sua fase de implementação, pois ainda falta integrar os fornecedores de materiais, as normas e legislações governamentais. Somente em maio de 2018 foi instituído um decreto federal, com o nº 9.377 "Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling "(BRASIL,2018).

A presente pesquisa tem por objetivo discutir pontes tecnologias que tornam a gestão das obras pré-fabricadas mais eficientes e analisa duas tecnologias que tornam a gestão das mais eficientes, como o GPS-RTK, RFID (*Radio Frequency*), e o BIM.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A arquitetura e a engenharia são ofícios que se apoiaram no desenho geométrico para desenvolvimento dos projetos, desde a fase de estudo até a execução da obra. Na etapa do desenvolvimento criativo, o arquiteto muitas vezes aplica o desenho à mão, correlacionando as definições e exigências do programa com conceitos como eixos condutores do partido arquitetônico. Esta visão começou a ser alterada após o desenvolvimento dos “sistemas CAD-*Computer Aided Design*”, este determinou um certo grau de automatização à tarefa de desenhar a mão” sobretudo na execução dos desenhos técnicos” (SIMÕES, 2013).

Rosso (2011, p.1) destaca que os softwares conhecidos como

“3D existem desde o começo dos anos de 1990 [...]. No entanto, as geometrias produzidas nestes programas não possuíam nenhum tipo de informação [...]. Já na plataforma BIM é possível incorporar informações dentro do projeto e extrair dos desenhos os dados inerentes ao modelo”

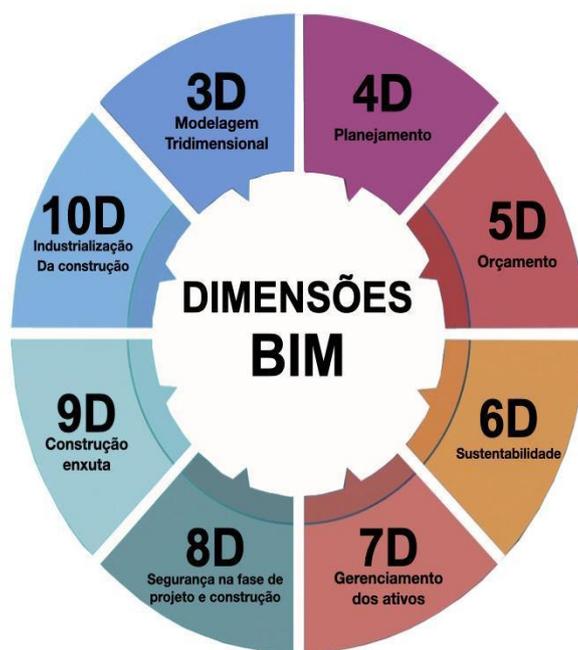
Segundo Simões (2013) o projeto deixa de ter base somente em modelos geométricos e “passa a ser um modelo paramétrico, possuindo a informações para além da forma”. O autor destaca que cada componente paramétrico são “famílias que devem conter diversos tipos de informação” como as características dos materiais, dimensões, fornecedores, energia embutida gasta para sua produção, periodicidade de manutenção etc.

Uma das características mais citadas na plataforma BIM, é a possibilidade de diferentes equipes realizarem o projeto executivo ao mesmo tempo, a partir de um só modelo. Partindo das condicionantes do projeto de arquitetura, este será desenvolvido com base na modelagem paramétrica. Após a definição do projeto de estrutura começam a ser produzidos paralelamente os projetos, hidráulicos, elétricos, iluminação, esgoto, segurança etc. Como já destacado, os sistemas integrados permitem a gestão circular e qualquer interferência que necessite a modificação pode ser avaliada, no modelo único. Portanto, os conflitos existentes entre os projetos se tornam mínimos e evitam que os erros ocorram durante a obra (CASTRO, 2011).

Neste sistema existirá uma maior precisão entre os desenhos gerados a partir deste modelo paramétrico que em um escritório convencional onde os projetistas geralmente têm um desenho a mão ou com apoio nos programas digitais que incorporam somente o conceito geométrico (CECCATO,2011).

Charles Eastman formado em arquitetura e professor universitário, foi um dos precursores no projeto auxiliado por computador, em meados de 70 definiu a expressão “*Building Description System* – BDS “para representar os sistemas componentes dos edifícios, mas o termo *Building Information Modelling* foi criado em 1986, entretanto sua aplicação em escala ocorreu no início de 2000 (DNIT,2021). As versões do sistema BIM foram sendo atualizadas e hoje inclui desde a "modelagem tridimensional" chamada de 3D, o planejamento das etapas da obra chamada de 4D, os orçamentos e custos 5D, 6D admite os parâmetros de sustentabilidade da obra como energia embutida e desempenho, 7D gestão e manutenção, o 8D está associada a segurança da Obra, o 9D é os parâmetros associados à "construção enxuta", e o 10 D integra parâmetros de "construção industrializada” mais rápida e segura na montagem. A figura 1 mostra um croqui das dimensões (BIBLUZ, 2018) (ERSHADI *et al.*,2021).

Figura 1: As dez dimensões do BIM



Fonte: adaptado de PRONTOENG,2019

O setor industrial para a construção civil, no Brasil, precisa ter interesse comercial de divulgar os seus materiais, portanto devem criar modelos paramétricos no BIM, para que os arquitetos recomendem estes produtos na fase de projeto, permitindo que estes sejam adquiridos na fase de

execução da obra. Para participar deste mercado, os fabricantes devem criar uma base de dados dos documentos e materiais, incluindo informações com características técnicas relevantes, e disponibilizá-lo para download público.

Na América do Norte foi criada a base dados *MasterFormat* para os materiais da construção civil (SPENCE; KULTERMANN, 2016). Esta base ampliou as informações dos produtos para atender aos parâmetros do sistema BIM e a sua viabilidade. Ceccato(2011) destacou a importância da transição dos escritórios para bases tecnológicas integradas digitalmente.

No Brasil a indústria da construção civil é representativa frente a diversos países europeus, contudo ainda existe um grande esforço para ampliar a aplicação do BIM na cadeia produtiva e nos escritórios. A implantação do sistema BIM depende de uma série de plataformas tecnológicas interoperáveis, devendo integrar a diferentes fornecedores e softwares, bem como dos sistemas de comunicação (KASSEM; LEUSIN, 2015).

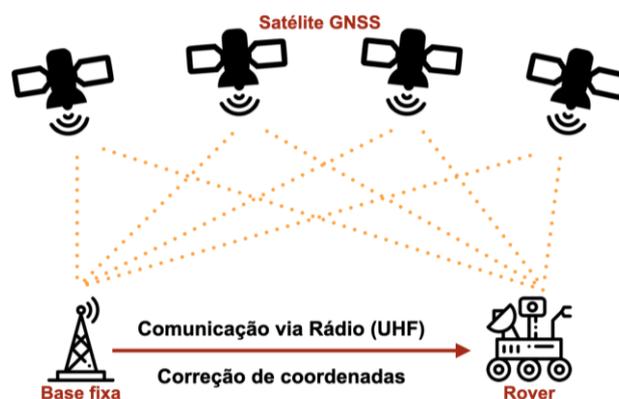
Como exemplos da importância interoperabilidade entre os softwares, o TEKLA especializado em estrutura metálica permite que você crie seus próprios objetos no OpenAPI (TEKLA, 2018). No Brasil o programa TQS especializado em estruturas de concreto e fundações vem se adequando ao conceito do BIM

Segundo Kassem; Leusin (2015) o conceito do BIM passou a integrar desde o “processo de projeto a gestão da operação, segundo a etapa do ciclo de vida da obra e as diferentes especialidades envolvidas, devendo manter, a integridade e consistência da informação e a interoperabilidade.”

O Global Positioning System (GPS) são equipamentos que realizam a triangulação de sua posição global utilizando satélites como pontos referenciais e ondas de rádio para calcular a distância do ponto-satélite. O sistema “efetua a triangulação múltiplas vezes em um intervalo de tempo, permitindo a sua georreferenciamento seja em tempo real”. Devido a estes fatores, a tecnologia é aplicada em diferentes áreas, como navegação, aviação, em transportes rodoviários etc. Porém, o GPS convencional não pode ser usado na construção civil devido a sua pequena precisão na casa dos metros (FERRARI, 2011).

Já o *GPS Real Time Kinematic* (GPS RTK) apresenta uma maior precisão, ele realiza a triangulação citada acima, porém deve dispor de uma antena equipada com modem, com a função de consultar uma base de dados de correções diferenciais online definidas por meio de um equipamento *Radio Technical Committee for Maritime Service* (RTCM), e, a partir dos dados obtidos, calcular o posicionamento com eliminação do erro. (LOPES, 2017)

Figura 2:



Fonte: dos autores

Outro equipamento de comunicação aplicado na gestão das estruturas modulares com graus de pré-fabricação nos Estados Unidos e Ásia é o RFID — identificação por radiofrequência (*Radio Frequency Identification*). Diferente do GPS, ele é usado para controle da obra, ele é composto por uma antena que emite o sinal de frequência e um aparelho que realiza a troca de sinais. Ele consegue transmitir e receber sinais. Com a diferença de tempo entre emissão e recepção do sinal registrada pela antena, um computador pode calcular a distância entre os dois. Sua precisão pode chegar à casa dos centímetros. Este sistema é muito utilizado em outros setores, viabilizando um custo menor. No mercado americano é possível comprar uma etiqueta eletrônica RFID por menos de um dólar.

Assim como o GPS, o RFID pode ser usado para efetuar triangulação, porém ao invés de usar satélites como pontos referenciais, utiliza antenas, pois seu sinal é de baixo alcance. O RFID pode ser passivo, somente ressonar sinais recebidos por antenas, ou ativo, possuindo bateria e emitindo sinal próprio. Neste caso, o sinal chega a 30 metros (PINHEIRO, 2004). Por realizar a troca de sinais por triangulação com o GPS, o RFID pode ter sua localização reproduzida em tempo real em um plano cartesiano digital. O sistema pode ser integrado ao BIM desde a produção das peças até o controle e gestão da obra, minimizando erros, desperdícios e aumentando a racionalização.

Iacovidou; Purnell; Lim (2018) consideram o RFID uma das tecnologias mais inovadoras da atualidade, pois esta consegue guardar dados e transmitir as informações de modo a permitir a correção de uma informação. Portanto, quando o RFID é associado com o sistema de informação geográfica (GIS) e ao sistema de posicionamento global (GPS), permitirá a “localização de materiais e estimativa de sua posição na construção local” caso integre com tecnologias de assistente digital pessoal (PDA) permite o levantamento de “inventários de materiais / componentes e desenhos de construção e outras documentações

e gerenciamento de segurança” e quando integrar as tecnologias BIM sobre a gestão da obra como “armazenar e recuperar dados do ciclo de vida do componente”.

Em 2014, a empresa Trimble, uma das principais empresas que produzem equipamentos para a agrimensura, lançou o "*Trimble Tracker RFID System*" para rastreamento e localização de ativos de construção associando o GPS ao RFID. (TRIMBLE,2014)

3 MÉTODO

O método faz parte da revisão da literatura sobre o BIM, comenta sobre os sistemas GPS-RTK e a radiofrequência RFID (*Radio Frequency Identification*).

Análise das características do potencial de aplicação de controle e gestão da obra com os dois sistemas (GPS-RTK) e a radiofrequência RFID (*Radio Frequency Identification*).

Análise da aplicação dos sistemas em construções modulares em Aço

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No contexto dos edifícios verticais modulares, Ryan Smith (2010) ilustra que hoje existem diferentes graus de industrialização para edificações pré-fabricadas. Se somente os componentes em barras, como pilares e vigas são produzidos na fábrica, pode-se considerar um baixo grau de Industrialização. Na segunda classificação os componentes pré-fabricados são elementos planos como paredes de fechamento e lajes, e no grau alto, estariam empresas que produzem o módulo completo, como exemplo, em hotéis e os módulos autônomos para banheiros.

Na estrutura metálica, com a aplicação de perfis laminados, temos a produção industrial dos diferentes tipos de perfis, mas após o projeto de arquitetura é necessário que se indiquem as fábricas intermediárias, nesta se procede às furações, corte e solda, este processo é realizado por máquinas de controle numérico.

As etapas de montagem devem ser cuidadosamente planejadas, quando se trabalha em aço, como destaca a AISC- *American Institute of Steel Construction* (2005). Entre as etapas de montagem das obras se destaca: as fundações, paredes estruturais ou caixas de elevador, os pilares, as viga principais, conexões, vigas secundárias para suportar os pisos quando se utiliza a forma metálica *steel deck*, a proteção ao fogo da estrutura metálica, as vedações internas e externas, portas e janelas, e os contraventamento. A imagem 3 remete a uma obra em estrutura metálica durante a sua construção em São Paulo, com elementos lineares.

Figura 3: montagem da estrutura de um edifício em aço



Fonte: dos autores

Nas grandes cidades da Ásia muitas obras já estão sendo produzidas tendo como meta a automação da obra na sua totalidade ou em parte destas. No BIM 4D estão os pontos da gestão da obra, o sistema integrado a software de planejamento gera planilhas de sequências de montagem. Observa-se que o sistema RFID associado ao BIM pode ser aplicado nos componentes estruturais pré-fabricados, para reproduzir o progresso da obra, diagnosticar erros, atrasos e adiamentos no cronograma construtivo (SHI, 2009).

Cai *et al.* (2018) levantaram artigos sobre obras de edifícios altos que aplicavam novas tecnologias entre 2000 e 2017. Eles observaram a aplicação do RFID e a evolução da robotização para fachadas devido à precisão necessária para fixação de painéis e estudos experimentais para estrutura em aço. Entre outros destaques, o experimento de Liang *et al.* foi apresentado em vídeo realizado em 2015. Neste os pilares já estão fixados no local com o conector soldado a ele, onde será fixada a viga por parafusos. O robô realiza “rotação da viga, alinhamento, aparafusamento e descarga”. Minimizando os riscos dos operários em edifícios altos (LIANG *et al.* (2017) apud CAI *et al.* (2018).

A figura 4 mostra a colagem da etiqueta eletrônica RFID na estrutura metálica, esta etiqueta serve para identificar e localizar objetos em tempo real utilizando frequência de onda, ela pode receber e transmitir informações.

Figura 4- RFID tag na construção

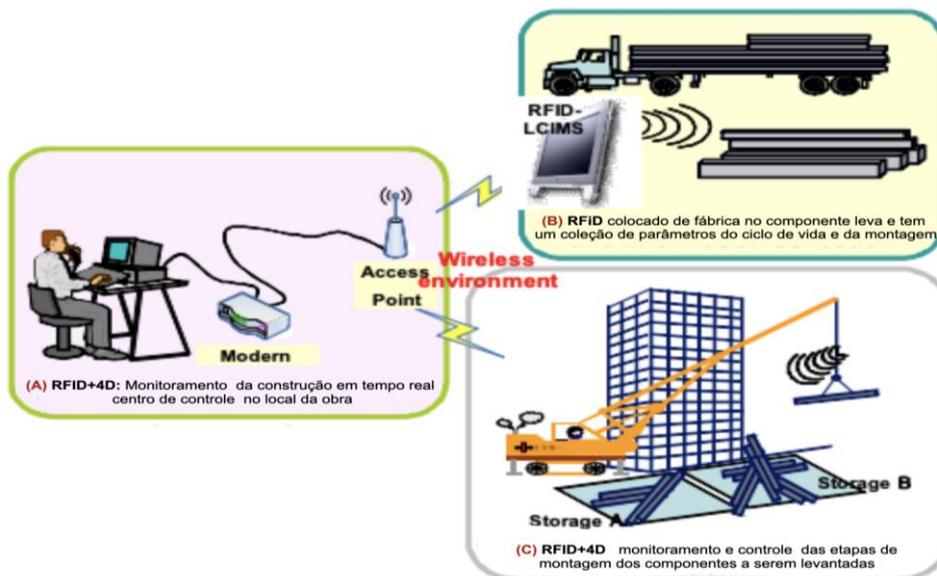


Fonte: ALAGARSAMY, 2010.

O RFID estará associado aos códigos de montagem relacionando as peças que estão representadas no modelo digital pelo sistema BIM. O progresso de montagem reproduzido em um sistema BIM — RFID, com essa etiqueta será possível que gestor por meio de laptop coordene as operações feitas no canteiro, tendo controle sobre o ritmo construtivo, otimizando e permitindo a automatização de parte do processo, ou até mesmo de toda obra.

O processo de construção ganha maior agilidade quando é apoiado equipamentos de movimentação horizontal e/ou vertical motorizados e automatizados com interface Wi-Fi e associados a GPS-RTK, para que o cruzamento de informações entre eles, chamados de pontes tecnológicas, seja possível, como mostra o croqui da figura 5 (CHENG; CHANG, 2011).

Figura 5: Elementos tecnológicos integrado a obra para a automação com RFID



Fonte: adaptado de CHENG; CHANG, 2011, P. 4.

De acordo com Cheng Chang (2011) o BIM 4D permite a simulação das etapas da obra para evitar conflitos e “problemas logísticos durante a fase de construção.” Como destacado acima, o sistema RFID tem que estar instalado no local da obra completo, com modem e antenas de transmissão de radiofrequência, como mostra a figura 5 croquis A. Com a *tag* RFID instalada no componente (Figura 5 croqui B), se fará a leitura relativa a ações operacionais como o transporte, e se procede à montagem por meio das guias todas Integradas com sistema autônomo com o sistema Wi-Fi, como se observa na Figura 5 Croqui C.

Nos edifícios verticais, o planejamento das etapas de montagem de cada peça na obra deve ser cuidadosamente detalhado, pois esta depende do tipo de grua que se tem no local, e da liberdade de giro desta para se movimentar a grua ou os elementos de transporte vertical e horizontal.

Como destacado acima, o sistema RFID têm que estar no local com modem e antenas de transmissão de radiofrequência, com a *tag* RFID instalada no componente que se fará a leitura de qual peça que será transportada, e se procede à montagem por meio das guias todas integradas com sistema autônomo e com o sistema Wi-Fi.

Com o BIM 9 D e 10D se integra a produção com o planejamento da obra, neste sentido os componentes seriam somente produzidos a partir da necessidade da obra, gerando um canteiro enxuto, inclusive avaliando o clima na hora da montagem, evitando horário de pico etc. devido à integração ao GPS-RTK. Essas tecnologias integradas ao BIM 10 D, irão permitir em tempo real “monitorar e controlar tarefas”, bem como “automação das etapas da obra” (ERSHADI *et al.*,2021).

Outro aspecto relevante é que o 7D, o BIM avalia os dados sobre o ciclo de vida da obra e de seus componentes, já o RFID permite recuperar informações sobre os elementos pré-fabricados, bem como sobre as datas indicadas para a manutenção.

5 CONCLUSÃO

As plataformas voltadas para o sistema BIM permitem uma ampliação do conceito do projeto ao tratar o modelo paramétrico de modo a conter além das informações geométricas, como as informações sobre os componentes da edificação. Nas últimas atualizações passou a incluir informações desde a escolha dos materiais, apoiando todo o processo construtivo, englobando os conceitos relacionados ao ciclo de vida das edificações. O sistema permite um trabalho colaborativo dos diferentes projetos, de forma que as modificações podem ser incorporadas em tempo real.

O processo construtivo em estruturas pré-fabricadas integrados aos equipamentos de georreferenciamento GPS-RTK permitirá a locação precisa dos componentes na obra e seus ajustes em tempo real, bem como o alinhamento vertical da estrutura, a sua integração ao sistema BIM.

No âmbito de obras gerais estes sistemas integrados pela comunicação Wi-Fi com o GPS-RTK, BIM e RFID promovem um ganho de qualidade, e um maior controle sobre as obras com minimização dos custos com as áreas para armazenamento no canteiro devido conceito da construção enxuta bem como o controle da obra em tempo real.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Lohan Oglouyan Brandão por sua contribuição nesta pesquisa.

REFERÊNCIAS

Aisc - american institute of steel construction. Jobsite layout, mobilization, equipment and coordination. Chicago, il, 2005.

Brasil.nº 9.37. Institui a estratégia nacional de disseminação do building information modelling. Maio, 2018.

Bruna, j. V. Arquitetura, industrialização e desenvolvimento. 2ª ed. São paulo: perspectiva, 2002 p.17-31

Burrattino, s. Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios, são paulo, poli-usp, tese de livre docência, 2001.

Bibluz. As dez dimensões do bim. 2018. Disponível <https://biblus.accasoftware.com/ptb/as-dimensoes-do-bim-3d-4d-5d-6d-7d/> em acesso em 10.fev.2023.

Cai, shiyao *et al.* Application of automation and robotics technology in high-rise building construction: an overview. In: isarc. Proceedings of the international symposium on automation and robotics in construction. Iaarc publications, 2018. P. 1-8.

Disponível em iaarc.org/publications/2018_proceedings_of_the_35th_isarc/application_of_automation_and_robotics_technology_in_high_rise_building_construction-an_overview.html
Acesso 1 de abr. 2023.

Castro, priscila. Bim: quem é quem. Au arquitetura e urbanismo, são paulo. Edição especial. P61. Jul 2011.

Ceccato, cristiano. Bim na prática. Revista au arquitetura e urbanismo, são paulo. Edição especial. P61. Jul. 2011.

Cheng, min-yuan; chang, n. Radio frequency identification (rfid) integrated with building information model (bim) for open-building life cycle information management. Proceedings of the 28th isarc, p. 485-490, 2011.

Dnit. A criação do bim. 2021. Disponível em acesso em 5.fev.2023.

Ershadi, mahmoud *et al.* Implementation of building information modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies. International journal of information systems and project management, v. 9, n. 4, p. 43-59, 2021. Disponível em researchgate.net/publication/357279597_implementation_of_building_information_modelling_in_infrastructure_construction_projects_a_study_of_dimensions_and_strategies acesso em 15.fev. 2023.

Iacovidou, eleni; purnell, phil; lim, ming k. The use of smart technologies in enabling construction components reuse: a viable method or a problem creating solution? Journal of environmental management, v. 216, p. 214-223, 2018.

Kassem, mohamad; leusin de amorim, s. R. Bim building information modeling no brasil e na união europeia. 2015.

Liang, ci-jyun; kang, shih-chung; lee, meng-hsueh. Ras: a robotic assembly system for steel structure erection and assembly. International journal of intelligent robotics and applications, v. 1, p. 459-476, 2017.

Lopes, juliano marçal. Uso de tecnologia gnss-rtk no controle automatizado de máquinas de construção civil e infraestrutura viária. 2017. Dissertação (mestrado) - universidade estadual de campinas, faculdade de engenharia civil, arquitetura e urbanismo, campinas, sp. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/reposip/321810> acesso em 10.maio.2018.

Pinheiro, José Maurício Santos. Rfid- identificação por radiofrequência. 2004. Disponível em: http://www.projetederedes.com.br/artigos/artigo_identificacao_por_radiofrequencia.php acesso em 02/08/2018.

Prontoeng. As dez dimensões do bim. Disponível em https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3a%2f%2fwww.facebook.com%2fprontoeng%2f%3flocale%3dpt_pt&psig=aovvaw2wuw0a51shod650mp3zlq&ust=1681748089551000&source=images&cd=vfe&ved=0cbmqjhxqfwotcji42_7lrv4cfqaaaaadaaaaabav acesso em 10.abril. 2023.

Rosso, silvana maria. Bim: quem é quem. Au arquitetura e urbanismo. São paulo. Edição especial. P61. Jul 2011.

Shi, wei. Framework for integration of bim and rfid in steel construction. 2009. Tese de doutorado, florida university, florida, eua, 2009.

Spence, william p.; kultermann, eva. Construction materials, methods and techniques. Boston:cengage learning, 2016.

Smith, ryan e. Prefab architecture: a guide to modular design and construction. New york: john wiley & sons, 2010

Simões, diogo gonçalves. Manutenção de edifícios apoiada no modelo bim. Doutorado em engenharia civil, técnico de lisboa, lisboa, 2013. Disponível em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadfile/395145922989/vers%c3%a3o%20final%20tese-corrigida.pdf> acesso em 10. Jun. 2018

Tekla. Software tekla structures para bim. Disponível em < <https://www.tekla.com/br/produtos/tekla-structures>> acesso em 11.out.2018.

Trimble. Trimble introduces rfid system for real-time construction equipment identification and tracking. Disponível em <https://investor.trimble.com/news-releases/news-release-details/trimble-introduces-rfid-system-real-time-construction-equipment> acesso em 10.fev.2023.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-025>

Silvana Carloto Andres

Mestre em Enfermagem. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Liane Bahú Machado

Mestre em Enfermagem. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Marjana Pivoto Reginaldo

Enfermeira. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Thaynan Silveira Cabral

Enfermeira. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Jozéli Fernandes de Lima

Enfermeira. Universidade Federal de Santa Maria.

Mariana Camargo Borges

Graduanda em Enfermagem. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Raquel Einloft Kleinubing

Doutora em Enfermagem. Universidade Federal de Santa Maria.

Iris Elizabete Messa Gomes

Mestre em Enfermagem. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Eva Inês Vilanova Ribeiro Freitas

Mestre em Enfermagem. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

Gloria Cogo Bassin

Enfermeira. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões.

1 INTRODUÇÃO

A alta hospitalar é uma ferramenta utilizada para fortalecer o autocuidado do paciente, aumentar a adesão ao tratamento, qualificar o cuidado domiciliar e reduzir as readmissões hospitalares (FONTANA; CHESANI; MENEZES, 2017). O plano de alta hospitalar serve como estratégia para dar continuidade aos cuidados em casa, com ações que devem ser programadas de forma gradativa. Estas

RESUMO

A alta hospitalar tem por finalidade manter a segurança dos pacientes, sem oferecer dificuldades aos mesmos ou a seus familiares. Entre os pacientes que recebem alta hospitalar com cateter vesical de demora é comum o desenvolvimento de complicações que, com frequência, levam a reinternações hospitalares. O objetivo deste estudo foi elaborar um plano de alta hospitalar ao paciente que faz uso de cateter vesical de demora. A intervenção do projeto se deu por meio da construção de dois instrumentos, baseados na revisão narrativa na literatura; um plano de alta hospitalar e um folder explicativo sobre orientações para o paciente com uso de cateter vesical de demora. A estratégia utilizada para a construção desses materiais foi a de programas de gerenciamento clínico de pacientes ou doenças, coordenados por um provedor ou cuidador (case manager). A técnica de inserção, manutenção e permanência do cateter vesical deve ser avaliada pelo enfermeiro de acordo com as condições clínicas de cada paciente, e este, não deve ser mantido sem indicação clínica criteriosa, atentando à prevenção de infecções urinárias, dor, desconforto e trauma uretral. O envolvimento do enfermeiro no procedimento de cateterismo vesical e no momento da alta impacta positivamente nos desfechos clínicos, pois ele é um dos profissionais que acompanha o paciente durante toda a internação. Um plano de alta pode promover a saúde do paciente e esclarecer dúvidas aos familiares, levando a um cuidado mais seguro no domicílio, evitando complicações, reinternações evitáveis e gastos desnecessários do sistema público de saúde.

Palavras-chave: Cateter Vesical de Demora, Cuidados de Enfermagem, Alta Hospitalar.

iniciam no momento da internação do paciente e devem percorrer até o momento da alta. Ainda é fundamental a participação da família no processo (VIANA, 2016).

O momento ideal para iniciar o planejamento da alta é logo após a admissão do paciente ou mesmo antes da internação, em nível ambulatorial. O planejamento da alta hospitalar é um aspecto que integra a assistência de enfermagem; sendo assim, faz parte do Processo de Enfermagem, porém, às vezes não tem sido priorizado dentre as atividades que estão sob a responsabilidade do enfermeiro (SUZUKI; CARMONA; LIMA, 2011).

A implementação da assistência de enfermagem sistematizada pela efetivação do planejamento de alta faz com que a internação se torne uma experiência de aprendizado e cria um espaço mais humanizado, deixando, dessa forma, a alta hospitalar com resolutividade. Esse aspecto não apenas dá solução para o problema de saúde atual do paciente, mas também fornece orientações e informações necessárias sobre cuidado e autocuidado, atuando de forma preventiva (DELATORRE et al., 2013).

Com ênfase no cateterismo vesical de demora, diversas são as questões que podem impactar em um melhor desfecho do paciente em pós-alta. Entre elas, destaca-se a avaliação criteriosa na necessidade de manutenção do cateter, os cuidados no manuseio do mesmo – que transitam desde a colocação, troca e manutenção –, os cuidados de higiene do paciente, etc. Além disso, as orientações ao paciente e o preparo para a alta hospitalar devem ser individualizadas e embasadas em evidências científicas (ANDRADE; FERNANDES, 2016).

A problemática desse estudo envolve pacientes internados no Hospital de Caridade de Jaguari que passam por cateterismo vesical de demora e têm desfechos indesejados como infecções urinárias e traumas uretrais. Hoje, o hospital não possui um instrumento que norteie as informações a serem transmitidas aos pacientes durante a internação e na alta hospitalar, e diversos desconhecem o fluxo de serviços do município. Cabe ressaltar que instruções no cuidado intra e extra-hospitalar e no direcionamento da busca dos serviços de saúde e da rede de atenção do município podem evitar esses desfechos.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi elaborar um plano de alta hospitalar para pacientes com uso de cateter vesical de demora (CVD). E como questão norteadora desse estudo: quais os cuidados a serem realizados em pacientes com CVD em ambiente hospitalar e extra-hospitalar?

2 MÉTODO

O método deste trabalho é a revisão narrativa da literatura. Esse tipo de estudo fundamenta-se a partir da disseminação de contribuições teóricas. Os artigos de revisão narrativa são publicações adequadas para descrever um determinado assunto sob o ponto de vista teórico (ROTHER, 2007).

A revisão narrativa da literatura – ocorrida no primeiro semestre de 2017 – incluiu fontes

impressas e *on-line*, a exemplo de livros e artigos de periódicos. O acesso às referências impressas foi realizado por meio do acervo da biblioteca da Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) e de arquivo pessoal. As referências *on-line* foram obtidas nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS) e Literatura Internacional em Ciências da Saúde (MEDLINE). Também foram utilizadas buscas em sites que possuem dados públicos, como o do Departamento de Informática do SUS (DATASUS), da Sociedade Brasileira de Urologia (SBU) e da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Na segunda fase, foi selecionada toda a bibliografia considerada relevante e relacionada ao objetivo proposto. Foram incluídos artigos nos idiomas português e inglês publicados no período de 2011 a 2017. Serviram como critérios de exclusão: a inacessibilidade do texto completo por via eletrônica ou impressa; trabalhos escritos em outras línguas; e trabalhos que não contemplavam o processo de alta hospitalar ou os desfechos relacionados ao uso de cateter vesical de demora (CVD). O conteúdo pesquisado foi categorizado de acordo com os critérios de inclusão, possibilitando a posterior construção dos materiais.

Conforme a Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) (BRASIL, 2012), pela natureza deste trabalho envolver somente dados oriundos de bancos de dados de uso e acesso público, o mesmo se isenta da necessidade de aprovação por um comitê de ética em pesquisa. Será respeitada a Lei nº 9.610/1998, que dita sobre a propriedade intelectual. Para isso, será dada a devida autoria de todas as obras pesquisadas utilizadas nesta pesquisa. Foi entregue uma carta de anuência ao Hospital de Caridade de Jaguari.

Assim, o campo do estudo foi o Hospital de Caridade de Jaguari, localizado na cidade de Jaguari, Região Centro-oeste do Estado do Rio Grande do Sul. A cidade consta com uma população de 11.473 habitantes (IBGE, 2016).

Segundo dados do Cadastro Nacional de Estabelecimento de Saúde (CNES), o hospital possui nível de atenção de média complexidade e é constituído por 51 leitos, dos quais 32 são destinados ao SUS. Os leitos são voltados para pré e pós-cirúrgicos, clínica geral, obstetrícia, isolamento e pediatria. O fluxo de atendimento é de demanda espontânea e referenciada das Estratégias de Saúde da Família (ESFs) e demais municípios da região. Atualmente, possuiu uma equipe de 42 profissionais de enfermagem, sendo cinco desses enfermeiros e os demais técnicos de enfermagem (BRASIL, 2016).

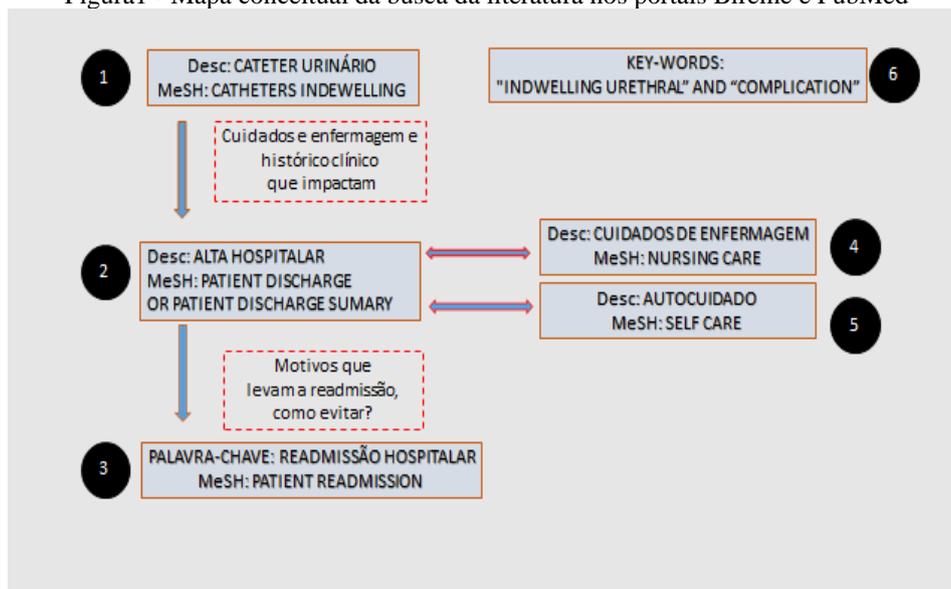
Para a produção dos instrumentos, que neste estudo têm foco na alta do paciente com CVD, na equipe de enfermagem que o acompanha, na ESF, no paciente e no cuidador. utilizou a estratégia de programas de gerenciamento clínico de pacientes ou doenças, as quais são coordenadas por um provedor ou cuidador (case manager) que pode ou não ser o responsável direto pelo cuidado. O gerenciamento de caso (GC) é um método de cuidado com um objetivo comum para toda a equipe de

saúde na busca de resultados de qualidade para o paciente, família e membros envolvidos na assistência, com boa relação de custo-benefício, flexível a qualquer ambiente de cuidado, priorizando as populações que demandam assistência específica contínua e qualificada por um longo período de tempo (SILVEIRA et al., 2013). Os produtos elaborados foram: fluxograma de atendimento do paciente com CVD, Folder explicativo sobre orientações para o paciente com uso de CVD, Plano de cuidados para alta hospitalar de paciente adulto com CVD.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A revisão da literatura seguiu as estratégias de busca demonstradas na Figura 1. Nas Figuras 2, 3 e 4 estão identificados os artigos e materiais encontrados. A Figura 1 apresenta os descritores utilizados nos portais Bireme (Decs e palavra-chave) e PubMed (MeSH). As combinações feitas na busca foram 1 AND 2; 1 AND 3; 1 AND 4; 1 AND 5; 1 AND 4 AND 2; 6.

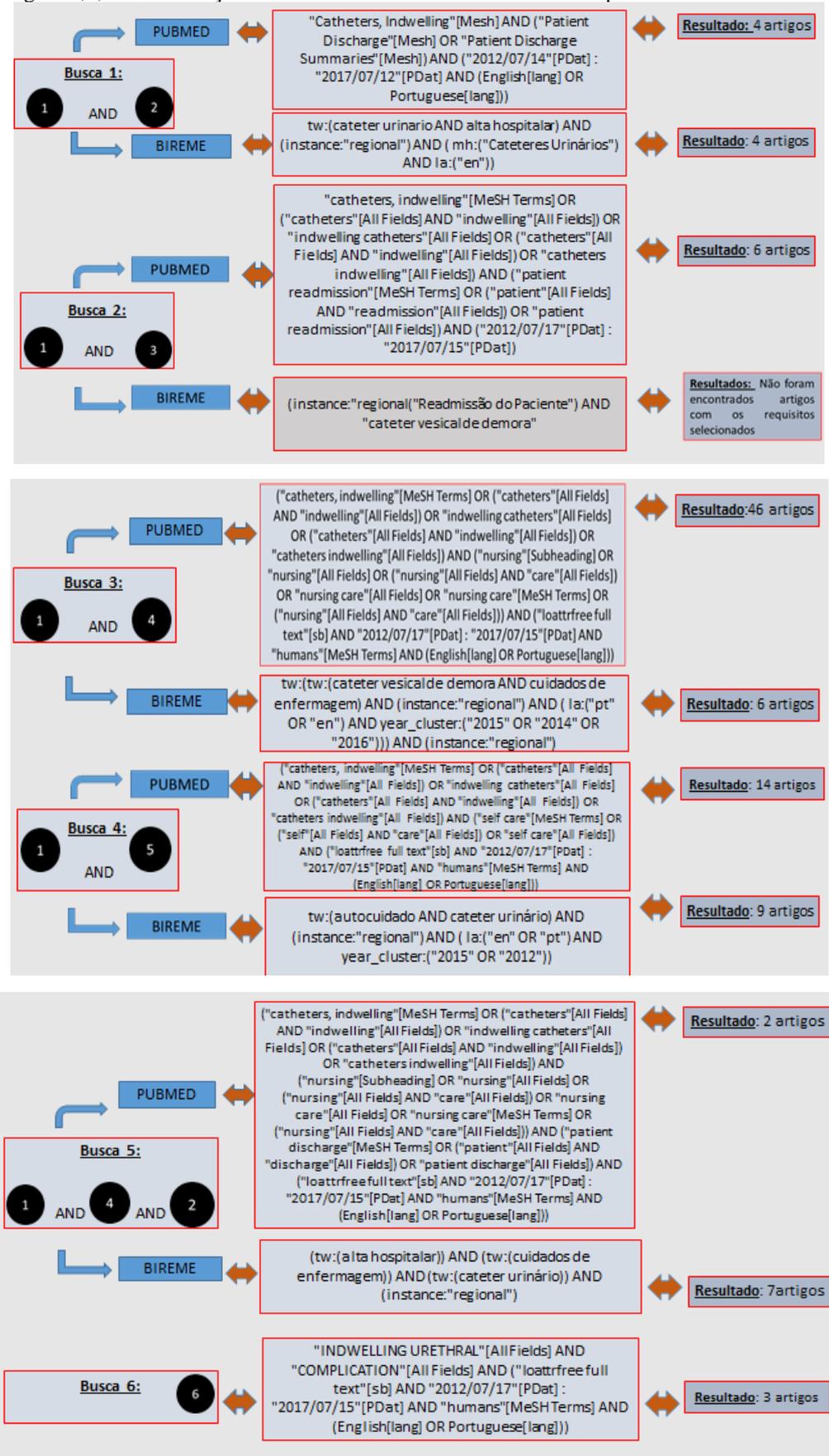
Figura1 - Mapa conceitual da busca da literatura nos portais Bireme e PubMed



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Na Figura 2, consta os resultados das combinações dos descritores utilizados nos portais Bireme (Decs e palavra-chave) e PubMed (MeSH), conforme combinação da 1.

Figura 2,3,4 - Combinações dos descritores utilizados na busca nos portais Bireme e PubMed

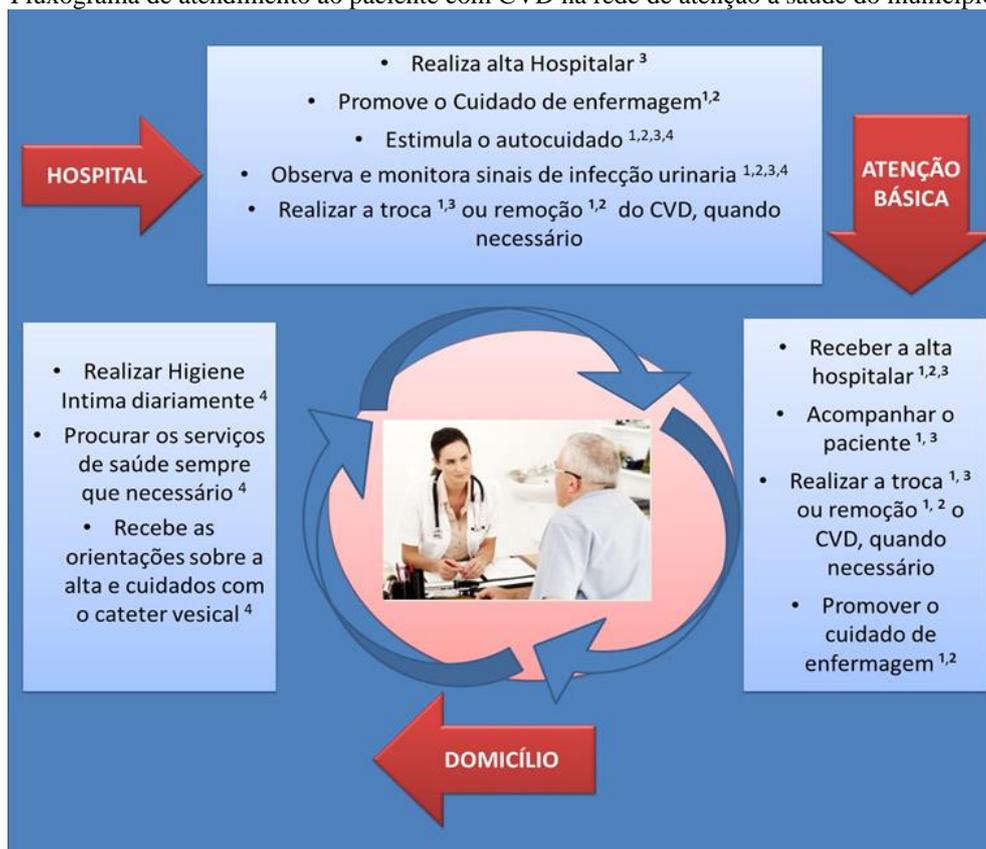


Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Através da busca nas bases de dados foram achados 101 artigos, 33 respondiam à questão norteadora da revisão e assim foram utilizados para elaboração do estudo.

Como produto inicial deste estudo, foi identificado o fluxo de atendimento dos pacientes com uso de cateter vesical de demora (CVD) no município de Jaguari, RS (Figura 5). O fluxo de atendimento aos pacientes com CVD foi construído em base no modelo proposto pela American Hospital Association (2013) e adaptado às rotinas do município.

Figura 5 - Fluxograma de atendimento ao paciente com CVD na rede de atenção à saúde do município de Jaguari



Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Legenda: Os números identificam os atores das ações descritas, sendo ¹ enfermeiro(a), ² técnico (a) de enfermagem, ³ médico(a), ⁴ cuidadores(as) e/ou paciente.

O fluxo de atendimento do paciente no município de Jaguari acontece na rede de Atenção Básica de segunda à sexta-feira, das 08h às 12h e das 13h às 17h. Após esse horário, bem como em fins de semana e feriados – quando as Estratégias Saúde da Família (ESFs) não realizam atendimento –, os pacientes procuram o serviço no Pronto de Atendimento Hospitalar, que possui plantão médico 24h. Os pacientes que necessitam de internação hospitalar podem ser encaminhados pelos médicos das ESFs aos médicos plantonistas no hospital ou, após triagem, no atendimento hospitalar. Quando os pacientes recebem alta hospitalar, eles são encaminhados ao seu domicílio com receita médica e orientações de enfermagem apenas verbais. As ESFs, por sua vez, não são informadas da alta do paciente. Nesse momento, os serviços de saúde da Atenção Básica somente são informados caso o

paciente necessite de transportes especiais, como ambulância.

Por meio da revisão da literatura, foi possível identificar que o cateterismo vesical é um procedimento praticado com frequência e que tem sido utilizado não só para o tratamento de patologias, mas também para o diagnóstico, como, por exemplo, na urocultura. É um processo invasivo em que se insere um cateter uretral até a bexiga com a finalidade de drenagem da urina em pacientes com problemas de eliminação urinária. No entanto, sua execução pode ter sérias complicações se não for realizada com os cuidados básicos da instrumentação urológica, como a exemplo da infecção do trato urinário e do trauma uretral (ERCOLE et al., 2013). A drenagem da urina pela técnica de cateterismo pode ser realizada pelas formas de sistema aberto (intermitente ou alívio), de sistema fechado (demora) e por via suprapúbica (ALMEIDA; LINDOSO; PESSOA, 2016).

3.1 ESCOLHA DO MATERIAL PARA USO DE CVD

Diferentes materiais são utilizados na confecção dos cateteres uretrais, como borracha, silicone, látex, plástico (PVC), vidro, metal (de uso pouco frequente) ou poliuretano. Esses cateteres podem, ainda, ser siliconizados ou revestidos por teflon. Os tamanhos dos cateteres variam de acordo com a escala Charrière (Fr), que progride um terço de milímetro por número. Assim, um cateter com calibre 18 Fr possui 6 milímetros de diâmetro. Os cateteres seguem as seguintes medidas: de 6 a 12 Fr para crianças; de 10 a 14 Fr para mulheres; e de 10 a 18 Fr para homens, sendo que sua numeração pode chegar a 24 Fr. Em pacientes com piúrica ou submetidos à ampliação vesical, podem ser necessários cateteres com calibres ou orifícios maiores. De modo geral, o cateter com 12 Fr é utilizado pela maioria dos pacientes (TRUZZI et al., 2016). No entanto, sugere-se escolher o cateter de menor calibre possível, a fim de garantir a drenagem adequada e minimizar ocorrências de trauma (MAZZO et al., 2011).

Na prática clínica, o cateter de Folley é o mais utilizado no cateterismo de demora, ocorrendo melhora significativa nas complicações associadas quando este é confeccionado com silicone (MAGALHÃES et al., 2014).

3.2 INFECÇÃO RELACIONADA AO CVD, FATORES DE RISCO E AÇÕES PARA PREVENÇÃO

As ITU podem corresponder de 35 a 45% das infecções hospitalares, sendo 80% delas atribuídas à inserção/manutenção e ao tempo de permanência do cateter vesical, por ser um procedimento invasivo e comum nas unidades hospitalares, em especial UTI (CUNHA et al., 2013; QUEIROZ et al., 2011; MENEGUETI et al., 2012; CARDOSO; MAIA, 2014).

A Anvisa (BRASIL, 2013) preconiza quatro medidas, as quais são as principais recomendações para a prevenção de ITU associada à assistência de saúde: realizar a técnica asséptica na inserção do

cateter; rever a necessidade de manter o cateter e removê-lo assim que possível; evitar o uso desnecessário de cateteres urinários de demora; e manter o emprego de cateteres urinários somente com base em guias de orientação recomendados pelo Ministério da Saúde.

3.3 CUIDADOS DE ENFERMAGEM E/OU AÇÕES PARA A REDUÇÃO DE COMPLICAÇÕES COM O CVD

Geralmente, a prescrição da retirada do cateter é médica (BRASIL, 2017). Entretanto, a equipe de enfermagem deve estar atenta à fixação do cateter, que deve ser feita com fita hipoalergênica. Nas mulheres, o cateter deve ser fixado na face interna da coxa, e nos homens, na região inferior do abdômen, com o pênis direcionado para o peito ou na porção anterior da coxa, deixando-o folgado para que não haja tração (SILVA; BRANDÃO; MEDEIROS, 2014).

A bolsa coletora deve ser esvaziada regularmente para evitar o risco de refluxo, isto é, a cada 6 horas ou quando o volume urinário atingir dois terços de sua capacidade, a bolsa deve ser esvaziada, sempre em recipientes individualizados, com cuidado para não tocar o ducto de drenagem em objetos ou superfícies (MERCES, 2013).

Para a prevenção e redução das ITUs, a melhor estratégia voltada para os pacientes internados é a elaboração de protocolo sobre CVD e investimentos em capacitações para as equipes, o que colabora para a adequação do procedimento. (FIGUEIREDO; VIANNA, 2013). Nesse sentido, a fim de orientar o paciente e seu familiar, foi criado um material educativo que visa esclarecer dúvidas corriqueiras quanto ao cuidado em domicílio (Figura 4).

Figura 6 - Folder explicativo sobre orientações para o paciente com uso de CVD

ONDE PROCURAR CASO TENHA DÚVIDAS/ INTERCORRÊNCIAS

- **Centro Municipal de Saúde de Jaquari:**
Rua Sete de Setembro, 1090. Centro. (55) 3255-2799.
 - **ESF Central:**
Rua Prefeito Enio Décimo, 121. Centro.
 - **ESF Rivera:**
Rua Júlio de Castilhos, 820. Rivera.
- * Os serviços acima funcionam das 08:00 às 17hrs de segunda à sexta-feiras
- **Hospital de Caridade de Jaquari:**
Rua Sete de Setembro, 910. Centro. (55) 3255-1114.

SINAIS DE ALERTA PARA PROCURAR O SERVIÇO DE SAÚDE

- Sangue dentro do saco coletor da sonda vesical;
- Urina vazando fora da sonda;
- Febre acima de 38^o C e calafrios.
- Dor na bexiga

CUIDADOS DOMICILIARES COM A SONDA VESICAL DE DEMORA

Referências

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Medida de Prevenção de Infecção Relacionada à Assistência à Saúde (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Brasil: Anvisa, 2017).

Material elaborado por Silvana Andréa (Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Enfermagem-UNISINOS), Priscila Lara (Mestranda do Programa de Mestrado Profissional em Enfermagem-UNISINOS).

Você ou seu cuidador pode fazer em sua casa!

- ✓ Realizar sua higiene, íntima, com água e sabonete e sempre seque a sonda e o saco coletor. Não deixar eles molhados.
- ✓ Esvaziar o saco coletor da sonda sempre que estiver com metade da sua capacidade preenchida de urina.



Você deve evitar!

- Evitar puxar ou empurrar a sonda isso pode provocar feridas e dor na bexiga e na uretra.
- NÃO colocar o saco coletor no chão, isso evita que as bactérias do chão contaminem a sonda
- Não levantar o saco coletor acima do nível da bexiga.

Procure o serviço de saúde mais perto da sua casa mensalmente para avaliar sua sonda



Anotações

Data da troca				
Calibre da sonda				
Volume utilizado no balonete				
Profissional COREN				
Data prevista para retorno ao serviço				

Observações: _____

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

Estimular os enfermeiros a escrever no prontuário a assistência prestada ao paciente com uso do CVD, indicando o calibre do cateter, as dificuldades encontradas na sua inserção e outras intercorrências, respalda ética e legalmente o profissional responsável pelo cuidado (CONTERNO; LOBO; MASSON, 2011).

Outra informação necessária – e que deve estar registrado no prontuário do paciente – diz respeito à insuflação do balonete do cateter com água destilada. Quanto maior o balonete, maior a quantidade de urina residual, fator que pode aumentar a ocorrência de infecção urinária. Portanto, o ideal é insuflar o balonete com 10 a 15 mL (SPERANCETA; OSELAME; OLIVEIRA, 2016). De acordo com a Anvisa, deve-se, no processo de insuflar o balonete, utilizar água destilada, pois o cloreto de sódio é capaz de cristalizar após longo período de permanência do cateter, o que pode ocasionar dificuldade ao desinflar o balão no momento da retirada do cateter. O teste prévio do balonete tende a confirmar sua integridade, prevenindo traumas e a saída acidental do cateter. Ainda, é importante realizar apenas uma tentativa de inserção permitida para cada cateter, ou seja, um novo cateter deve ser utilizado para cada nova tentativa (BRASIL, 2013; MAZZO et al., 2011; ARAÚJO; CRUZ, 2016).

3.4 INDICAÇÃO DE ANTIBIOTICOTERAPIA

Estima-se que cerca de 20 a 50% dos pacientes hospitalizados são submetidos à cateterização vesical, e que até 38% dos médicos podem desconhecer que o seu paciente está fazendo uso de CVD, o que colabora para que o dispositivo seja mantido mais do que o tempo necessário, contribuindo para

o crescimento bacteriano, processo inicia após a instalação do cateter (em uma proporção de 5 a 10% ao dia) e estará presente em todos os pacientes ao fim de quatro semanas. Dessa forma, a bacteriúria se torna praticamente universal em torno do trigésimo dia em pacientes com uso de CVD (CONTERNO; LOBO; MASSON, 2011; SPERANCETA; OSELAME; OLIVEIRA, 2016).

O tratamento de bactérias na urina em pacientes com CVD deve ser evitado na ausência de sintomas, pois isso pode aumentar a taxa de resistência a antibióticos sem erradicar a bactéria (TENKE et al., 2017). Já o tratamento com antibiótico sistêmico é indicado apenas para infecções sintomáticas (disúria, urgência miccional, polaciúria, nictúria e dor suprapúbica, podendo haver hematúria; febre é pouco comum) (TONIAL, 2017).

3.5 PLANEJAMENTO DA ALTA HOSPITALAR PARA O PACIENTE EM USO DE CATETER VESICAL DE DEMORA

Devido ao envolvimento do enfermeiro no procedimento de cateterismo vesical, é importante que, no momento da alta, ele se faça presente. Ainda, recomenda-se que o planejamento da alta hospitalar seja uma atividade inserida no dia a dia do enfermeiro. Porém, estudos apontam que há pouca disponibilidade do profissional para atender ao planejamento da alta hospitalar no processo de enfermagem (SUZUKI; CARMONA; LIMA, 2011).

Acredita-se que o plano de alta é uma ferramenta para garantir a continuação do cuidado após a hospitalização (OLIVEIRA, 2016). Para suprimir essa lacuna, foi elaborado um plano (Quadro 1) com os cuidados mais frequentes encontrados na literatura, que apresentam relação com os desfechos clínicos de pacientes com CVD.

Quadro 1- Plano de cuidados para alta hospitalar de paciente adulto com CVD

HISTÓRICO DO PACIENTE	
DADOS DE IDENTIFICAÇÃO	
Nome:	
Sexo:	masculino <input type="checkbox"/> feminino <input type="checkbox"/>
Data de nascimento:	Idade:
Endereço residencial:	
Telefone para contato:	
1.1 Responsável pelo paciente	
Nome:	
Telefone:	

O responsável é o cuidador do paciente: <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> não	
Nome do cuidador:	
Telefone do cuidador (preferência celular):	
HISTÓRIA CLÍNICA	
2.1. O paciente apresenta alguma das comorbidades listadas abaixo?	
Diabetes mellitus	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Hipertensão	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Neoplasias	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Sequelas de acidente vascular cerebral	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Parkinson	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Alzheimer	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não
Outra:	
Medicações de uso contínuo (listar as medicações): <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
Medicação:	Dose:
2.1. O paciente apresenta alguma das comorbidades listadas abaixo?	
Condições anteriores à internação:*	<input type="checkbox"/> Incontinência urinária <input type="checkbox"/> Retenção urinária <input type="checkbox"/> Cateter Vesical/Suprapúbica <input type="checkbox"/> Infecção urinária <input type="checkbox"/> Paciente acamado <input type="checkbox"/> Lesão por pressão <input type="checkbox"/> Outros:
*Indique qualquer condição que existiu anterior a internação.	
2.2. Dados da internação	
Data da internação:	Data da alta:
Motivo da Internação:	
Condição no momento da internação:*	
*Breve resumo sobre as condições do paciente no momento da internação (p. ex., encontrava-se lúcido, caminhando; já fazia uso de	

cateter vesical de demora; etc.).	
<p>Sistema Urinário: Sonda vesical de demora. Vias:___ Calibre:___Fr Balonete:_____ mL Aspecto: Hematúria <input type="checkbox"/> Normal<input type="checkbox"/> Piúria <input type="checkbox"/></p>	
Motivo da colocação do cateter vesical de demora:	<input type="checkbox"/> Retenção urinária <input type="checkbox"/> Pré-operatório <input type="checkbox"/> Pós-operatório <input type="checkbox"/> Monitorização do débito urinário <input type="checkbox"/> Determinação de urina residual <input type="checkbox"/> Bexiga neurogênica <input type="checkbox"/> Paciente prostático <input type="checkbox"/> Hematúria macroscópica <input type="checkbox"/> Paciente paraplégico ou tetraplégico <input type="checkbox"/> Outro. Qual?_____
Alterações masculinas que interferem no procedimento:	<input type="checkbox"/> Hipospadia <input type="checkbox"/> Fimose <input type="checkbox"/> Hiperplasia prostática <input type="checkbox"/> Ulceração da glândula <input type="checkbox"/> Feridas perineais
Alterações femininas que interferem no procedimento:	<input type="checkbox"/> Uretra no interior do canal vaginal <input type="checkbox"/> Citostomia <input type="checkbox"/> Feridas perineais
Condições no momento da alta:	<input type="checkbox"/> Paciente ou familiar presta autocuidado sem necessidade de interação. <input type="checkbox"/> Paciente ou familiar com alguma dificuldade no manuseio da sonda e com necessidade de monitoramento frequente. <input type="checkbox"/> Paciente ou familiar com extrema dificuldade no manuseio da sonda e com necessidade de monitoramento constante; apresenta história de reinternação.
No momento da realização do procedimento, houve alguma intercorrência?	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Sim. Qual?_____ <input type="checkbox"/> Sangramento <input type="checkbox"/> Não foi possível passar a sonda <input type="checkbox"/> Dor intensa
Período de permanência do cateter vesical de demora:	
Durante esse período, houve necessidade de troca?	Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Se houve troca, qual foi o motivo?	<input type="checkbox"/> Obstrução do cateter <input type="checkbox"/> Desconexão do sistema coletor <input type="checkbox"/> Problemas com o coletor de urina

	<input type="checkbox"/> Contaminação na técnica de instalação ou na manutenção do cateter. <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____
Aconteceu intercorrências do uso do cateter vesical de demora?	<input type="checkbox"/> Sim. Qual? <input type="checkbox"/> Desconexão acidental do cateter para bolsa <input type="checkbox"/> Perfuração do balonete <input type="checkbox"/> Obstrução do cateter <input type="checkbox"/> Fístula de bexiga <input type="checkbox"/> Falso trajeto <input type="checkbox"/> Sangramento <input type="checkbox"/> Outro. Qual? _____
Prognóstico geral: * *Melhor descrição para a reabilitação do paciente.	<input type="checkbox"/> Mal – pouca ou nenhuma recuperação é esperada. <input type="checkbox"/> Regular – recuperação parcial. <input type="checkbox"/> Bom – recuperação total.

CUIDADOS PLANEJADOS PARA O PÓS-ALTA

Cuidados/Metas	Problema	Intervenção
Evitar infecções urinárias.	CVD de longa permanência.	Realizar a troca de todo o sistema OU Remover o CVD, conforme indicação médica.
Manutenção do CVD.	CVD de longa permanência. Desconexão acidental. Obstrução do CVD. Contaminação do sistema. Mau funcionamento do cateter.	Realizar a troca de todo o sistema.
Realizar a higiene íntima.	Infecção. Desconforto.	Realizar a higiene rotineira/diária do meato urinário com água e sabão, durante o banho e/ou em todas as trocas de fraldas.
Registrar os cuidados no prontuário.	Evitar o uso prolongado do CVD.	Realizar o registro no prontuário do paciente para monitoramento do tempo de permanência e de complicações ou intercorrências. Realizar, também, o registro do tipo e número da sonda, bem como da quantidade de água dentro do balonete.
Fixar o cateter.	Evitar a tração do CVD. Úlcera de meato urinário, por manter o cateter sempre na mesma posição. Lesão uretral. Desconforto.	Fixar corretamente o cateter conforme o sexo do paciente.
Esvaziar a bolsa coletora.	Evitar desconforto e/ou dor.	Manter a bolsa coletora abaixo do nível da cama ou do assento da cadeira. Esvaziar com frequência, evitando que a urina retorne para dentro da bexiga ou que o aumento da pressão na bexiga impeça que a urina drene para o coletor.

DADOS DO PROFISSIONAL

Nome do profissional (por extenso) OU carimbo	COREN:
---	--------

Fonte: Elaborado pela autora (2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Salienta-se que a construção desta proposta de plano de alta tem por finalidade direcionar e auxiliar os profissionais de saúde nas orientações de alta, porém, não deve substituir a avaliação do enfermeiro e a individualização do plano de alta, pois a enfermagem, mediante sua formação, contribui efetivamente no planejamento, na execução e na avaliação da alta hospitalar individualizada, bem como nas ações de prevenção e promoção de saúde para o paciente internado que faz uso de CVD. É necessário que a equipe de saúde realize um planejamento baseado nas coletas de dados do paciente durante a hospitalização, de modo que este possa ser executado no domicílio da melhor forma possível, evitando complicações como ITUs, ou, ainda, reinternações evitáveis, que acarretam gastos desnecessários ao sistema de saúde pública.

REFERÊNCIAS

Almeida, m. M.; lindoso, a. M.; pessoa, m. C. P. Evidências na prática do cateterismo urinário. Revista ciência e saberes versão on-line, v. 2, n. 2, p. 196-201, 2016.

American hospital association (aha). Trendwath chartbook 2013: trends affecting hospitals and health systems. Liberty place, suite 900325 seventh street, nw Washington, dc 20004-2802202.638.1100.

Andrade, v. L. F.; fernandes, f. A. V. Prevenção da infecção do trato urinário associada ao cateterismo: estratégias na implementação de guidelines internacionais. Revista latino-americana de enfermagem, 2016.

Araújo, y. B.; cruz, i. C. F. Preventive nursing care of urinary tract infection associated with catheter high customer complexity: systematize literature review. Journal of specialized nursing care, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2016.

Brasil. Agência nacional de vigilância sanitária (anvisa). Critérios diagnósticos de infecção relacionada à assistência à saúde. Agência nacional de vigilância sanitária. Brasília: anvisa, 2013.

Agência nacional de vigilância sanitária (anvisa). Medidas de prevenção de infecção relacionada à assistência à saúde/agência nacional de vigilância sanitária. Brasília: anvisa, 2017. >. Acesso em: 29 jul. 2017.

Ministério da saúde. Conselho nacional de saúde. Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: diário oficial da união, 2012.

Ministério da saúde. Datasus. Consulta estabelecimento – módulo básico 2016. Disponível em: <http://cnes2.datasus.gov.br/mod_basico.asp?vco_unidade=4311102244152>.

Cardoso, s. A. C.; maia, l. F. S. Cateterismo vesical de demora na uti adulto: o papel do enfermeiro na prevenção de infecção do trato urinário. Revista científica de enfermagem, v. 4, n. 12, p. 05-14, 2014.

Conterno, l. O.; lobo, j. A.; masson, w. Uso excessivo do cateter vesical em pacientes internados em enfermarias de hospital universitário. Revista da escola de enfermagem da usp, v. 4, n. 5, p. 1089-1096, 2011.

Cunha, m. Et al. Eficácia da limpeza ou desinfecção do meato urinário antes da cateterização urinária: revisão sistemática. Revista da escola de enfermagem da usp, v. 47, n. 6, p. 1410-6, 2013.

Delatorre, p. G. Et al. Planejamento para a alta hospitalar como estratégia de cuidado de enfermagem: revisão integrativa. Revista de enfermagem da ufpe on-line, v. 7, n. 12, p. 7151-9, 2013.

Ercole, f. F. Et al. Revisão integrativa: evidências na prática do cateterismo urinário intermitente/demora. Revista latino-americana de enfermagem, v. 21, n. 1, p. 1-10, 2013.

Figueiredo, d.a.; vianna, r.p.t. epidemiologia da infecção hospitalar em uma unidade de terapia intensiva de um hospital público municipal de João Pessoa-PB. Revista brasileira ciência saúde, v. 13, n. 3, p. 233-40, 2013.

Fontana, g .; chesani, f. H.; menezes, m. As significações dos profissionais da saúde sobre o processo de alta hospitalar. *Saúde & transformação social*, v. 8, n. 2, p. 86-95, 2017.

Instituto brasileiro de geografia e estatística (ibge). Censo 2016. Jaguari, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=431110>>.

Magalhães, s. R. Et al. Evidências para a prevenção de infecção no cateterismo vesical: revisão integrativa. *Revista de enfermagem ufpe on-line*, v. 8, n. 4, p. 57-63, 2014.

Mazzo, a. Et al. Cateterismo urinário: facilidade e dificuldades relacionadas a sua padronização. *Texto & contexto - enfermagem*, v. 20, n. 2, p. 333 -339, 2011.

Meneguetti, m. G. Et al. Infecção urinária em unidade de terapia intensiva: um indicador de processo para prevenção. *Revista da rede de enfermagem do nordeste*, v. 13, n. 3, p. 632, 2012.

Merces, m. C. A prática do(a) enfermeiro(a) na inserção do cateter de foley em pacientes de unidade de terapia intensiva: limites e possibilidades. *Revista de epidemiologia e controle de infecção*, v. 3, n. 2, p. 55-6, 2013.

Oliveira, f. F. Educação em saúde no contexto da alta hospitalar de paciente de unidade de terapia intensiva. *Revista multitexto*, v. 4, n. 1, p. 1-6, 2016.

Rother, e. T. Revisão sistemática x revisão narrativa. *Acta paulista de enfermagem*, v. 20, n. 2, p. 1-3, 2007.

Silva, j. P.; brandão, j. O.; medeiros, c. S. Q. Intervenção de enfermagem na prevenção das infecções do trato urinário relacionado ao cateterismo vesical de demora: uma revisão integrativa da literatura. *Caderno de graduação - ciências biológicas e da saúde – facipe*, v. 1, n. 3, p. 21-33, 2014.

Silveira, a. S. Et al. Gerenciamento de caso em ambulatório de psiquiatria, competências e prática da enfermeira. *Enfermagem em foco*, v. 4, n. 1, p. 29-32, 2013.

Speranceta, m. R. P.; oselame, g. B.; oliveira, e. C. Inconsistências na técnica de cateterismo vesical por acadêmicos de enfermagem. *Revista de enfermagem ufpi*, v. 5, n. 2, p. 22-27, 2016.

Suzuki, v. F.; carmona, e. V.; lima, m. H. M. Planejamento da alta hospitalar do paciente diabético: construção de uma proposta. *Revista da escola de enfermagem da usp*, v. 45, n. 2, p. 527-532, 2011.

Tenke, p. Et al. Catheter-associated urinary tract infections. *European urology supplements*, v. 16, n. 4, p. 138-143, 2017.

Tonial, m. Infecções do trato urinário. *Revista uniplac*, v. 5, n. 1, 2017.

Truzzi, j. C. Et al. Recomendações do cateterismo vesical. *Sociedade brasileira de urologia*, 2016.

Viana, s. R. Assistência de enfermagem no planejamento para alta hospitalar: subsídios para continuidade do cuidado. 64 f. 2016. Trabalho de conclusão de curso (graduação) – curso de enfermagem, universidade de santa cruz do sul, santa cruz do sul, 2016.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-026>

Karina Oliveira Lima

Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Pelotas, RS, Brazil.

Gustavo Richter Vaz

Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande - FURG, Rio Grande, RS, 96203-900, Brazil

Caroline Dellinghausen Borges

Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos Universidade Federal de Pelotas - UFPel, Pelotas, RS, Brazil.

E-mail: caroldellin@hotmail.com

RESUMO

Vegetais minimamente processados são produtos de praticidade submetidos a um processamento por meio de operações unitárias que podem levar a uma rápida deterioração do produto. Nanoemulsões (NEs) são sistemas heterogêneos formados a partir de dois líquidos imiscíveis em que um líquido se

encontra disperso no outro em pequenas gotículas, estabilizadas por tensoativos, as quais podem ser utilizadas como nanocarreadores de diferentes compostos. O objetivo desta revisão é apresentar os avanços na utilização de NEs na conservação de vegetais minimamente processados. Além disso, serão abordados tópicos envolvendo composição, métodos de obtenção, caracterização, propriedades e estabilidade de Nes. Em geral, os métodos mais utilizados para a obtenção das NEs foram homogeneização a alta pressão e ultrassonicação. Os estudos demonstraram redução microbiana, controle do escurecimento, menor redução da firmeza e da perda de massa, bem como redução da taxa respiratória nos vegetais minimamente processados revestidos com diferentes NEs, não apresentando impactos indesejáveis nos atributos sensoriais como cor e aparência. A aplicação de NEs contendo compostos antioxidantes e antimicrobianos em vegetais minimamente processados torna-se uma alternativa promissora para preservar as características destes produtos.

Palavras-chave: Nanotecnologia, Nanocarreador, Vida útil, Revestimento comestível.

1 INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas vem crescendo ao longo dos anos em vista da busca dos consumidores por alimentos saudáveis que aliam praticidade e economia de tempo no preparo diário dos alimentos (PRAKASH et al., 2018; PRAKASH et al., 2020). Os vegetais minimamente processados representam uma fonte de vitaminas, minerais e fitoquímicos essenciais para a saúde (RAMOS et al., 2013).

As operações realizadas durante o processamento mínimo de vegetais causam danos físicos nos tecidos, o que pode levar a uma rápida deterioração fisiológica, alterações bioquímicas e o crescimento microbiano (AHVENAINEN, 1996; CORATO, 2020), de modo que induzem a efeitos adversos na qualidade do produto, como alteração da textura, da cor, do sabor e a perda de água (CORATO, 2020; FRANCIS et al., 2012; HASAN et al., 2020; SIROLI et al., 2015). Além disso, esses produtos se tornam suscetíveis para o desenvolvimento de micro-organismos patogênicos, afetando a segurança microbiológica dos mesmos (HASAN et al., 2020; SANZ et al., 2002).

Os fatores mencionados acima diminuem a vida útil dos vegetais minimamente processados e a aceitação pelo consumidor (HASAN et al., 2020), tornando um desafio manter as características dos produtos minimamente processados por um tempo de armazenamento prolongado (YOUSUF et al., 2018), o que tem impulsionado pesquisas sobre novas abordagens para a conservação desses produtos, como a utilização de nanoemulsões (HASAN et al., 2020; PRAKASH et al., 2018).

Nanoemulsões (NEs) são dispersões de dois líquidos imiscíveis estabilizadas por tensoativos, sendo compostas tipicamente por água, óleo e emulsificante (GUPTA et al., 2016) e cineticamente estáveis (TADROS et al., 2004). Devido ao pequeno tamanho das gotículas apresentam aumento da estabilidade física frente à cremação, floculação, coalescência e sedimentação, quando comparadas com macroemulsões (MCCLEMENTS, 2011; MCCLEMENTS & RAO, 2011; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017). A alta área superficial das NEs as tornam formulações promissoras para o desenvolvimento de sistemas de liberação de compostos bioativos (SALVIA-TRUJILLO et al., 2017).

A aplicação de NEs torna-se uma alternativa promissora para aumentar os atributos de qualidade de vegetais minimamente processados, pois podem funcionar como nanocarreadores de nutracêuticos, de compostos antioxidantes, de antimicrobianos, de agentes corantes e de aromatizantes (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; HASAN et al., 2020). Recentemente o uso de NEs começou a ser explorado na preparação de revestimentos comestíveis, permitindo um maior controle sobre a liberação de princípios ativos (ZAMBRANO-ZARAGOZA et al., 2018). Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre a utilização de NEs na conservação de vegetais minimamente processados.

1.1 FRUTAS E HORTALIÇAS MINIMAMENTE PROCESSADAS

Frutas e hortaliças minimamente processadas são produtos submetidos a um processamento por meio de operações unitárias como seleção, limpeza, lavagem, descascamento, corte, sanitização, acondicionamento e armazenamento (RAMOS et al., 2013). Entretanto, os produtos devem apresentar aparência fresca, com superfície de cor brilhante, isentos de defeitos e deterioração (FRANCIS et al., 2012). O uso do sanitizante reduz a carga microbiana dos vegetais, sendo o armazenamento em temperaturas de refrigeração o principal método de conservação, entretanto estas operações não garantem a ausência de micro-organismos (AHVENAINEN, 1996; RAMOS et al., 2013).

Frutas e hortaliças são ricas em carboidratos e pobres em proteínas, com valores de pH variando de 7,0 a levemente ácidos e apresentam alta atividade de água, sendo, portanto, muito perecíveis (RAMOS et al., 2013). Os vegetais minimamente processados deterioram-se mais rapidamente do que as frutas e as hortaliças íntegras (YOUSUF et al., 2018), pois os danos causados pelo processamento mínimo aceleram muitas mudanças fisiológicas levando a uma redução na qualidade e na vida útil dos

produtos. Além disso, são susceptíveis ao crescimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos, sendo os de maior preocupação *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* principalmente O157:H7 e *Salmonella spp.* (FRANCIS et al., 2012). A *Listeria monocytogenes* por ser um micro-organismo que está presente amplamente no solo e no ambiente agrícola em geral, além de ser um patógeno psicrotrófico que pode sobreviver ou crescer em temperaturas de refrigeração (FRANCIS & O'BEIRNE, 2002), enquanto a *E. coli* e a *Salmonella* por serem patógenos intestinais (HARRIS et al., 2003). Como esses produtos podem ser consumidos crus, a presença desses micro-organismos apresenta um grave problema de segurança microbiológico (HASAN et al.2020).

Os vegetais minimamente processados deveriam ter uma vida útil de armazenamento de até 21 dias, no entanto devido a produção de etileno, ao aumento da atividade respiratória e da atividade enzimática em função da liberação de substratos das células estimuladas pelas lesões, há uma tendência na redução deste tempo (RAMOS et al., 2013). As características físico-químicas dos vegetais minimamente processados, bem como a sobrevivência e o crescimento de patógenos, são influenciados por diversos fatores, tais como o tipo de produto, a variedade do vegetal, as Boas Práticas de Fabricação, as operações de processamento mínimo, a embalagem, a temperatura de armazenamento e a utilização em conjunto da refrigeração com outros métodos de conservação (FRANCIS et al., 2012).

O uso de métodos químicos através da lavagem com sanitizantes e o uso de conservantes, e métodos físicos como embalagem modificada, irradiação, luz ultravioleta, dentre outros, são tecnologias que visam reduzir/eliminar ou ainda evitar o desenvolvimento dos micro-organismos em vegetais minimamente processados. No entanto, nenhum dos métodos pode controlar todos os parâmetros que mantêm a qualidade e a vida útil desses produtos (RAMOS et al., 2013). Cabe salientar que nos últimos anos houve um aumento no interesse dos consumidores em consumir produtos minimamente processados sem a utilização de aditivos sintetizados quimicamente (HASAN et al., 2020).

Dessa forma, pesquisas adicionais sobre novas abordagens para a conservação ainda são necessárias, a fim de resultar em um produto com vida útil prolongada e com manutenção da qualidade (HASAN et al., 2020; PRAKASH et al., 2018; RAMOS et al., 2013).

1.2 NANOEMULSÕES

Nanoemulsões (NEs) são dispersões coloidais formadas a partir de duas fases imiscíveis (geralmente uma oleosa e uma aquosa), em que pequenas gotículas de uma das fases ($r < 100$ nm) são dispersas na outra, sendo este sistema estabilizado por tensoativos (GUPTA et al., 2016; MASON et al., 2006; MCCLEMENTS, 2011, 2021). Trata-se, portanto, de estruturas cineticamente estáveis

compostas tipicamente por água, óleo e agente emulsificante (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; MCCLEMENTS & RAO, 2011; TADROS et al., 2004). A definição do tamanho das NEs na literatura é ainda variável, abrangendo faixas entre 30-200 nm (SALVIA-TRUJILLO et al., 2017), 50-200 nm (TADROS et al., 2004) sendo valores inferiores a 500 nm a faixa em que grande parte dos estudos publicados referentes a NEs se enquadram (MCCLEMENTS, 2021).

As NEs apresentam diversas aplicações potenciais na indústria de alimentos em virtude das suas propriedades únicas, como tamanho reduzido de partícula, estabilidade, transparência e reologia ajustável (GUPTA et al., 2016). Por apresentarem aparência transparente podem ser incorporadas em formulações de alimentos sem afetar as propriedades ópticas do produto (ACEVEDO-FANI et al., 2017). Além disso, o uso de NEs pode superar os inconvenientes da instabilidade química, da baixa dispersibilidade em matrizes alimentares e perfis de sabor inaceitáveis de compostos antimicrobianos naturais na forma livre, além de possibilitar a potencialização de seus efeitos (MCCLEMENTS et al., 2021).

As NEs podem ser do tipo óleo em água (O/A) ou água em óleo (A/O). No primeiro caso pequenas gotículas de óleo encontram-se dispersas na fase contínua aquosa e no segundo caso pequenas gotículas de água são dispersas em uma fase contínua oleosa (MCCLEMENTS et al., 2007; MCCLEMENTS, 2021), sendo em ambos os casos o líquido que compõe as gotículas denominado como fase dispersa e o líquido circundante como fase contínua (MCCLEMENTS & RAO, 2011; MCCLEMENTS, 2005). NEs O/A são usadas preferencialmente como nanocarreadores de compostos ativos hidrofóbicos devido à natureza lipofílica da fase oleosa, enquanto as A/O são usadas preferencialmente como carreadores de compostos ativos hidrofílicos (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019). No caso de nanocarreadores de substâncias bioativas hidrofóbicas, como lipídeos, vitaminas e fitoquímicos, as NEs podem proporcionar aumento da estabilidade e eficácia desses compostos (MCCLEMENTS, 2021).

1.3 COMPOSIÇÃO DAS NANOEMULSÕES

A fase aquosa usualmente utilizada para o preparo das NEs é composta principalmente por água, no entanto também podem ser inseridos diversos outros componentes polares, como co-solventes (álcoois e polióis), carboidratos, proteínas, minerais, ácidos e bases (MCCLEMENTS & RAO, 2011). O tipo e a concentração desses componentes influenciam na formação, estabilidade e nas propriedades físico-químicas das NEs obtidas (MCCLEMENTS & RAO, 2011).

A fase oleosa pode conter diferentes componentes apolares, tais como triacilgliceróis, diacilgliceróis, monoacilgliceróis, óleos essenciais, óleos minerais, ácidos graxos livres, ceras, agentes de aumento de peso, vitaminas e outros compostos lipofílicos (HASAN et al., 2020; MCCLEMENTS

& RAO, 2011; MCCLEMENTS, 2005). Os triacilgliceróis de cadeia longa, como óleo de milho, soja, girassol e peixe, normalmente são utilizados na formulação de NEs devido ao baixo custo, disponibilidade e atributos funcionais ou nutricionais (MCCLEMENTS & RAO, 2011).

Agentes estabilizantes são adicionados na formulação de NEs, pois o sistema contendo apenas a fase oleosa e aquosa tende a se decompor rapidamente por diferentes mecanismos, como separação gravitacional, floculação, coalescência e amadurecimento de Ostwald (GUPTA et al., 2016; MCCLEMENTS, 2011, 2012; MCCLEMENTS & RAO, 2011). A separação gravitacional pode levar a cremação (gotículas com densidade menor que a densidade da fase contínua tendem a se mover para cima) ou sedimentação (gotículas com densidade maior que a densidade da fase contínua tendem a se mover para baixo) fatos que ocorrem devido à diferença de densidade entre as fases dispersa e contínua (MCCLEMENTS & RAO, 2011; MCCLEMENTS, 2005), a floculação ocorre devido à associação de duas ou mais gotículas (mantendo a integridade individual), a coalescência ocorre pela formação de uma gota maior quando há a fusão de duas ou mais gotículas (MCCLEMENTS, 2005) e no amadurecimento de Ostwald ocorre aumento médio das gotículas ao longo do tempo, devido à difusão de moléculas de óleo de gotículas pequenas para as gotículas grandes (KABALNOV, 2001).

Os emulsificantes são moléculas anfifílicas, com regiões polares e apolares, cuja solubilidade será dependente do equilíbrio hidrofílico-lipofílico (EHL) (MASON et al., 2006). O uso de emulsificante torna-se essencial para obtenção de gotículas de tamanho pequeno, pois atua diminuindo a tensão interfacial entre a fase oleosa e aquosa, o que facilita a ruptura das gotículas em gotículas menores durante a homogeneização (GUPTA et al., 2016; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017). Além disso, os emulsificantes atuam formando um revestimento protetor ao redor das gotículas recém-formadas evitando a coalescência, por exemplo, através de interações repulsivas, como repulsão eletrostática e/ou estérica (GUPTA et al., 2016; MASON et al., 2006; TADROS et al., 2004).

Na formulação das NEs pode ser utilizado um único emulsificante ou combinações de diferentes emulsificantes (MCCLEMENTS & RAO, 2011). Na indústria de alimentos, os emulsificantes mais comumente utilizados incluem lipídeos, proteínas e polissacarídeos (MCCLEMENTS, 2005). Além disso, surfactantes sintéticos que podem atuar como emulsificantes como os Tweens e os Spans costumam ser utilizados (MCCLEMENTS et al., 2021). Outros tipos de estabilizantes também podem ser utilizados como agentes de aumento de peso, retardadores de amadurecimento de Ostwald e modificadores de textura (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019).

1.4 MÉTODOS DE OBTENÇÃO DAS NANOEMULSÕES

As NEs são sistemas que não se formam espontaneamente, sendo necessário o uso de energia para sua formação (MCCLEMENTS, 2012; TADROS et al., 2004).

A obtenção de NEs pode envolver métodos de alta ou baixa energia (MCCLEMENTS, 2012; MCCLEMENTS & RAO, 2011; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017; TADROS et al., 2004). Dentre os métodos de alta energia há a utilização de dispositivos mecânicos como homogeneizadores de alta pressão, microfluidizadores e ultrassonicadores, os quais têm a capacidade de gerar forças disruptivas extremamente intensas com potencial de causar a quebra das gotículas levando à formação de gotículas ainda menores. Enquanto os métodos de baixa energia (utilizam a energia química armazenada nos componentes) incluem emulsificação espontânea e métodos de inversão de fase, os quais são dependentes da formação espontânea das gotículas, através de alterações na composição ou nas condições ambientais (MCCLEMENTS, 2011; MCCLEMENTS & RAO, 2011; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017).

1.5 MÉTODOS DE ALTA ENERGIA

Em homogeneizadores a alta pressão o tamanho de partículas pré-existentes (emulsão grosseira) é reduzido. O homogeneizador a alta pressão é alimentado com a formulação pré-formada através de uma bomba em alta pressão, sendo bombeada através de uma válvula estreita no final da câmara. Ao passar pela válvula a formulação é submetida a intensas forças disruptivas (turbulência, cisalhamento e cavitação), fazendo com que as gotas maiores sejam quebradas em menores (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; MCCLEMENTS, 2011; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017).

Os microfluidizadores são semelhantes aos homogeneizadores a alta pressão, no entanto, neste dispositivo, a emulsão flui através de dois canais de fluxo. No microfluidizador a emulsão é dividida através de um canal em dois fluxos separadamente, sendo estes posteriormente direcionados para uma câmara de interação, na qual através da colisão das duas correntes em rápido movimento são geradas forças disruptivas intensas, levando a uma ruptura de gotículas altamente eficiente (MCCLEMENTS & RAO, 2011; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017). No caso dos microfluidizadores, os mais comuns utilizados para obtenção de NEs são os homogeneizadores com canal em forma de Y (SALVIA-TRUJILLO et al., 2017).

Os métodos de sonicação utilizam ondas ultrassônicas de alta intensidade com frequência > 20 kHz para gerar uma força de cisalhamento capaz de quebrar a emulsão previamente preparada em pequenas gotículas, formando NEs (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; MCCLEMENTS, 2011; SALVIA-TRUJILLO et al., 2017). A sonda ultrassônica converte ondas elétricas em ondas de pressão, gerando intensas forças disruptivas (MCCLEMENTS, 2011) por meio de uma combinação de cavitação, turbulência e ondas interfaciais (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019).

1.6 MÉTODOS DE BAIXA ENERGIA

Nos métodos de baixa energia, as NEs se formam na interface das fases de óleo e água por meio da mistura suave dos componentes, a qual pode ser controlada através da alteração da temperatura ou pela variação da composição e propriedades interfaciais. Como esses métodos envolvem geração mínima de energia evitam a degradação de compostos termolábeis presentes na formulação (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019).

O método de emulsificação espontânea consiste na formação espontânea da NE através da variação das composições das duas fases, das condições ambientais (temperatura, pH e força iônica) e/ou das condições de mistura, por exemplo velocidade de agitação e taxa e ordem de adição dos componentes. A formação espontânea das gotículas ocorre através do movimento do surfactante da sua localização original (uma das fases contém o surfactante) para a outra fase, visto que o mesmo é miscível em ambas fases. Conforme o surfactante se move, ocorre uma turbulência interfacial com a formação espontânea das gotículas (MCCLEMENTS & RAO, 2011).

O método da temperatura de inversão de fase (TIF) se baseia nas mudanças na curvatura ótima ou solubilidade de surfactantes não iônicos através da variação da temperatura. Em baixas temperaturas, o surfactante tende a ser mais solúvel em água, enquanto em temperaturas mais altas se torna mais solúvel na fase oleosa. O método de TIF, normalmente, envolve a transformação controlada de uma emulsão O/A para A/O, ou vice-versa, através de uma fase bicontínua intermediária e a temperatura na qual ocorre essa inversão é denominada como TIF (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; MCCLEMENTS, 2011).

No método da inversão da composição das fases, a curvatura ótima do surfactante é alterada através da alteração da formulação do sistema, no lugar da temperatura como no método TIF. Nesse método a inversão de uma emulsão O/A estabilizada por um surfactante iônico para A/O pode ser realizada adicionando sal, enquanto uma emulsão A/O com alto teor de sal pode ser convertida em O/A por diluição com água (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; MCCLEMENTS & RAO, 2011). Outra maneira de preparar NEs usando o método da inversão da composição das fases é através da alteração do pH, modificando assim a carga elétrica e a estabilidade das emulsões (MCCLEMENTS & RAO, 2011).

1.7 CARACTERIZAÇÃO

As NEs são caracterizadas em relação a várias propriedades, como tamanho da gota, composição, estabilidade e morfologia, através de diferentes técnicas. A avaliação da distribuição do tamanho das gotas de NEs, bem como a estabilidade do tamanho durante o armazenamento, é comumente determinada por espalhamento de luz dinâmico (*Dynamic Light Scattering* - DLS). A

estabilidade eletrostática das NEs é avaliada através do potencial zeta, o qual indica o grau de repulsão entre as partículas adjacentes com carga semelhante em dispersão. NEs com alto potencial zeta, negativo ou positivo (superiores a ± 30 mV), são consideradas estáveis eletrostaticamente. Em relação à avaliação da microestrutura são utilizadas técnicas como microscopia eletrônica de transmissão (MET), microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia de força atômica (*Atomic Force Microscopy* - AFM), as quais permitem a obtenção de informações sobre o tamanho, forma e estado de agregação das NEs (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; HASAN et al., 2020; SILVA et al., 2012).

A cristalinidade lipídica das NEs é determinada por calorimetria diferencial de varredura (DSC), na qual são obtidas informações como as diferenças de temperatura cristalina do óleo puro e do óleo em emulsão e, conseqüentemente, a influência da cristalização do óleo na estabilidade da NE (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019).

Outras técnicas como espectroscopia de infravermelho (FTIR), difração de raios X (DRX), ressonância magnética nuclear (RMN) e espalhamento de raios X a baixos ângulos (SAXS) podem ser utilizadas para caracterizar NEs. FTIR possibilita a identificação de diferentes materiais, sendo que as bandas de absorção correspondem às frequências de vibrações entre as ligações dos átomos presentes na amostra. DRX fornece informações acerca da estrutura cristalográfica, composição química e propriedade física, sendo principalmente utilizada para a identificação de compostos cristalinos por seu padrão de difração (SILVA et al., 2012). RMN tem sido utilizada para estudar os tipos, estrutura e propriedades de difusão dos componentes em NEs (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019). E, SAXS para caracterizar as partículas coloidais quanto à estrutura, forma e tamanho (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019; SILVA et al., 2012).

1.8 PROPRIEDADES E ESTABILIDADE

As NEs costumam ser opticamente quase transparentes devido ao tamanho das gotículas serem menores que o comprimento de onda da luz visível e são consideradas cineticamente estáveis (GUPTA et al., 2016). Para que NEs sejam estáveis por um período longo o uso de estabilizadores, como emulsificante ou modificador de textura, e o controle da microestrutura, como distribuição do tamanho das partículas, por exemplo, contribuem para que a estabilidade cinética seja melhorada (MCCLEMENTS & RAO, 2011).

Em vista do tamanho pequeno das gotículas, as NEs apresentam diversas vantagens, por exemplo, ao longo do armazenamento não ocorre formação de creme ou sedimentação, pois o movimento browniano das partículas supera a ação da separação gravitacional. Além disso, a floculação é evitada, permitindo que o sistema permaneça disperso, bem como a coalescência

(TADROS et al., 2004), pois a espessura da camada de surfactante adsorvida é comparável ao tamanho da gotícula, ocasionando forte estabilização estérica (GUPTA et al., 2016).

Como vantagem adicional as NEs são relativamente menos sensíveis a mudanças de diluição, temperatura e pH (GUPTA et al., 2016), além de serem necessárias menores concentrações de surfactante comparada com as microemulsões (TADROS et al., 2004), sendo as últimas sistemas transparentes ou translúcidos, termodinamicamente estáveis, formados de maneira espontânea a partir de dois líquidos imiscíveis necessitando de grandes quantidades de surfactantes para a estabilização (NAZAR et al., 2009).

No entanto, as NEs são altamente suscetíveis à desestabilização por amadurecimento de Ostwald, sendo importante projetar o sistema de forma que tal fato não ocorra (MCCLEMENTS & RAO, 2011). Em virtude das áreas superficiais específicas muito grandes, as NEs são suscetíveis a degradação química na interface óleo-água, como a oxidação de lipídios ou reações de degradação química pela penetração da luz ultravioleta e visível quando transparentes, podendo ser necessária a adição de antioxidantes ou agentes quelantes para melhorar a estabilidade química de componentes lábeis encapsulados em NEs (MCCLEMENTS & RAO, 2011).

1.9 APLICAÇÃO DE NANOEMULSÃO EM VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS

A composição, técnica de obtenção e as propriedades das NEs aplicadas a vegetais minimamente processados, relatadas em diferentes estudos da literatura, estão apresentadas resumidamente na Tabela 1.

Tabela 1- Composição, técnica de obtenção e propriedades das nanoemulsões aplicadas em frutas ou vegetais minimamente.

Solução de revestimento	Composição da nanoemulsão	Composto ativo	Técnica de obtenção da NE	Tamanho (nm)	Potencial zeta (mV)	Aplicação	Referência
NE	Óleo de capim-limão, cera de carnaúba e T80	óleo de capim-limão	Homogeneização a alta pressão	56,4 e 87,9	ND	Bagos de uva	KIM et al. (2014)
NE com e sem mucilagem de nopal	S80 e α -tocoferol; glicerol e T80	α -tocoferol	Ultraturrax	190 e 247	< -40	Maçã	ZAMBRA NO-ZARAGOZA et al. (2014)
NE	Óleo de orégano, T80 e água	óleo de orégano	Ultrassonicação	148	-18	Alface	BHARGAVA et al. (2015)
NE	AS, água, T80, OE de capim-limão	OE de capim-limão	Microfluidização	62-364	-73 a -71	Maçã	SALVIA-TRUJILLO et al. (2015)
NE	Carvacrol, óleo de milho, T80 e água	carvacrol	Ultrassonicação	309	ND	Repolho	SOW et al. (2017)

Sol. de QM + NE	Carvacrol, óleo de girassol, monooleato de glicerol e T20 ou isolado proteico de soro de leite, água	OE de carvacrol	Homogeneização a alta pressão	113 e 115	-27,1e - 33,0	Pepino	TAŞTAN et al. (2017)
NE	Ácido <i>trans</i> -cinâmico puro, acetona, MCT, T80 e tampão PBS	ácido <i>trans</i> -cinâmico	Espontânea (baixa energia)	46,7	ND	Alface	LETSIDIDI et al. (2018)
Solução de PBTM + NE	OE de casca de laranja, pectina, T80 e água	OE de casca de laranja	Ultrassônica	79,7	ND	Laranja	RADI et al. (2018)
Solução de AS e glicerol + NE	Citral, óleo de gergelim, T80, água	citral	Ultrassônica	66,67–131,08	-50,33 a - 38,16	Abacaxi	PRAKASH et al. (2020)
NE	AS ou carboximetilcelulose, T80, ácido ascórbico e vanilina	ácido ascórbico e vanilina	Ultrassônica	220-335	-25 a - 20	Kiwi	MANZOR et al. (2021)

NE: nanoemulsão; T80: Tween 80; S80: Span 80; AS: Alginato de sódio; OE: óleo essencial; QM: Quitosana modificada; T20: Tween 20; MCT: triglicerídeo de cadeia média; PBS: tampão fosfato salino; PBTM: pectina com baixo teor de metoxil; ND: não determinado.

1.10 EFEITO ANTIMICROBIANO

NEs contendo compostos ativos podem ser utilizadas no desenvolvimento de embalagens, como revestimentos e filmes, para melhorar qualidade, propriedades funcionais, valor nutricional e vida útil de produtos frescos (ASWATHANARAYAN & VITTAL, 2019). O tamanho pequeno das gotículas pode aumentar o transporte de compostos ativos através das membranas biológicas, assim como aumentar a razão superfície-volume, proporcionando melhoras da funcionalidade dos revestimentos (HASAN et al., 2020). Alguns trabalhos na literatura avaliaram a eficiência de revestimentos comestíveis contendo NE na conservação de vegetais minimamente processados.

NEs de óleo de capim-limão (0; 0,5 e 3,0 g.100 g⁻¹), cera de carnaúba e Tween 80 foram desenvolvidas por KIM et al. (2014) através da técnica de homogeneização a alta pressão para revestimento de bagos de uva (*Vitis labruscana* Bailey) visando avaliar a inibição de *Salmonella* Typhimurium e *Escherichia coli* O157:H7. Ambos micro-organismos foram inoculados por imersão (4-5 log UFC.mL⁻¹) e as amostras avaliadas durante o armazenamento a 4 e 25 °C. Os resultados mostraram redução de *Salmonella* Typhimurium e *Escherichia coli* O157:H7 durante o armazenamento em ambas temperaturas quando utilizado os revestimentos incorporados de óleo de capim-limão em comparação com os bagos revestidos sem o óleo de capim-limão. O revestimento com 3,0 g.100 g⁻¹ de óleo de capim-limão foi mais eficaz do que baixar a temperatura de armazenamento para 4 °C na redução do crescimento de ambos os micro-organismos comparado com as amostras não revestidas a 4 °C. Quando o revestimento foi aplicado somente na casca da uva foi observado redução na contagem de *S. Typhimurium* e *E. coli* O157:H7 em mais de 3,2 e 2,6 log UFC.g⁻¹, respectivamente.

SALVIA-TRUJILLO et al. (2015) estudaram o efeito de revestimentos comestíveis à base de NE de óleo essencial de capim-limão em diferentes concentrações (0,1; 0,5 e 1% v/v) sobre os

parâmetros de segurança de maçãs *Fuji* minimamente processadas ao longo do tempo de armazenamento a 4 °C, bem como uma comparação entre revestimentos à base de NE e revestimentos obtidos de emulsões convencionais. As emulsões convencionais de alginato de sódio, água, óleo essencial de capim-limão e Tween 80 foram preparadas utilizando ultra-turrax, sendo estas posteriormente submetidas a microfluidizador para a produção das NEs. Os autores observaram inativação da *E. coli* inoculada (10^6 log UFC.g⁻¹) e completa inibição de fungos e leveduras e bactérias psicrófilas nas amostras revestidas com soluções contendo 0,5% ou 1% (v/v) de óleo essencial de capim-limão durante 2 semanas de armazenamento sob refrigeração. Na concentração de 0,1% (v/v), os revestimentos à base de NE de óleo essencial de capim-limão exibiram desempenho mais rápido e maior inibição de *E. coli*, bem como uma taxa de crescimento inferior de bactérias psicrófilas em comparação com revestimentos formados a partir de emulsões convencionais durante o armazenamento.

BHARGAVA et al. (2015) avaliaram a eficácia de NEs de óleo de orégano (0,05% ou 0,1% v/v) na inativação do crescimento de bactérias de origem alimentar em alface fresca, as quais foram cortadas em pedaços para representar pacotes de salada de alface prontos para consumo e armazenadas a 4 °C. A NE do tipo O/A composta por óleo de orégano, Tween 80 e água destilada foi preparada utilizando ultrassom de alta energia. Ambas as concentrações de óleo de orégano nas NEs foram capazes de inibir significativamente o crescimento microbiano frente à *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium e *Escherichia coli* O157:H7 inoculadas (7,1, 6,9 e 6,3 log UFC.g⁻¹, respectivamente) em comparação com os controles, sendo relatadas redução de 3,44 e 3,57 logs na concentração de 0,05% e 0,1%, respectivamente, para *Listeria monocytogenes* e 3,26 log na concentração de 0,1% para *Salmonella* Typhimurium 72 h após o tratamento. Para *Escherichia coli* O157:H7 redução de 3,05 e 3,35 logs na concentração de 0,05% e 0,1%, respectivamente, 24 h após o tratamento com efeito mais forte observado para a NE com teor de 0,1% do óleo essencial.

A descontaminação de pepino (*Cucumis sativus*) minimamente processado por uma combinação de revestimento de quitosana modificada com NEs de carvacrol (0,03% e 0,08% m/m) foi avaliada por TAŞTAN et al. (2017). Para o preparo das NEs O/A foram utilizados óleo essencial de carvacrol, óleo de girassol, monooleato de glicerol, Tween 20, isolado proteico de soro e água utilizando homogeneizador a alta pressão. As soluções de revestimento consistiram na adição das NEs (3 e 2% m/m) em suspensão de quitosana modificada dissolvida em ácido acético (1% v/v) resultando em uma concentração de carvacrol de 0,03 e 0,08% m/m. Os autores relataram que em comparação com o controle (sem revestimento), o revestimento de quitosana modificada utilizado isoladamente não causou redução significativa da população de *E. coli* inoculada (10^7 UFC.g⁻¹), enquanto a incorporação das NEs de carvacrol ocasionaram uma ligeira redução (0,4 e 0,6 log UFC.g⁻¹ na

concentração de 0,03 e 0,08%, respectivamente). Após 24 h de incubação a 4 °C, a redução da população de *E. coli* foi mais pronunciada no revestimento contendo a NE na concentração de 0,08% de carvacrol (redução de 0,7 log UFC.g⁻¹).

NEs de carvacrol também foram avaliadas por SOW et al. (2017) em repolho minimamente processado. As NEs foram obtidas através da técnica de ultrassonicação. Para o preparo das formulações foram utilizados carvacrol, óleo de milho, Tween 80 e água deionizada. Neste estudo, foi verificado pelos autores redução de fungos e leveduras em comparação com o controle no dia 0, no entanto não houve redução de bactérias mesófilas e psicrófilas. Além disso, foi verificado que a atividade antimicrobiana do carvacrol foi perdida após 2 dias de armazenamento.

LETSIDIDI et al. (2018) aplicaram NEs de ácido *trans*-cinâmico em alface minimamente processada. A NE obtida através do método de emulsificação espontânea de baixa energia consistiu na mistura de ácido *trans*-cinâmico puro, acetona, triglicerídeos de cadeia média, tampão PBS 0,2 M (pH 6,0) e Tween 80. A fase aquosa e a fase oleosa foram utilizadas na proporção 1:1. Neste estudo, foi verificado uma redução, após o tratamento, de 65% das bactérias aeróbias mesófilas e 61% das bactérias psicrófilas em comparação com a amostra controle, enquanto o ácido *trans*-cinâmico puro apresentou redução de 30% e 22% das bactérias mesófilas e psicrófilas, respectivamente.

RADI et al. (2018) avaliaram o efeito de revestimentos comestíveis à base de pectina com baixo teor de metoxilas em combinação com duas concentrações de óleo essencial de casca de laranja (0,5 e 1,0% v/v) em sistemas microemulsionados e nanoemulsionados sobre o crescimento microbiano (contagem de bactérias mesófilas, fungos e leveduras) em laranja minimamente processada durante o armazenamento a 4 °C por 17 dias. A solução de pectina com baixo teor de metoxilas foi preparada na concentração de 2% em água e as microemulsões preparadas com solução de pectina com baixo teor de metoxilas, Tween 80, propanol e óleo essencial de casca de laranja. A NE consistiu de óleo essencial de casca de laranja, Tween 80 e água, a qual foi produzida utilizando sonicação. A concentração de óleo essencial (0,5 e 1%) foi obtida através da dissolução com a solução de pectina. Neste estudo, os autores observaram maiores efeitos antibacterianos e antifúngicos nas amostras revestidas com NE em comparação com os demais tratamentos, onde após 17 dias de armazenamento as amostras revestidas contendo NE com 1% de óleo essencial de casca de laranja apresentaram 5,83 e 6,93 log UFC.g⁻¹ (contagem microbiana e de fungos, respectivamente), enquanto os controles 6,73 e 7,66 log UFC.g⁻¹.

PRAKASH et al. (2020) avaliaram o efeito do revestimento comestível à base de alginato de sódio contendo diferentes concentrações de NE de citral (0,1%, 0,5% e 1% v/v) na contagem microbiana de abacaxis da variedade Queen minimamente processados, armazenados a 4 °C por 12 dias. As NEs compostas por citral, óleo de gergelim, Tween 80 e água foram preparadas por ultrassonicação. A solução de revestimento de alginato de sódio e glicerol (2% e 0,6% m/v,

respectivamente) foi obtida através de agitação magnética. A solução de revestimento foi misturada com a NE gota a gota em agitador magnético para obter uma solução final de revestimento com concentrações de 0,1%, 0,5% e 1% (v/v) de NE de citral. Como resultados, os autores relataram que a incorporação de NE de citral nos revestimentos comestíveis reduziu significativamente o crescimento microbiano em comparação às amostras de abacaxi não revestidas e revestidas de alginato, sendo que as concentrações de NE de citral mais elevadas (0,5% e 1,0% v/v) foram mais eficazes na redução da contagem total de mesófilos, fungos e leveduras. Além disso, a incorporação de 0,5% de NE de citral no revestimento também causou redução de 2,52 e 2,23 log UFC.g⁻¹ *Salmonella enterica* Typhimurium e *Listeria monocytogenes*, respectivamente, inoculadas artificialmente (10⁷ UFC.mL⁻¹).

MANZOOR et al. (2021) avaliaram o efeito de revestimentos de NEs na estabilidade microbiana de kiwis minimamente processados durante o armazenamento a 5 ± 1 °C por 7 dias. Os revestimentos de NEs foram preparados com alginato de sódio ou carboximetilcelulose, Tween 80, ácido ascórbico (0,5%) e vanilina (0,5 e 1,0%) utilizando ultra-turrax e posteriormente ultrassonicação para reduzir o tamanho das partículas. Os resultados mostraram redução da contagem de bactérias psicrófilas nas amostras revestidas em comparação com a amostra controle, apresentando ao final do armazenamento < 6 log UFC.g⁻¹ e 9,0 log UFC.g⁻¹, respectivamente. As amostras revestidas também mostraram redução na contagem de fungos e leveduras. Em ambos os casos, o revestimento de NE de carboximetilcelulose com 0,5% de ácido ascórbico e 1,0% de vanilina apresentou maior eficácia, sendo observado ao final de 7 dias de armazenamento a menor contagem de bactérias psicrófilas (4,1 log UFC.g⁻¹) e de fungos e leveduras (3,9 log UFC.g⁻¹).

Esses resultados demonstram o potencial das NEs para melhorar a segurança e vida útil de vegetais minimamente processados.

1.11 EFEITO NA COR

A cor é um fator importante na percepção da qualidade de vegetais durante sua vida útil (RADI et al., 2018). A mudança mais perceptível que ocorre nas frutas durante o armazenamento é o escurecimento, portanto torna-se uma preocupação na extensão da vida útil das frutas minimamente processadas (YOUSUF et al., 2018). Nestes produtos a enzima polifenoloxidase é a principal responsável pela alteração da cor (CORATO, 2020). Os revestimentos comestíveis podem atuar como uma barreira ao oxigênio retardando o escurecimento enzimático (RADI et al., 2018). Além disso, NEs contendo compostos antioxidantes naturais podem reduzir o índice de escurecimento de vegetais minimamente processados (HASAN et al., 2020).

ZAMBRANO-ZARAGOZA et al. (2014) avaliaram o efeito de revestimentos de emulsão e NE de α-tocoferol, com e sem mucilagem de nopal (*Opuntia ficus indica*), aplicados a maçãs minimamente

processadas sobre o índice de escurecimento e a atividade da polifenoloxidase, durante o armazenamento a 4 °C por 21 dias. As maçãs revestidas com a NE e NE com mucilagem apresentaram taxa de escurecimento mais lenta e escurecimento 30% menor que o controle. Esses tratamentos também apresentaram maior redução da atividade da polifenoloxidase em comparação com todos os outros revestimentos.

No estudo de SALVIA-TRUJILLO et al. (2015) com revestimentos comestíveis à base de NE e emulsão convencional com óleo essencial de capim-limão (0,1, 0,5 e 1% v/v) foi observada degradação gradual dos valores de cor (parâmetros L^* e h^o) de maçãs minimamente processadas revestidas com as emulsões ou NEs ao longo do armazenamento sob refrigeração, sendo observado maior escurecimento de acordo com o aumento da concentração do óleo essencial. No entanto, os autores observaram escurecimento ligeiramente inferior nas amostras revestidas com NEs em comparação com as emulsões convencionais.

KIM et al. (2014) avaliaram os parâmetros L^* , a^* e b^* em bagos de uva revestidos com NEs de óleo de capim-limão (0; 0,5 e 3 g.100 g⁻¹) e cera de carnaúba, sendo o valor de b^* (amarelecimento) o único afetado pelos revestimentos, comparado às bagas não revestidas, durante o armazenamento a 4 e 25 °C. No entanto, os autores relataram que essa característica não foi perceptível a olho nu.

Amostras de abacaxi minimamente processado revestidas com alginato de sódio incorporado de NE de citral (0,5 e 1% v/v) apresentaram melhor retenção de cor (maiores valores de L^* e b^*) em comparação com as amostras controle (PRAKASH et al., 2020). De acordo com os autores, as amostras de abacaxi revestidas com 0,5 e 1% de citral apresentaram controle do escurecimento, manutenção do brilho da superfície e boa aparência visual durante todo o período de armazenamento.

RADI et al. (2018) relataram menor redução do parâmetro L^* ao longo do armazenamento em amostras de laranja minimamente processada revestidas com pectina em combinação com duas concentrações de óleo essencial de casca de laranja (0,5 e 1,0%) em sistemas microemulsionados e nanoemulsionados em comparação com o controle.

1.12 EFEITO NA TAXA RESPIRATÓRIA

A taxa respiratória indica a velocidade em que um produto se deteriora, as injúrias nos tecidos aumentam a respiração resultando em redução da vida útil. Sendo assim, a redução da taxa de respiração é crítica para estender a vida útil de vegetais minimamente processados (LEE et al., 2003). NEs contendo compostos antioxidantes podem atuar no controle da taxa respiratória através de uma melhor distribuição do composto antioxidante no revestimento (ZAMBRANO-ZARAGOZA et al., 2014), contendo compostos lipofílicos, em virtude da natureza lipofílica, podem proporcionar aumento da resistência dos revestimentos à difusão de gás (SALVIA-TRUJILLO et al., 2015).

SALVIA-TRUJILLO et al. (2015) relataram uma diminuição significativa na respiração de maçãs minimamente processadas revestidas com NEs com óleo essencial de capim-limão nas concentrações de 0,5 ou 1% (v/v) em comparação com as amostras não revestidas. Similarmente, ZAMBRANO-ZARAGOZA et al. (2014) em seu estudo com revestimento de maçãs minimamente processadas com NEs de α -tocoferol e mucilagem de nopal (*Opuntia ficus indica*) relataram maior redução da taxa respiratória durante o armazenamento das maçãs revestidas com a NE ($35 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) comparada ao controle, solução de α -tocoferol e mucilagem ($73, 63$ e $61 \text{ mL O}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$). Além disso, uma redução da taxa de respiração também foi observada por PRAKASH et al. (2020) em abacaxis minimamente processados revestidos com alginato de sódio incorporado de NE de citral (0,5% e 1% v/v) em comparação com as amostras não revestidas.

1.13 EFEITO NA TEXTURA E PERDA DE MASSA

A firmeza é um atributo de qualidade desejável que contribui para o frescor do produto, enquanto a perda de massa ocorre, principalmente, pela evaporação da umidade resultando em encolhimento e deterioração, conseqüentemente, afetando a qualidade e o tempo de armazenamento (MANZOOR et al., 2021). NEs podem atuar como barreira de proteção à evaporação de água através da formação de uma camada espessa na superfície do alimento (MANZOOR et al., 2021).

PRAKASH et al. (2020) no estudo sobre revestimento comestível à base de alginato de sódio contendo diferentes concentrações de NE de citral (0,1%, 0,5% e 1% v/v) observaram que a redução da firmeza foi controlada nos abacaxis revestidos contendo NE na concentração de 0,1% em relação ao controle durante o armazenamento de 12 dias. No entanto, a incorporação de alta concentração de NE de citral (1%) levou a danos na textura.

Os revestimentos à base de NE e de emulsões convencionais com óleo essencial de capim-limão em diferentes concentrações (0,1, 0,5 e 1% v/v) não apresentaram influência significativa na firmeza de maçãs minimamente processadas no estudo realizado por SALVIA-TRUJILLO et al. (2015). Por outro lado, KIM et al. (2014) relataram redução da perda de massa de bagos de uva (*Vitis labruscana* Bailey) revestidos com NE de óleo de capim-limão ($3,0 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) e solução de cera de carnaúba durante o armazenamento a 4 e 25 °C e menor taxa de redução da firmeza em comparação com as amostras não revestidas em ambas temperaturas.

RADI et al. (2018) observaram perdas de massa significativamente menores de laranjas minimamente processadas revestidas com pectina em combinação com duas concentrações de óleo essencial de casca de laranja (0,5 e 1,0%) em sistemas microemulsionados e nanoemulsionados em comparação com a amostra controle. No entanto, não houve diferenças significativas entre as amostras

revestidas com diferentes concentrações de óleo essencial de casca de laranja na forma de microemulsão ou NE no final do armazenamento.

ZAMBRANO-ZARAGOZA et al. (2014) relataram menor perda de massa para maçãs minimamente processadas após 7 dias a 4 °C revestidas com NEs com α -tocoferol com e sem mucilagem de nopal (*Opuntia ficus indica*) em comparação com as amostras não revestidas, revestidas com mucilagem ou com emulsão com α -tocoferol e mucilagem. Os autores também observaram maior firmeza das maçãs revestidas com NE e mucilagem, seguida da NE em comparação com o controle ao final do armazenamento. Similarmente, MANZOOR et al. (2021) relataram redução na taxa de perda de massa das amostras revestidas com NEs preparadas com alginato de sódio ou carboximetilcelulose com ácido ascórbico (0,5%) e vanilina (0,5 e 1%) em comparação com a amostra não revestida durante o armazenamento, sendo o revestimento com NE de alginato contendo 0,5% de ácido ascórbico e 0,5% de vanilina o que apresentou a menor perda de massa. As amostras revestidas com NEs também mostraram menor redução da firmeza no final do armazenamento.

1.14 ANÁLISE SENSORIAL DE VEGETAIS MINIMAMENTE PROCESSADOS COM NANOEMULSÕES

A realização da análise sensorial é importante visto que coberturas podem afetar o perfil de aroma e a aceitação de vegetais minimamente processados pelo consumidor, principalmente quando incorporadas de ativos aromáticos (PRAKASH et al., 2020).

Nesse sentido, PRAKASH et al. (2020) avaliaram o efeito de revestimentos de alginato de sódio com NEs de citral em termos de cor, textura, aparência, aroma, sabor e aceitabilidade geral de abacaxis minimamente processados nos dias 0, 9 e 12 de armazenamento. Como resultados, os autores verificaram que os atributos de cor e aparência dos abacaxis revestidos com NEs de citral (0,5 e 1% v/v) foram consideravelmente aprimorados em comparação com os demais tratamentos. No entanto, o atributo textura diminuiu durante o armazenamento, principalmente para as amostras revestidas com NEs na concentração de 1%, as quais apresentaram impacto negativo na textura e na aceitação sensorial. Durante o tempo de armazenamento, a aceitabilidade geral foi maior para as amostras revestidas com NE de citral 0,5%, a qual foi considerada a mais promissora para aplicações comerciais.

RADI et al. (2018) observaram pontuações sensoriais mais altas para laranjas minimamente processadas revestidas com pectina contendo microemulsão ou NE de óleo essencial de casca de laranja nos atributos de cor, aroma e aceitação geral comparadas com amostras controle durante o tempo de armazenamento, sendo a maior aceitação geral observada nas amostras revestidas com 1% de NE. De acordo com os autores, os revestimentos de NE contendo óleo essencial de casca de laranja

podem estender a vida útil de laranjas minimamente processadas sem causar impactos indesejáveis nos atributos sensoriais.

KIM et al. (2014) relataram que os revestimentos de bagas de uva com NEs de óleo de capim-limão (0; 0,5 e 3 g/100g) e cera de carnaúba não afetaram negativamente o sabor, enquanto apresentaram melhora do brilho.

2 CONCLUSÃO

Os estudos com o uso de NEs em vegetais minimamente processados se concentram na sua utilização como dispersões formadoras de filmes ou pela incorporação em revestimentos comestíveis, sendo os compostos ativos utilizados óleo de capim-limão, α -tocoferol, óleo de orégano, carvacrol, ácido *trans*-cinâmico, óleo essencial de casca de laranja, ácido ascórbico e vanilina combinados com diferentes formulações de NEs. Em geral, os métodos mais utilizados para a obtenção das NEs foram a homogeneização a alta pressão e a ultrassonicação. Os resultados antimicrobianos demonstraram redução de *Salmonella*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* e bactérias psicrófilas em diferentes produtos minimamente processados. Além disso, os estudos indicaram controle do escurecimento, menor redução da firmeza e da perda de massa, bem como redução da taxa respiratória nos vegetais minimamente processados revestidos com diferentes NEs. Ademais, em geral, não apresentaram impactos indesejáveis nos atributos sensoriais como cor e aparência. Dessa forma, os estudos têm demonstrado resultados promissores na manutenção da qualidade e na segurança dos vegetais minimamente processados.

AGRADECIMENTOS

Karina Oliveira Lima e Gustavo Richter Vaz agradecem ao CNPq e ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI) do Brasil pelo apoio ao Laboratório NanoSul da Universidade Federal do Rio Grande - FURG (processo número 442576/2019-6).

REFERÊNCIAS

- Acevedo-fani, a. Et al. Nanoemulsions as edible coatings. *Current opinion in food science*, 2017. V. 15, p. 43–49. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cofs.2017.06.002>>.
- Ahvenainen, r. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in food science & technology*, 1996. V. 7, p. 179–187.
- Aswathanarayan, j. B.; vittal, r. R. Nanoemulsions and their potential applications in food industry. *Frontiers in sustainable food systems*, 2019. V. 3, p. 1–21. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00095>>.
- Bhargava, k. Et al. Application of an oregano oil nanoemulsion to the control of foodborne bacteria on fresh lettuce. *Food microbiology*, 2015. V. 47, p. 69–73. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2014.11.007>>.
- Corato, u. De. Improving the shelf-life and quality of fresh and minimally-processed fruits and vegetables for a modern food industry: a comprehensive critical review from the traditional technologies into the most promising advancements. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2020. V. 60, n. 6, p. 940–975. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1553025>>.
- Francis, g. A. Et al. Factors affecting quality and safety of fresh-cut produce. *Critical reviews in food science and nutrition*, 2012. V. 52, p. 595–610.
- Francis, g. A.; o'beirne, d. Effects of vegetable type and antimicrobial dipping on survival and growth of listeria innocua and e. Coli. *International journal of food science and technology*, 2002. V. 37, p. 711–718. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1365-2621.2002.00622.x>>.
- Gupta, a. Et al. Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft matter*, 2016. V. 12, n. 11, p. 2826–2841. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/c5sm02958a>>.
- Harris, l. J. Et al. Outbreaks associated with fresh produce: incidence, growth, and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2003. V. 2, p. 78–141. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2003.tb00031.x>>.
- Hasan, s. M. K. Et al. Nanoemulsion as advanced edible coatings to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables: a review. *International journal of food science and technology*, 2020. V. 55, p. 1–10.
- Kabalnov, a. Ostwald ripening and related phenomena. *Journal of dispersion science and technology*, 2001. V. 22, n. 1, p. 1–12. Disponível em: <<https://doi.org/10.1081/dis-100102675>>.
- Kim, i.-h. Et al. Grape berry coatings of lemongrass oil-incorporating nanoemulsion. *Lwt - food science and technology*, 2014. V. 58, n. 1, p. 1–10. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.03.018>>.
- Lee, j. Y. Et al. Extending shelf-life of minimally processed apples with edible coatings and antibrowning agents. *Lwt - food science and technology*, 2003. V. 36, p. 323–329. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/s0023-6438\(03\)00014-8](https://doi.org/10.1016/s0023-6438(03)00014-8)>.
- Letsididi, k. S. Et al. Antimicrobial and antibiofilm effects of trans-cinnamic acid nanoemulsion and its potential application on lettuce. *Lwt - food science and technology*, 2018. V. 94, p. 25–32.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.018>>.

Manzoor, s. Et al. Improving the shelf life of fresh cut kiwi using nanoemulsion coatings with antioxidant and antimicrobial agents. Food bioscience, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101015>>.

Mason, t. G. Et al. Nanoemulsions: formation, structure, and physical properties. Journal of physics: condensed matter, 2006. V. 18, n. 41, p. R635–r666.

Mcclements, d. J. Food emulsions: principles, practice, and techniques, 2nd edn. Boca raton, fl: crc, 2005.

Mcclements, d. J. Edible nanoemulsions: fabrication, properties, and functional performance. Soft matter, 2011. V. 7, p. 2297–2316. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/c0sm00549e>>.

Mcclements, d. J. Nanoemulsions versus microemulsions: terminology, differences, and similarities. Soft matter, 2012. V. 8, n. 6, p. 1719–1729. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/c2sm06903b>>.

Mcclements, d. J. Advances in edible nanoemulsions: digestion, bioavailability, and potential toxicity. Progress in lipid research, 2021. V. 81, p. 101081. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.plipres.2020.101081>>.

Mcclements, d. J. Et al. Nanoemulsion-based technologies for delivering natural plant-based antimicrobials in foods. Frontiers in sustainable food systems, 2021. V. 5, p. 35. Disponível em: <<https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.643208>>.

Mcclements, d. J. Et al. Emulsion-based delivery systems for lipophilic bioactive components. Journal of food science, 2007. V. 72, n. 8, p. 109–124.

Mcclements, d. J.; rao, j. Food-grade nanoemulsions: formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. Critical reviews in food science and nutrition, 2011. V. 51, n. 4, p. 285–330. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/10408398.2011.559558>>.

Nazar, m. F. Et al. Microemulsion system with improved loading of piroxicam: a study of microstructure. Aaps pharmscitech, 2009. V. 10(4), p. 1286-1294.

Prakash, a. Et al. Essential oil based nanoemulsions to improve the microbial quality of minimally processed fruits and vegetables: a review. Food research international, 2018. V. 111, p. 509–523. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.05.066>>.

Prakash, a. Et al. Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. Lwt - food science and technology, 2020. V. 118, p. 108851. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108851>>.

Radi, m. Et al. The use of orange peel essential oil microemulsion and nanoemulsion in pectin-based coating to extend the shelf life of fresh-cut orange. Journal of food processing and preservation, 2018. V. 42, p. E13441. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/jfpp.13441>>.

Ramos, b. Et al. Fresh fruits and vegetables — an overview on applied methodologies to improve its quality and safety. Innovative food science and emerging technologies, 2013. V. 20, p. 1–15. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifset.2013.07.002>>.

Salvia-trujillo, I. Et al. Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: impact on safety and quality attributes of fresh-cut fuji apples. *Postharvest biology and technology*, 2015. V. 105, p. 8–16. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.03.009>>.

Salvia-trujillo, I. Et al. Edible nanoemulsions as carriers of active ingredients: a review. *Annual review of food science and technology*, 2017. V. 8, p. 439–466. Disponível em: <<https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216-025908>>.

Sanz, S. Et al. Effectiveness of chlorine washing disinfection and effects on the appearance of artichoke and borage. *Journal of applied microbiology*, 2002. V. 93, p. 986–993. Disponível em: <<https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01773.x>>.

Silva, H. D. Et al. Nanoemulsions for food applications: development and characterization. *Food and bioprocess technology*, 2012. V. 5, n. 3, p. 854–867. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0683-7>>.

Siroli, I. Et al. Innovative strategies based on the use of bio-control agents to improve the safety, shelf-life and quality of minimally processed fruits and vegetables. *Trends in food science and technology*, 2015. V. 46, n. 2, p. 302–310. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.04.014>>.

Sow, I. C. Et al. Carvacrol nanoemulsion combined with acid electrolysed water to inactivate bacteria, yeast in vitro and native microflora on shredded cabbages. *Food control*, 2017. V. 76, p. 88–95. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.01.007>>.

Tadros, T. Et al. Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in colloid and interface science*, 2004. V. 108–109, p. 303–318. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cis.2003.10.023>>.

Taştan, Ö. Et al. Decontamination of fresh-cut cucumber slices by a combination of a modified chitosan coating containing carvacrol nanoemulsions and pulsed light. *International journal of food microbiology*, 2017. V. 260, p. 75–80. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.011>>.

Yousuf, B. Et al. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: a review. *Lwt - food science and technology*, 2018. V. 89, p. 198–209. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.051>>.

Zambrano-zaragoza, M. L. Et al. Fresh-cut red delicious apples coating using tocopherol/mucilage nanoemulsion: effect of coating on polyphenol oxidase and pectin methylesterase activities. *Food research international*, 2014. V. 62, p. 974–983. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.011>>.

Zambrano-zaragoza, M. L. Et al. Nanosystems in edible coatings: a novel strategy for food preservation. *International journal of molecular sciences*, 2018. V. 19, n. 3, p. 705. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijms19030705>>.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-027>

Acosta Solorzano Williams Fernando

Universidad César Vallejo (Perú)
E-mail: wacostas@ucvvirtual.edu.pe

Andressa Paulino Batista

Centro Universitário União das Américas Descomplica,
Brazil
E-mail: andybatista2510@gmail.com

Jaime Felipe Cerna-Moreno

Universidad César Vallejo (Perú)
E-mail: jcernamo@ucvvirtual.edu.pe

Jorge Luis Valencia-Jarama

Universidad Nacional del Callao (Perú)
E-mail: cjlvalenciaj@unac.edu.pe

María Soledad Alza-Salvatierra

Universidad César Vallejo (Perú)
E-mail: malzasa@ucv.edu.pe

RESUMEN

El objetivo de este artículo científico fue determinar la efectividad del software MATLAB ONLINE en el tratamiento de señales en estudiantes de ingeniería, a través de la manipulación de señales en tiempo continuo y discreto. Para tal fin se acudió a un diseño experimental de dos grupos independientes (grupo experimental y grupo control) con una muestra de 50 alumnos del 7mo ciclo de ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo. Se aplicó una prueba de conocimiento de entrada y salida a fin de evaluar los cambios producidos en el tratamiento experimental, que consistió en la aplicación del software MATLAB para resolver problemas de tiempo continuo y discreto a través de un módulo didáctico. Los resultados evidenciaron un mejor desempeño en los estudiantes del grupo experimental en la prueba de salida en comparación con el grupo control, observándose un incremento en el número de aprobados, de la siguiente manera: 8% en la escala regular, 8% en la escala bueno y 4% en la escala excelente.

Palavras Clave: Aprendizaje, Señales continuas, Señales discretas, Señales aleatorias

1 INTRODUCCIÓN

La educación, motor del progreso económico y social de los Estados, se enfrenta a nuevos retos como consecuencia de la globalización y el auge de la sociedad del conocimiento. De ahí que la educación del siglo XXI, en todo sus niveles, haya asumido el reto de integrar las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) al proceso didáctico para alcanzar los objetivos educativos y producir resultados eficaces en la preparación de los educandos (Depool Rivero, 2005; Montalvo Cárdenas, 2019; Verdezoto Rodríguez & Chávez Vaca, 2018). Las TIC en la educación superior han demostrado ser herramientas potencialmente útiles y pedagógicamente fructíferas para mejorar la enseñanza y el aprendizaje en un amplio abanico de materias y actividades en el aula (Quiñonez Pech et al., 2021).

Este cambio está desplazando a la enseñanza tradicional, debido a la disponibilidad de dispositivos y tecnologías en cualquier momento y lugar, en donde los docentes asumen el papel de facilitadores que ayudan a los estudiantes a alcanzar sus objetivos de aprendizaje (Novoa et al. 2021).

Sin embargo, con frecuencia estas herramientas no son utilizadas de forma apropiada por los docentes en el proceso enseñanza aprendizaje (Colás-Bravo et al., 2019).

MATLAB es una plataforma de programación y cálculo numérico que armoniza un entorno de escritorio perfeccionado para el análisis iterativo y los procesos de diseño mediante un lenguaje de programación que expresa las matemáticas de matrices (Párraga et al., 2022). Existen reportes de la aplicación del software MATLAB con fines educativos. Tal es el caso de su implementación para simulaciones matemáticas de las tendencias y comportamientos de las variables financieras y económicas en estudiantes de ingeniería comercial (Párraga et al., 2022), dando como resultado mejores desempeños en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, vinculado a una adecuada didáctica por parte del docente. La aplicación del software también ha aportado buenos resultados al aprendizaje de los métodos numéricos en un experimento con dos grupos independientes, en el cual a los alumnos del grupo experimental se les impartió un curso breve del manejo del software MATLAB evidenciándose un incremento significativo en el rendimiento académico en comparación con el grupo control (Ayala, 2016)

Dando como resultado mejores desempeños en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, vinculado a una adecuada didáctica por parte del docente. La aplicación del software también ha aportado buenos resultados al aprendizaje de los métodos numéricos en un experimento con dos grupos independientes, en el cual a los alumnos del grupo experimental se les impartió un curso breve del manejo del software MATLAB evidenciándose un incremento significativo en el rendimiento académico en comparación con el grupo control (Fernández, 2019).

La incorporación de la herramienta al proceso pedagógico es fundamental para el logro de resultados efectivos. Sin embargo, se ha identificado subutilización de las aplicaciones didácticas del software MATLAB por parte de docentes universitarios de Física y Matemática, observándose que por desconocimiento de la herramienta, el software no cumplía con las expectativas para el proceso de enseñanza y aprendizaje; en este contexto se diseñó un módulo instruccional de fácil manejo a fin de contribuir a la formación de los docentes en la utilización de MATLAB para la enseñanza de las matemáticas, obteniéndose una mayor disposición en su empleo y efectividad en sus resultados (Carapaz, 2014). Tomando en cuenta las utilidades reportadas, el propósito del estudio fue Determinar la efectividad del software MATLAB ONLINE en el tratamiento de señales en estudiantes de ingeniería, a través de la manipulación de señales en tiempo continuo y discreto, planteándose como hipótesis que la aplicación del software MATLAB ONLINE es eficaz en el aprendizaje del tratamiento de señales en dichos estudiantes.

2 MÉTODO

La investigación siguió la ruta cuantitativa y un diseño cuasiexperimental de dos grupos independientes, considerando una muestra intencional de 50 alumnos del 7mo ciclo de ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo. Dicha muestra se dividió en dos grupos de 25 estudiantes cada uno para conformar un grupo control y un grupo experimental.

Se aplicó un cuestionario de entrada y de salida para la resolución de problemas de tiempo continuo y discreto. El método para determinar la fiabilidad del instrumento se basa en el cálculo del coeficiente de correlación utilizando el método del Test-Retest, el cual consiste en calcular el coeficiente de correlación entre las puntuaciones totales obtenidas por cada sujeto en la aplicación de la prueba y las de la segunda (Serra-Mayoral & Peña-Casanova, 2006)

3 PROCEDIMIENTO

El tratamiento experimental que se ha puesto en práctica es la aplicación del software MATLAB para resolver problemas de tiempo continuo y discreto a través de un módulo didáctico y de fácil manejo que contribuya a una mejor formación de estudiantes de ingeniería sin que el estudiante requiera de conocimientos de programación en el software. Para ello, se facilitó el código con la aplicación desarrollada y una separata de programación simbólica en MATLAB.

El proceso inicia cuando se realiza la prueba de entrada para ambos grupos. Para el grupo experimental se facilitó el módulo didáctico con instrucciones en MATLAB para graficar las señales y el grupo control siguió el proceso de aprendizaje bajo la didáctica tradicional. Al finalizar el proceso de aprendizaje se procedió a realizar una prueba de salida a fin de comparar las diferencias en las puntuaciones del cuestionario entre ambos grupos.

Se detalla el contenido en el manual compartido con el grupo experimental para que pueda ser replicado utilizando las funciones del programa.

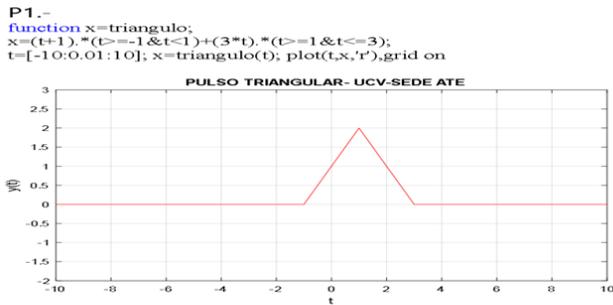


Fig. n°1. Pulso triangular continuo creado con funciones

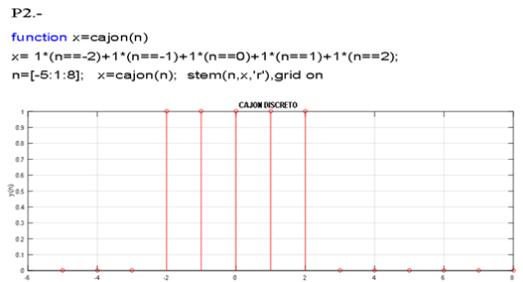


Fig. n°2. Cajón discreto

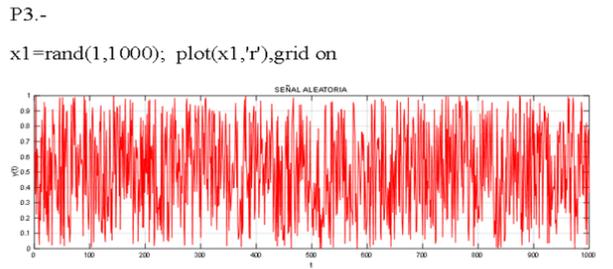


Fig. n°3. Ploteo de señal discreta

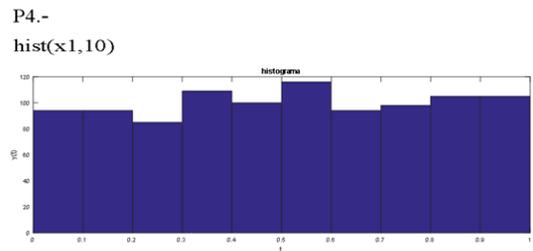


Fig. n°4. Histograma de la señal discreta

P5.-

```

% 1- Ejemplo donde no se cumple invarianza al desplazamiento.
% 2- Ejemplo donde se cumple invarianza al desplazamiento.

% Necesita (aunque puede implementarse de otro modo) las
funciones
% 'Secuencia_x_1' y 'Secuencia_x_1_corrida'.

clear all; close all; clc;

%% Sistema y[n] = x[n^2]

n = -6:6;
x = Secuencia_x_1(n);
y = Secuencia_x_1(n.^2);
x_corrido = Secuencia_x_1_corrida(n);
y_corrido = Secuencia_x_1_corrida(n.^2);
y2 = Secuencia_x_1_corrida(n^2);

figure('units','normalized','outerposition',[0 0 1 1]) % Creo y maximizo figura
subplot(3,2,1);
stem(n,x,'filled'),grid on,title('$x[n] = u[n] - u[n-4]$', 'Interpreter','Latex'),ylim([-0.1 1.1]);
set(gca,'FontSize',15)
subplot(3,2,2);
stem(n,y,'filled'),grid on,title('$y[n] = x[n^2] = u[n^2] - u[n^2-4]$', 'Interpreter','Latex'),ylim([-0.1 1.1]);
set(gca,'FontSize',15)

```

```

subplot(3,2,3);
stem(n,x_corrido,'filled'),grid on,title('$x_{corrido}[n] = x[n-2]$', 'Interpreter','Latex'),ylim([-0.1 1.1]);
set(gca,'FontSize',15)
subplot(3,2,4);
stem(n,y_corrido,'filled'),grid on,title('$y_{corrido}[n] = u[(n-2)^2] - u[(n-2)^2-4]$', 'Interpreter','Latex'),ylim([-0.1 1.1]);
set(gca,'FontSize',15)
subplot(3,1,3);
stem(n,y2,'filled'),grid on,title('$y_2[n] = u[n^2-2] - u[n^2-6]$', 'Interpreter','Latex'),ylim([-0.1 1.1]);
set(gca,'FontSize',15)

%% Sistema y[n] = x[n] - x[n-1]

n = -1:7;
x = Secuencia_x_1(n);
y = Secuencia_x_1(n) - Secuencia_x_1(n-1);
x_corrido = Secuencia_x_1_corrida(n);
y_corrido = Secuencia_x_1_corrida(n) - Secuencia_x_1_corrida(n-1);
y2 = Secuencia_x_1_corrida(n) - Secuencia_x_1_corrida(n-1);

```

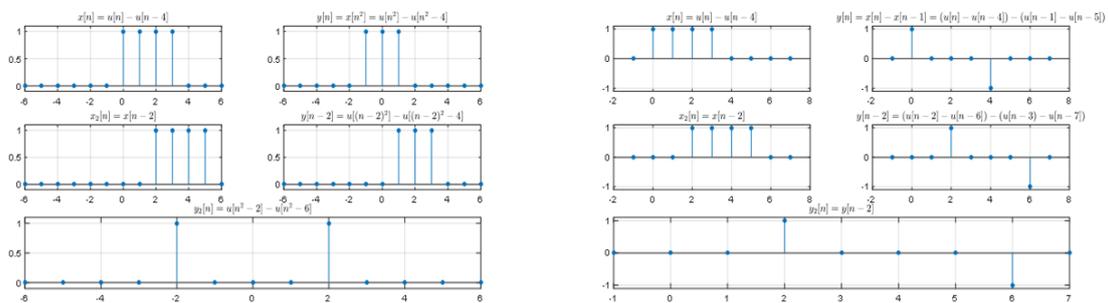


Fig. n°5. Ploteo de señales discretas
Fuente: Propia

P6.-

```

%% Necesita en la misma carpeta las funciones 'plot_SR' y 'stem_SR'.
%% a) Ejemplo:
clear all; clc;
t = -40:0.01:40;
xa = -2*sin(0.2*t + 5/3*pi);
plot_SR([t(1)t(end)-2.2],t,xa,'b','TP 1 - Ej 2 - $x_a(t)$',20,t,xa)
%% Ahora realizar los siguientes incisos usted solo. Compare luego con
% el código que se encuentra en la parte inferior de este script.
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Complete usted el script
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% Complete usted el script
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

%% b)
clear all; clc;
n = 40:1:40;
xb = -2*sin(0.2*n + 5/3*pi);
stem_SR([n(1)n(end)-2.2],n,xb,'b','TP 1 - Ej 2 - $x_b(n)$',20,n,xb)

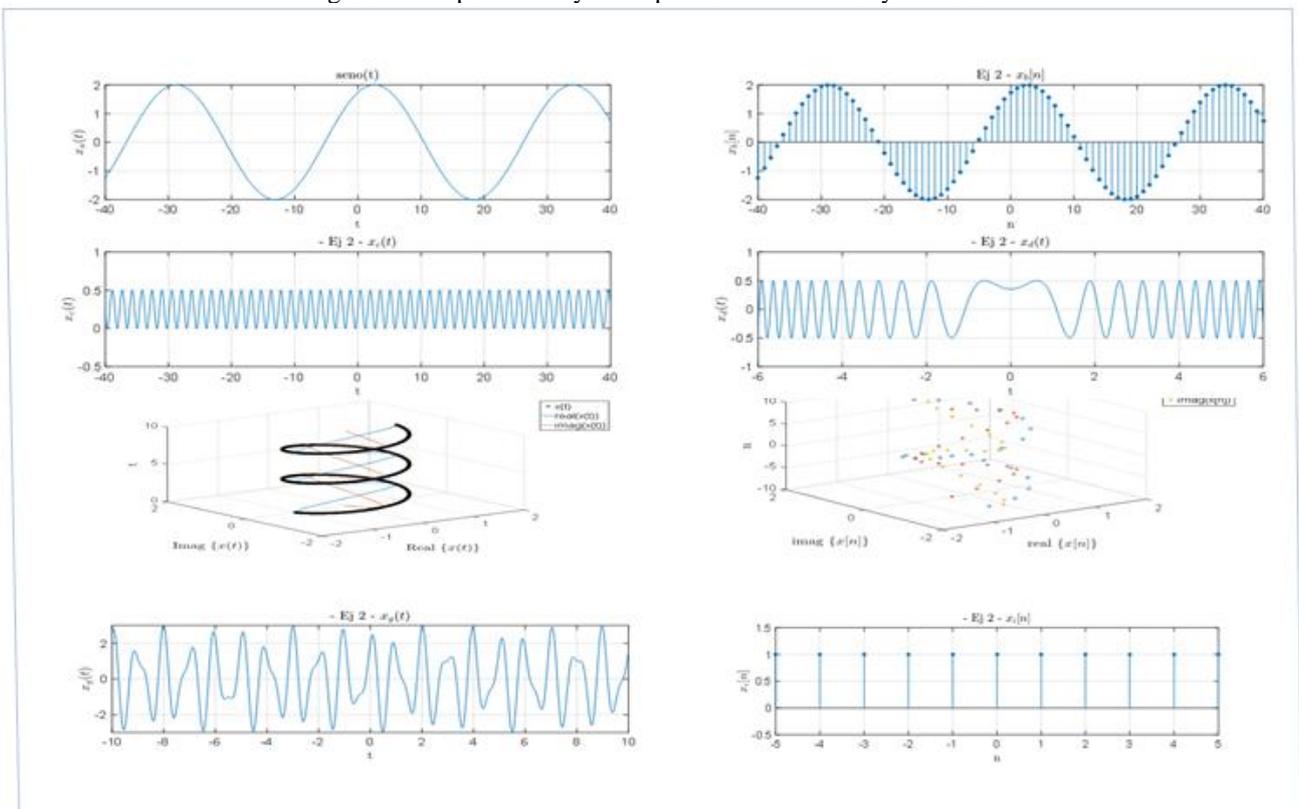
%% c)
clear all; clc;
t = -40:0.01:40;
xc = 0.5*(cos(2*t - pi/4)).^2;
plot_SR([t(1)t(end)-0.5 1],t,xc,'c','TP 1 - Ej 2 - $x_c(t)$',20,t,xc)

%% d)
clear all; clc;
t = -40:0.01:40;
xd = 0.5*cos(2*t.^2 - pi/4);
plot_SR([-6 6 -1 1],t,xd,'d','TP 1 - Ej 2 - $x_d(t)$',20,t,xd)

%% e)
clear all; clc;
t = -40:0.01:40;

```

Fig.6 Señales periódicas y cuasi periódicas continuas y discretas



4 RESULTADOS

En la tabla "1", se presentan las notas obtenidas en la prueba de entrada del grupo control. Se aprecia que 12 estudiantes obtuvieron notas de 0 a 11 lo que abarca un 48% del total y se encuentran ubicados en la escala bajo; 7 estudiantes obtuvieron notas de 12 a 15 lo que representa un 28% de los estudiantes que están en la escala regular; 3 estudiantes obtuvieron la nota de 16 a 18, representando un 12% del grupo que se ubica en la escala bueno. Por último, se observa que en la escala excelente está en un 12% de los estudiantes, lo cual significa que 3 estudiantes también obtuvieron la nota de 19 a 20.

Tabla 1: Resultados de la prueba de entrada sobre tratamiento de señales en el grupo control en estudiantes del VII ciclo de ingeniería de UCV

ESCALA	NOTAS	fi	Fi2	Hi	%
Bajo	[00-11]	12	12	0.48	48
Regular	[12-15]	7	19	0.28	28
Bueno	[16-18]	3	22	0.12	12
Excelente	[19-20]	3	25	0.12	12
total		25		1	100

En el tabla 2, se observan las notas obtenidas en la prueba de entrada del grupo experimental, en la cual 13 estudiantes obtuvieron notas de 0 a 11 lo que representa un 52% del total, ubicándose en la escala bajo; 8 estudiantes obtuvieron notas de 12 a 15 lo que representa un 32% de los estudiantes que están en la escala regular; 2 estudiantes obtuvieron la nota de 16 a 18 lo cual constituye un 8% que se ubica en la escala bueno; y por último se aprecia que en la escala excelente está un 8% del grupo, lo cual significa que 2 estudiantes también obtuvieron la nota de 19 a 20.

Tabla 2: Resultados de la prueba de entrada sobre tratamiento de señales en el grupo experimental en estudiantes del 7 ciclo de ingeniería de UCV

ESCALA	NOTAS	fi	Fi2	Hi	%
Bajo	[00-11]	13	13	0.52	52
Regular	[12-15]	8	21	0.32	32
Bueno	[16-18]	2	23	0.08	8
Excelente	[19-20]	2	25	0.08	8
total		25		1	100

En el tabla 3 se presentan las notas obtenidas en la prueba de salida del grupo control, en la cual se aprecia que 14 estudiantes obtuvieron notas de 0 a 11, lo que abarca un 55% del total y se encuentran ubicados en la escala bajo; 7 estudiantes obtuvieron notas de 12 a 15 lo que representa un 28% de los estudiantes que están en la escala regular; 3 estudiantes obtuvieron la nota de 16 a 18, constituyendo un 12% que se ubica en la escala bueno; y por último observamos que en la escala excelente está en el 4% de este grupo, lo cual significa que 1 estudiante obtuvo la nota de 19 a 20.

Tabla 3: Resultados de la investigación de la prueba de salida sobre tratamiento de señales en el grupo de control en estudiantes del 7 ciclo de ingeniería de UCV

ESCALA	NOTAS	fi	Fi2	Hi	%
Bajo	[00-11]	14	14	0.56	56
Regular	[12-15]	7	21	0.28	28
Bueno	[16-18]	3	24	0.12	12
Excelente	[19-20]	1	25	0.04	4
total		25		1	100

En la tabla 4 se observan las notas obtenidas en la prueba de salida del grupo experimental. En esta se aprecia que 8 estudiantes obtuvieron notas de 0 a 11, lo cual constituye un 32% del total y se encuentran ubicados en la escala bajo; 10 estudiantes obtuvieron notas de 12 a 15 lo que representa un 40% de los estudiantes que están en la escala regular; 4 estudiantes obtuvieron la nota de 16 a 18 que representa un 16% y se ubica en la escala bueno; y por último, se aprecia que en la escala excelente está un 12% de este grupo, lo cual significa que 3 estudiantes obtuvieron la nota de 19 a 20.

Tabla 4: Resultados de la prueba de salida sobre tratamiento de señales en el grupo de experimental en estudiantes del 7 ciclo de ingeniería de UCV

ESCALA	NOTAS	fi	Fi2	Hi	%	
Bajo	[00-11]		8	8	0.32	32
Regular	[12-15]		10	18	0.4	40
Bueno	[16-18]		4	22	0.16	16
Excelente	[19-20]		3	25	0.12	12
total			25		1	100

De acuerdo con la prueba T de student se comprueba la influencia de la aplicación del software MATLAB ONLINE en los estudiantes de ingeniería que aprenden procesamiento de señales. Así pues, el uso de software como herramienta didáctica puede aumentar la competencia de los estudiantes, lo que a su vez redundará en un mejor rendimiento académico. Así también, el tamaño del efecto del software MATLAB ONLINE obtuvo una puntuación de $(0.897 > 0.8)$, lo cual demuestra que el uso de esta herramienta digital ayudó en el aprendizaje sobre tratamiento de señales (Tabla4)

Tabla 4: Prueba de T de Student para muestras independientes en el tratamiento de señales antes y después de haber aplicado el software MATLAB ONLINE

Independent Samples T-Test

		Statistic	df	p		Effect Size
Tratamiento de señales (pretest)	Student's t	0.0898	48.0	0.929	Cohen's d	0.0254
Tratamiento de señales(pretest)	Student's t	-2.8208	48.0	0.007	Cohen's d	-0.8978

5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al contrastar la prueba de entrada en los dos grupos de estudiantes del 7 ciclo de ingeniería en UCV que constituyen la muestra en estudio, se evidencia que existe una tendencia similar en cuanto al desempeño en el contenido evaluado, ya que en ambos grupos el número de alumnos en escala excelente está disminuido y más del 50% de estudiantes se encuentra en la escala baja. Ahora bien, al

analizar la prueba de salida del grupo experimental se observa un descenso en el porcentaje de alumnos que se ubica en la escala baja con relación a la misma escala en el grupo control, siendo la diferencia de 24%. Esto significa que para el grupo experimental se incrementó el número de aprobados en la escala regular con un aumento de un 8%, en la escala bueno con un incremento del 8% y en la escala excelente el incremento fue de 4% con respecto a la prueba de entrada. Asimismo, en el grupo experimental se logró evidenciar un mayor número de estudiantes aprobados en la escala bajo que pasaron a la categoría regular con respecto al grupo control, que continuó manteniendo un alto porcentaje en la categoría bajo. Estos resultados son consistentes con la evidencia de un aumento en el desempeño de los estudiantes al utilizar el software MATLAB en matemáticas (Surichaqui Gutierrez et al., 2020) y confirma que el uso del software MATLAB en el aprendizaje de análisis numérico motiva al alumno significativamente para mejorar su rendimiento (Incio Flores et al., 2021).

Los resultados de esta investigación confirman la hipótesis establecida, indicando que la aplicación del software MATLAB ONLINE es eficaz en el aprendizaje del tratamiento de señales en estudiantes de ingeniería. Por lo tanto, se concluye que el uso de los softwares como herramientas didácticas pueden generar mayores competencias en los estudiantes que se traducen en un mejor rendimiento académico.

REFERENCIAS

- Ayala, m. I. (2016). El software matlab en las simulaciones matemáticas de las tendencias y comportamientos de las variables financieras y económicas en los estudiantes, de la carrera de ingeniería comercial de la universidad técnica de cotopaxí [latacunga / utc / 2016]. [Http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2163](http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2163)
- Carapaz, j. (2014). La utilización del software matlab como herramienta didáctica en el aprendizaje de matemática, de los estudiantes de quinto semestre de la carrera de física y matemática de la fecyt, universidad técnica del norte durante el año lectivo 2013-2014 [universidad técnica del norte]. [Http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4155](http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4155)
- Colás-bravo, p., conde-jiménez, j., & reyes-de-cózar, s. (2019). El desarrollo de la competencia digital docente desde un enfoque sociocultural. *Comunicar*, 27(61), 19–30. [Https://doi.org/10.3916/c61-2019-02](https://doi.org/10.3916/c61-2019-02)
- Fernández, e. (2019). Uso del matlab, clases de reforzamiento y rendimiento académico en estudiantes de análisis matemático - usp 2017. [tesis de maestría]. In universidad san pedro. [Http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/usanpedro/10921%0a](http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/usanpedro/10921%0a)
- Incio flores, f. A., capuñay sanchez, d. L., estela urbina, r. O., delgado soto, j. A., & vergara medrano, s. E. (2021). Diseño e implementación de una red neuronal artificial para predecir el rendimiento académico en estudiantes de ingeniería civil de la unifslb. *Veritas et scientia*, 10(1), 107–117. [Https://doi.org/10.47796/ves.v10i1.464](https://doi.org/10.47796/ves.v10i1.464)
- Novoa-castillo, p. F., uribe-hernández, y. C., garro-aburto, l. L., & cancino-verde, r. F. (2021). Metacognitive strategies in digital environments for students with poor reading comprehension. *Revista electrónica de investigación educativa*, 23.
- Párraga, r. J. C., saavedra, j. C. S., andrade, m. F. B., & cortez, j. L. P. (2022). Programación con matlab en la enseñanza del cálculo diferencial: programming with matlab in the teaching of differential calculus. *Revista científica multidisciplinar g-nerando*, 3(2).
- Quiñonez pech, s. H., chan chi, g. I., & reyes cabrera, w. R. (2021). Desarrollo de la competencia digital en profesores universitarios. *Etic@net. Revista científica electrónica de educación y comunicación en la sociedad del conocimiento*, 21(1), 83–114. [Https://doi.org/10.30827/eticanet.v21i1.16005](https://doi.org/10.30827/eticanet.v21i1.16005)
- Serra-mayoral, a., & peña-casanova, j. (2006). Fiabilidad test-retest e interevaluador del test barcelona. *Neurología*, 21(6), 277–281. [Https://europepmc.org/article/med/16799901](https://europepmc.org/article/med/16799901)
- Surichaqui gutierrez, f., ramírez rosales, f. G., & mercado boza, m. R. (2020). Efectos de uso del software matemático matlab sobre el rendimiento académico de un grupo de estudiantes repitentes de matemática básica. *Puriq*, 2(2), 119–126. [Https://doi.org/10.37073/puriq.2.2.78](https://doi.org/10.37073/puriq.2.2.78)
- Verdezoto rodríguez, r. H., & Chávez vaca, v. A. (2018). Importancia de las herramientas y entornos de aprendizaje dentro de la plataforma e-learning en las universidades del ecuador. *EduTec. Revista electrónica de tecnología educativa*, 65, 68–92. [Https://doi.org/10.21556/edutec.2018.65.1067](https://doi.org/10.21556/edutec.2018.65.1067)

Método multianalitos para determinação da bioacumulação e bioacessibilidade de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em pescado

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-028>

Fabiola Helena dos Santos Fogaça

Doutora em Aquicultura, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro/RJ

Pamella Talita da Silva Melo

Mestre em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ

Leonardo Rocha Vidal Ramos

Doutor em Aquicultura, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica/RJ

Carlos German Massone

Doutor em Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro/RJ

Ana Paula de Oliveira Ribeiro

Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro/RJ

Flavia dos Santos Gomes

Doutora em Ciência de Alimentos, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro/RJ

Renata Galhardo Borguini

Doutora em Saúde Pública, Embrapa Agroindústria de Alimentos, Rio de Janeiro/RJ

Taina M. S. F. Inakake de Souza

Estudante de biologia, Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP/SP), São Jose do Rio Preto/SP

Renato da Silva Carreira

Doutor em Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), Rio de Janeiro/RJ

João Paulo Machado Torres

Doutor em Biofísica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ

1 INTRODUÇÃO

O oceano costeiro engloba ecossistemas diversos, conectando entre si os rios, estuários, baías e a plataforma continental (BAUER et al., 2013). Possuem altas taxas de produção primária e secundária, grande abundância e biodiversidade de flora e fauna, e tem papel relevante no ciclo de vida de uma grande variedade de vertebrados e invertebrados aquáticos. Isso explica porque a maior parte

RESUMO

Anualmente, o meio ambiente recebe uma elevada carga de contaminantes químicos que podem ser dispersar ou bioacumular através da cadeia trófica dos ecossistemas. Em casos de acidentes com o derramamento de óleo bruto de petróleo, os efeitos são agudos e crônicos e podem ser medidos antes, durante e após a presença da mancha de óleo. Em 2019, inúmeras praias do litoral brasileiro receberam manchas de óleos, ainda de origem desconhecida. Para avaliar se a presença desse produto poderia contaminar o ambiente e seus organismos vivos, o governo financiou inúmeras pesquisas a fim de obter dados importantes e confiáveis sobre o nível de contaminação e seus riscos associados. Nossa equipe monitorou o efeito do óleo nas espécies marinhas durante (agosto de 2019) e após (setembro de 2021) o acidente. Para isso, avaliou a ocorrência de HPAs em amostras de pescado (moluscos, crustáceos e peixes) oriundas da região do Delta do Rio Parnaíba utilizando um método multianalitos desenvolvido para análise de sardinhas. O método foi eficiente na determinação de 35 HPAs em amostras de mariscos, 25 HPAs em tainhas e 12 HPAs em caranguejos. Os níveis encontrados foram baixos e não representam risco associado ao consumo dessas espécies. Recomenda-se o uso desse método multianalitos para tornar as análises mais rápidas, eficientes e menos onerosas, que possam subsidiar o monitoramento da presença de HPAs em pescado após acidentes como o ocorrido em 2019, ou mesmo em áreas com elevada poluição ambiental.

Palavras-chave: Ambiente, Caranguejo, Contaminantes, Marisco, Risco, Tainha.

das populações no mundo situa-se próxima ao litoral (RUDDIMAN, 2013), influenciando direta e/ou indiretamente esses ecossistemas. O litoral Brasileiro não é diferente, possui zona costeira com mais de 500 mil km², que abriga 19 metrópoles onde vivem 45,7 milhões de pessoas (24% da população do país) (IBGE, 2017).

Aliado a esse contexto, está a produção de petróleo e gás natural extraída do subsolo marinho, concentrada nas áreas litorâneas e de mar. A instalação e operação de plataformas e dutos, trânsito de embarcações e instalações de terra interferem diretamente na zona costeira, determinando o crescimento de cidades e modificando as atividades socioeconômicas das populações locais (TAVARES, 2018). A contaminação direta de ambientes marinhos pode decorrer durante a exploração, produção, transporte, refino e consumo de petróleo e derivados, de forma crônica ou aguda (NRC, 2003), como no caso do derramamento. Há também impactos ambientais indiretos, devido a infraestrutura portuária, a produção de rejeitos domésticos e de indústrias diversas; e utilização de diversos produtos químicos (inibidores de corrosão, tintas anti-incrustantes, emulsificantes, etc.) durante o processo de produção (PATIN, 1999).

O petróleo ou óleo bruto é uma mistura complexa de ocorrência natural formada por diversos componentes orgânicos e inorgânicos; entre os compostos orgânicos, encontram-se principalmente hidrocarbonetos parafínicos, naftênicos e aromáticos (HENRIQUES, 2011). Em termos de elementos químicos, a composição varia conforme a origem, sendo que a presença de metais é de apenas 0,3%. Entre os hidrocarbonetos, há um maior interesse do ponto de vista de efeitos ambientais nos hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA): formados por dois ou mais anéis benzênicos, constituídos exclusivamente por átomos de carbono e hidrogênio (NETTO et al., 2000), são contaminantes ubíquos em ambientes aquáticos, derivados de fontes petrogênicas (óleo bruto e derivados) e pirolítica (queima de combustíveis fósseis e madeira) (NRC, 2003). Alguns são classificados como poluentes orgânicos persistentes (POP) no âmbito da Comissão Europeia e dezesseis são considerados poluentes prioritários pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA, 2005). No organismo, atuam como agentes de desregulação endócrina, mutagênicos (IARC, 2010; WHO, 2013) ou de efeito sinérgico, potencializando o efeito cancerígeno de outros HPAs (HWANG et al., 2012).

A correta identificação da origem e a avaliação dos efeitos ambientais decorrentes da contaminação por hidrocarbonetos requerem análise química para quantificar compostos específicos que permitam avaliar o nível e a distribuição de contaminantes em diferentes matrizes (WANG et al., 2002), obtendo-se informações sobre o tipo e origem (natural ou antrópica) dos hidrocarbonetos, a época da sua introdução e o seu grau de intemperização, assim como o potencial de ocorrência de efeitos tóxicos sobre a biota em determinada área contaminada, que depende da bioacumulação,

biodisponibilidade do contaminante e da sua capacidade de biotransformação pelo metabolismo do organismo (DJOMO et al., 1996). Assim, enquanto mexilhões são excelentes bioindicadores da contaminação por hidrocarbonetos, os vertebrados marinhos tendem a apresentar comparativamente menores taxas de bioacumulação de HPAs em seus tecidos. Nesses casos, uma abordagem complementar para avaliação de risco ambiental é a consideração do nível de exposição dos organismos aos contaminantes de interesse. Isso pode ser realizado pela detecção e quantificação de metabólitos de HPAs, que são considerados biomarcadores de exposição ao contaminante de interesse.

Os HPAs de 2 a 6 anéis representam uma preocupação em relação à segurança alimentar no curto e médio prazo (YENDER et al., 2002). Apesar de reconhecido o potencial tóxico dos HPAs, para avaliar se há risco no consumo de pescado de áreas contaminadas por óleo é necessário estabelecer um nível de preocupação (GOHLKE et al., 2011). No Brasil, a ANVISA determina que o nível de preocupação para HPAs em pescado é de 6 µg/kg de BaP equivalente para peixes, adotando o critério de “concentrações de carcinogênicos expressos em BaP equivalente”. As doses toleráveis de ingestão são combinadas com dados de consumo de alimentos ou cenários de consumo (SCHOLL et al., 2012), para determinar o risco/benefício associado ao consumo do pescado.

No entanto, esses limites, assim como a avaliação dos riscos na ingestão do pescado em geral, são questionáveis, pois não avaliam a real quantidade de contaminantes biodisponível no alimento (MARQUES et al., 2011). A bioacessibilidade refere-se à porção do alimento que é realmente absorvida após a digestão no trato gastrointestinal (SAURA-CALIXTO et al., 2007), atingindo a circulação sistêmica e tornando-se biodisponível. A quantificação da bioacessibilidade desses compostos, tornaria as avaliações de risco/benefício mais realistas (AFONSO et al., 2015). Recentemente, estudos demonstraram que a bioacessibilidade reduziu o nível de ingestão diária de HPAs em amostras de mexilhões (FOGAÇA et al., 2018) e ostras (HONG et al., 2016). Os dados de bioacessibilidade dos compostos combinados a ferramentas estatísticas com base na Teoria Extrema Especial (EVT) (TRESSOU et al., 2004), podem inferir em avaliações simultâneas e muito mais precisas os riscos e benefícios associados ao consumo de pescado.

Assim, o presente estudo otimizou a técnica multianálitos desenvolvida para determinar a presença de HPAs em sardinha (MASSONE et al., 2021) para avaliar a ocorrência de HPAs em amostras de pescado (moluscos, crustáceos e peixes) oriundas da região do Delta do Rio Parnaíba, após o derramamento de óleo no Litoral Brasileiro em 2019, subsidiando políticas públicas e informando aos pescadores e consumidores sobre os possíveis riscos associados ao consumo do pescado daquela região. Esse estudo fez parte do projeto - Derramamento de óleo nas praias Brasileiras do NE e seu impacto nos organismos aquáticos: estudos da bioacumulação, bioacessibilidade e

avaliação de risco associado ao consumo do pescado, financiado pelo Edital Capes Entre Mares n. 26/2019.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAS

Amostras de caranguejo uca (*Ucides cordatus* – 25 unidades), tainha (*Mugil spp.* – 25 unidades) e mariscos (*Anomalocardia brasiliiana* - 2 kg) foram adquiridas de pescadores da região do Delta do Rio Parnaíba/PI, considerando-se a estação do ano (verão). O protocolo para coleta e transporte das amostras foi baseado nos procedimentos estabelecidos pela União Europeia para seus programas de monitoramento ambiental. As amostras foram pesadas em balança digital, medidas com auxílio de um paquímetro para determinação do seu comprimento total (cm) ou largura do exoesqueleto, com identificação do sexo biológico (masculino ou feminino) para os peixes. Foi retirada a parte edível (músculo), congelada a – 80 °C para preservar a qualidade das amostras.

3 BIOACESSIBILIDADE IN VITRO DOS HPAS

A simulação da digestão in vitro foi realizada segundo o protocolo de Minekus et al. (2014) e Brodkorb et al. (2019). Na etapa oral, 5 g de amostra foram digeridas em 4,0 ml de saliva artificial, durante 2 minutos, a 37°C com agitação constante. Na fase gástrica, a digestão foi realizada em 8,5 ml de suco gástrico, em pH 3, durante 2 horas a 37°C, em banho-maria com agitação. Na fase intestinal, a digestão foi realizada pela adição de 8,5 mL do suco duodenal (pancreatina + bile) em pH 7, durante 2 horas a 37°C, em banho-maria com agitação. Após essa etapa, a amostra foi centrifugada a 4000 RPM durante 5 minutos a 4°C, a fim de separar a fração não digerida da bioacessível.

A fração bioacessível foi submetida ao método de extração para identificação e quantificação dos HPAs nas amostras antes e após a digestão, sendo calculada de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Bio (\%)} = ([\text{PAHs}]_{\text{bio}} \times 100) / [\text{PAHs}]_{\text{amostra fresca}}$$

Onde Bio (%) é a bioacessibilidade de um composto específico, [PAH] bio é a concentração do PAH na fração bioacessível e [PAHs] amostra fresca é a concentração do composto na amostra fresca (adaptado de Manita et al., 2017).

3.1 OTIMIZAÇÃO DO MÉTODO MULTIANALITOS PARA ANÁLISE DE HPA

A extração dos HPAS, nas amostras in natura, foi realizada com diclorometano aplicando-se o protocolo EPA-3545A (EPA, 2007a), com remoção de lipídeos dos tecidos. A extração dos HPAs da porção bioacessível foi realizada através da técnica de extração líquido-líquido segundo o protocolo EPA-3510C (EPA, 1996). Os extratos concentrados foram submetidos ao fracionamento por

cromatografia líquida em coluna de sílica/alumina e 100 ng de uma mistura de HPA deuterados, adicionados como padrão interno para quantificação. A identificação e quantificação dos PAH seguiram o protocolo EPA-8270D (EPA, 2007b).

3.2 VALIDAÇÃO DOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO DOS HPAS

A extração do HPAs seguiu dois métodos diferentes devido as especificidades das matrizes obtidas antes e após a digestão. Para validar o método, foi calculada a taxa de recuperação dos HPAs por meio de um experimento de fortificação das amostras de ostras *in natura*, com uma solução composta por 16 HPAs, em um nível alto (200 ng/g) e em um nível baixo (50 ng/g de amostra). As amostras foram fortificadas 24 h antes da extração ou digestão.

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram expressos em média e desvio padrão. Foi utilizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk ($\alpha=5\%$). Amostras com níveis de PAHs abaixo do limite de quantificação (LOQ) não foram utilizadas para análise estatística. Um modelo linear geral (ANOVA e teste de Tukey) foi usado para determinar as diferenças de significância ($p<0,05$) entre as amostras. O software Assistat versão 7.7 (Silva; Azevedo, 2016) foi usado nas análises.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 1 e 2 apresentam os dados da biometria das amostras coletadas entre 2019 e 2021, na época de verão ou seca do NE. Os dados mostram que não houve diferença entre o peso e tamanho dos caranguejos coletados em 2019. Porém, as tainhas coletadas em 2021, apresentaram maior peso e rendimento de file (Tabela 2), enquanto os mariscos coletados no mesmo ano, apresentaram pesos menores. Em setembro de 2021, o peso dos mariscos estava menor, porém, a largura da concha maior, o que mostra que os animais estavam em fase de crescimento e expansão dentro das conchas. Em dezembro de 2019, a porção edível representava 51,32% do peso do animal, enquanto em 2021 essa porcentagem era de somente 13,20% (Tabela 1).

Tabela 1 – Biometria dos caranguejos e mariscos.

Amostra	Peso total (g)	Largura (cm)	Peso carne (g)
Marisco / dez 2019	4,19 + 0,81 ^a	1,28 + 0,26 ^b	2,15 + 0,11 ^a
Marisco / set 2021	3,41 + 1,12 ^b	2,47 + 0,26 ^a	0,45 + 0,14 ^b
Caranguejo / Ago 2019	139,34 + 19,49 ^a	69,42 + 3,74 ^a	22,67 + 11,31 ^a
Caranguejo / dez 2019	158,30 + 21,80 ^a	71,63 + 3,20 ^a	21,78 + 5,03 ^a

Caranguejo (n=25), marisco (n=40). Media + DP.

Tabela 2 – Biometria das tainhas.

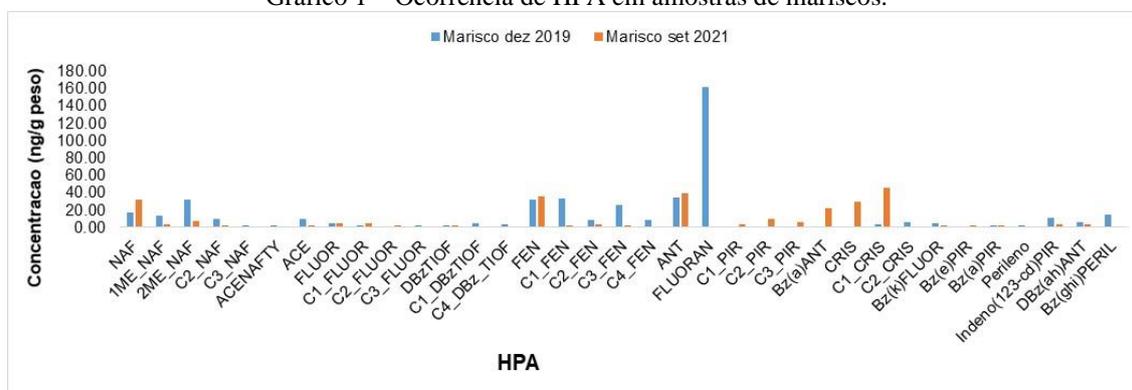
Amostra	Peso total (g)	Comprimento Total (cm)	Peso do fígado (g)	Peso eviscerado (g)	Peso do Filé (g)
Tainha / dez 2019	150,63 + 29,37 ^b	24,98 + 1,77 ^b	2,00 + 0,46 ^a	135,40 + 31,87 ^b	46,74 + 11,29 ^b
Tainha / set 2021	231,81 + 79,44 ^a	27,62 + 3,29 ^a	1,33 + 0,70 ^b	202,80 + 70,84 ^a	70,76 + 25,89 ^a

N = 25. Media + DP.

O tamanho do peixe pode estar relacionado com uma maior deposição de gordura muscular e visceral, o que pode ocasionar maior bioacumulação de HPA, já que esses compostos são lipossolúveis (TFOUNI et al., 2009). No entanto, estudos recentes observaram redução nas concentrações para alguns PAHs (Naftaleno e Pireno em músculos) em amostras de peixes com maiores classes de peso (OURO-SAMA et al., 2023).

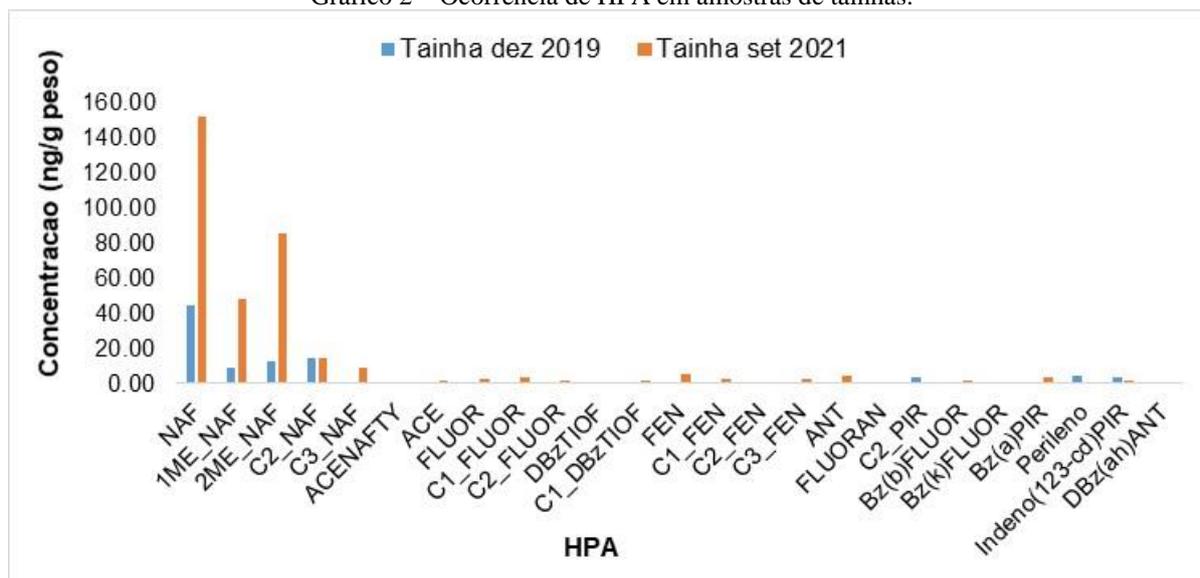
Diferentes níveis e analitos foram identificados e determinados nas três espécies estudadas. O marisco apresentou 35 HPAs, nas duas estações de coleta, com destaque para a maior concentração para o Fluoranteno nas amostras de 2019 (160,72 ng/g peso seco, Gráfico 1). Pelo seu hábito filtrador e por apresentarem baixa capacidade de metabolização dos HPAs (VARANASI, 1989), os moluscos são considerados bioindicadores ambientais (EÇA et al., 2021).

Gráfico 1 – Ocorrência de HPA em amostras de mariscos.



As amostras de tainha apresentaram 25 HPAs, com destaque para as concentrações de Naftaleno e seus isômeros nas amostras coletadas em 2021. É interessante notar que a mancha de óleo ocorreu em 2019 e atingiu essa região alguns meses depois. Porém, a presença desses compostos pode ser determinada pela bioacumulação nos peixes após dois anos do acidente. Isso porque, a tainha tem hábito detritívoro e fuça o sedimento dos estuários procurando por alimento. Conforme citamos acima, os peixes maiores tendem a bioacumular mais contaminantes do que os menores. Isso ficou evidente usando-se a tainha como modelo no projeto (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Ocorrência de HPA em amostras de tainhas.



As amostras de caranguejo apresentaram 12 HPAs, com maior ocorrência nos animais coletados em 2019. Ao contrário das tainhas, os caranguejos foram diretamente afetados pelo seu hábito alimentar de degradar a matéria orgânica dos mangues, e por isso, a bioacumulação foi mais rápida, porém, em menores concentrações se comparada aos peixes (10 vezes menor) (Gráfico 3).

Os peixes são capazes de metabolizar os HPAs, mas tendem a bioacumular esses compostos de forma mais intensa quando vivem próximos a uma fonte de contaminação. Os crustáceos já possuem um sistema de desintoxicação bem desenvolvido, cuja atividade enzimática aumenta em um nível dependente da dose na exposição aos HPAs (REN et al., 2014). Isso explicaria os baixos níveis de HPAs nas amostras de caranguejo.

A análise das ostras, para validação do método, apresentou identificação e quantificação de 24 HPAs, sendo que apenas Bz(b)Fluoreno e Perileno foram determinados nas amostras digeridas (Gráfico 4). A média da recuperação dos HPAs nas amostras in natura foi de 76,44% e nas amostras digeridas foi de 77,72%, mostrando a eficiência de extração dos HPAs em ambas as metodologias utilizadas.

Gráfico 3 – Ocorrência de HPA em amostras de caranguejo.

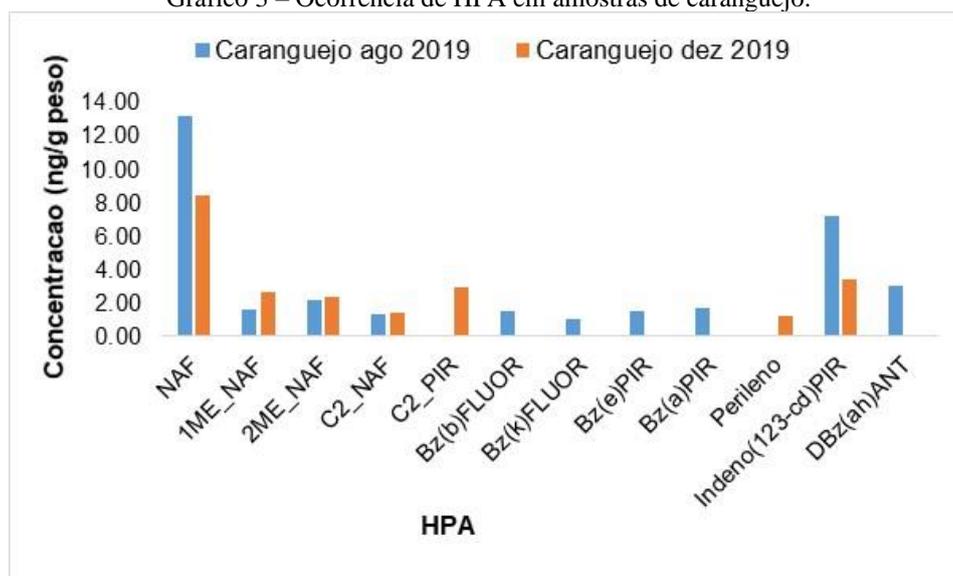
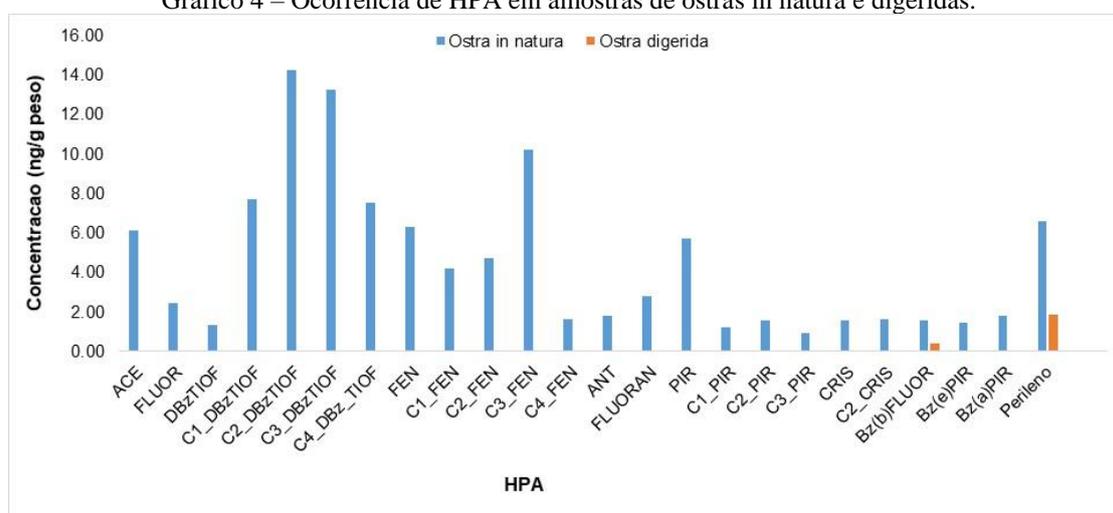


Gráfico 4 – Ocorrência de HPA em amostras de ostras in natura e digeridas.



A baixa bioacessibilidade de HPAs em amostras de pescado e um bom indicativo do baixo risco desses contaminantes a saúde dos consumidores. O benzo(k)Fluoranteno apresentou 22,0% de bioacessibilidade na amêijoia crua (FOGACA et al., 2018). Estudos anteriores avaliaram a bioacessibilidade de HPAs em camarões marinhos, observando 30,8% para pireno e 35,6% de bioacessibilidade para fluoreno (YU et al., 2012). Wang et al. (2010) relataram que a bioacessibilidade de HPA, em peixes adquiridos nos mercados de Hong Kong, variou de 12,6% a 42,6% usando o método de digestão in vitro. No presente estudo, a bioacessibilidade do benzo(k)Fluoranteno foi de 26,51% e do Perileno de 28,64%.

6 CONCLUSÃO

O método multianalitos para determinação de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em pescado foi eficiente na determinação de 35 HPAs em amostras de mariscos, 25 HPAS em tainhas e 12 HPAs em caranguejos. Também foi eficiente na determinação dos HPAS em amostras digeridas, com taxa de recuperação acima de 70%. Recomenda-se o uso desse método para agilizar as análises que possam subsidiar o monitoramento da qualidade e segurança do pescado após acidentes como o ocorrido em 2019, ou mesmo em áreas com elevada poluição ambiental.

REFERÊNCIA

- Afonso, c., costa, s., cardoso, c., bandarrra, n., batista, i., coelho, i., castanheira, i., nunes, m.l. evaluation of the risk/benefit associated to the consumption of raw and cooked farmed meagre based on the bioaccessibility of selenium, eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid, total mercury, and methylmercury determined by an *in vitro* digestion model. *Food chemistry*, v. 170, p. 249-256, 2015.
- Bauer, j.e., cai, w.-j., raymond, p.a., bianchi, t.s., hopkinson, c.s., regnier, p.a.g. the changing carbon cycle of the coastal ocean. *Nature*, v. 504, p.61-70, 2013.
- Brodkorb, a. Et al. Infogest static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nlm*, v.14, p.991-1014, 2019.
- Djomo, j.e., garrigues, p., narbonne, j.f. uptake and depuration of polycyclic aromatic hydrocarbons from sediment by the zebrafish (*bracydanio rerio*). *Environmental and toxicology chemistry*, v.15, p.1177–1181, 1996.
- Eça, g.f., albergaria-barbosa, a.c.r., souza, m.m., costa, p.g., leite, a.s., fillmann, g., hatje, v. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments and shellfish from todos os santos bay, brazil. *Marine pollution bulletin*, v.173, part a, p.112944, 2021.
- Epa. Guidelines for carcinogen risk assessment. Washington: environmental protection agency. Disponível em<http://www.epa.gov/raf/publications/pdfs/cancer_guidelines_final_3-25-05.pdf>acesso em: 21/02/2015.
- Epa. Method 3545a: pressurized fluid extraction (pfe). U.s. epa, february, 2007a.
- Epa. Method 3510c: separatory funnel liquid-liquid extraction. U.s. epa, december 1996.
- Epa. Method 8270d: semi volatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry (gc/ms). U.s. epa, january 2007b.
- Fogaça, f.h.s.; soares, c.; oliveira, m.; alves, r.n.; maulvault, a.l.; barbosa, v.l.; anacleto, p.; magalhães, j.a.; bandarrra, n.; ramalhosa, m.j.; morais, s.; marques, a. Polycyclic aromatic hydrocarbons bioaccessibility in seafood: culinary practices effects on dietary exposure. *Environmental research*, v.64, p.165-172, 2018.
- Gohlke, j.m.; doke, d.; tipre, m.; leader, m.; fitzgerald, t. A review of seafood safety after the deepwater horizon blowout. *Environ. Health perspect*, v.119, p.1062-1069, 2011.
- Henriques, c. B. Caracterização prévia de petróleo com vistas à otimização de processos. Tese (doutorado em engenharia química), unicamp, campinas, 2011. 284 p.
- Hong, w.-j., et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) and alkylated pahs in the coastal seawater, surface sediment and oyster from dalian, northeast china. *Ecotoxicology and environmental safety*, v.128, p.11-20, 2016.
- Hwang, k.; woo, s.; choi, j.; kim, m. Survey of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine products in korea using g. C. / m. S. *Food additives & contaminants*, part b, p.1-7, 2012.
- Iarc. Some non-heterocyclic polycyclic aromatic hydrocarbons and some related exposures. Iarc monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, v.92, p.773, 2010.

Ibge. Pesquisa agrícola municipal. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam>>. Acesso em: 2 dez. 2017.

Manita, d., et al. In vitro bioaccessibility of the marine biotoxins okadaic acid, dinophysistoxin-2 and their 7-o-acyl fatty acid ester derivatives in raw and steamed shellfish. Food and chemical toxicology, v.101, p.121-127, 2017.

Marques, a.; lourenço, h.m.; nunes, m.l.; roseiro, c.; santos, c.; barranco, a.; rainieri, s.; langerholc, t.; cencic, a. New tools to assess toxicity, bioaccessibility and uptake of chemical contaminants in meat and seafood. Food research international, v.44, p.510–522, 2011.

Massone, c.g.; santos, a.a.; ferreira, p.g.; carreira, r.s. a baseline evaluation of pah body burden in sardines from the southern brazilian shelf. Marine pollution bulletin, v.163, p.111949, 2021.

Minekus, m. Et al. A standardized static in vitro digestion method suitable for food – an international consensus. Food funct., v.5, p.1113-1124, 2014.

Netto, a.d.p.; moreira, j.c.; dias, a.e.x.o.; arbilla, g.; ferreira, l.f.v.; oliveira, a.s.; barek, j. Avaliação da contaminação humana por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (hpas) e seus derivados nitrados (nhpas): uma revisão metodológica. Química nova, v.23, p.765-773, 2000.

Nrc. Oil in the sea - inputs, fates and effects, 2 ed. National academy press: washington. 2003.

Ouro-sama, k. Et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) contamination in *chrysichthys nigrodigitatus* lacépède, 1803 from lake togo-lagoon of aného, togo: possible human health risk suitable to their consumption. Int. J. Environ. Res. Public health, v.20, p.1666, 2023.

Patin, s. Environmental impact of the offshore oil and gas industry. Ecomonitor publishing: new york.1999.

Ren, x. Et al. Metabolic enzyme activities, metabolism-related genes expression and bioaccumulation in juvenile white shrimp *litopenaeus vannamei* exposed to benzo(a)pyrene. Ecotoxicol. Environ. Saf., v.104, p.79-86, 2014.

Ruddiman, w.f. the anthropocene. Annu. Rev. Earth planet. Sci, v. 41, p.45-68, 2013.

Saura- calixto, f.; serrano, i.; goni, i. Intake and bioaccessibility of total polyphenols in whole diet .food chemistry, v.101, p.492-501, 2007.

Scholl, g.; huybrechts, i.; humblet, m.f.; scippo, m.l.; de pauw, e.; eppe, g.; saegerman, c. Risk assessment for furan contamination through the food chain in belgian children. Food additives and contaminants, part a, v.29, p.1219–1229, 2012.

Silva, f.a.s.; azevedo, c.a.v. the assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. African journal of agricultural research, v.11, p.3733-3740, 2016.

Tavares-dias; m. Atual situação dos mares, oceanos e regiões costeiras. In: vida na água: contribuições da embrapa. Fogaça, f.h.s.; furtado, a.m.; tavares-dias, m.; routledge, e. (ed.). Brasília, df: embrapa, 2018.

Tfouni, s.a.v.; souza, n.g.; neto, m.b.; loredo, i.s.d.; leme, f.m.; furlani, r.p.z. polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) in sugarcane juice. Food chemistry, v. 116, n. 1, p.391-394, 2009

Tressou, j.; crépet, a.; bertail, p.; feinberg, m. H.; leblanc, j. C. Probabilistic exposure assessment to food chemicals based on extreme value theory. Application to heavy metals from fish and sea products. Food and chemical toxicology, v.42, p.1349-1358, 2004.

Varanasi, usha. Metabolism of polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. Crc press, 1989.

Wang, z., li, k., fingas, m., sigouin, l., menard, l. Characterization and source identification of hydrocarbons in water samples using multiple analytical techniques. J. Chromatog., v. A 971, p.173-184, 2002.

Wang, h.-s. Et al. Oral bioaccessibility of polycyclic aromatic hydrocarbons (pahs) through fish consumption, based on an in vitro digestion model. J. Agric. Food chem., v.58, p.11517-11524, 2010.
Who. State of the science endocrine disrupting chemicals 2012.united nation environment programme and the world health organization: geneva. 2013.

Yender, r., michel, j., lord, c. Managing seafood safety after an oil spill. Office of response and restoration, national oceanic and atmospheric administration: seattle, p. 72, 2002.

Yu, y-x et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in animal-based foods from shanghai: bioaccessibility and dietary exposure. Food addit. Contam., part a, v.29, p.1465-1474, 2012.

Estudo de caso para avaliação de patologias e técnicas de manutenção na pavimentação asfáltica da rodovia Dr. Euphly Jalles

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-029>

Pedro Augusto Ciconi Mendes

Graduando do curso de Engenharia Civil
IFSP Campus Votuporanga
E-mail: p.augusto@aluno.ifsp.edu.br

Ana Paula Moreno Trigo

Professora Doutora do departamento de Engenharia Civil
IFSP Campus Votuporanga
E-mail: apmtrigo@ifsp.edu.br

RESUMO

A pavimentação é uma estrutura que, devido a regularidade da superfície, garante a melhoria do tráfego em questões de conforto, economia e segurança. Porém, como a maioria das vias rodoviárias brasileiras são de pavimentos flexíveis, assim como o estudo em questão, estas acabam por sofrerem problemas recorrentes, o que afeta o desempenho do tráfego, sendo necessários serviços de manutenção que prolonguem a vida útil. A pesquisa trata de estudo de caso da rodovia Dr.

Euphly Jalles, localizada no município de Jales, apresentando e descrevendo as patologias existentes na pavimentação asfáltica, bem como analisando técnicas de manutenção e reabilitação aplicadas na obra, juntamente com os materiais empregados na correção. O estudo constou de vistorias e registros fotográficos ao longo da rodovia, identificação e seleção das patologias asfálticas existentes, levantamento das possíveis técnicas de manutenção e materiais empregados em cada intervenção, acompanhamento dos procedimentos de recuperação e análise da eficiência das áreas reparadas, considerando desempenho e durabilidade do pavimento. Após estudo, foi possível verificar que os métodos de manutenção aplicados foram eficientes para cada tipo de reparo realizado, bem como confirmar a adequabilidade dos materiais empregados, o que acarretou em desempenho adequado e duradouro à rodovia.

Palavras-chave: Pavimentação rodoviária, Patologias, Técnicas, Materiais, Recuperação.

1 INTRODUÇÃO

O pavimento, segundo Bernucci *et al.* (2008), é uma estrutura de múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada técnica e economicamente a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança. Em outras palavras, pode-se dizer que a pavimentação é uma obra que garante a melhoria do tráfego devido a regularidade da superfície.

Uma via com melhores condições de qualidade de rolamento resulta aos usuários em grande redução de custos, uma vez que os custos de operação e de manutenção dos veículos estão associados às condições de superfície dos pavimentos. Outro fator importante é que a regularidade da pavimentação pode aumentar a velocidade com que os veículos a trafeguem, economizando combustível e tempo de percurso. A garantia de uma superfície aderente aos pneumáticos dos veículos também reflete em redução nos custos operacionais das vias e rodovias, pois os acidentes de trânsito são minimizados, onde custos possuem matizes que os tornam, muitas vezes, de difícil ponderação, emanando reflexos para a sociedade como um todo (BALBO, 2007).

Majoritariamente, as vias rodoviárias brasileiras são executadas com pavimentos flexíveis, e estas acabam por terem a vida útil projetada para 10 anos. De acordo com CNT (2021), os problemas na estrutura começam a aparecer, em alguns casos, nos primeiros meses após a abertura ao tráfego. Dados revelam que em 61,8% da extensão das rodovias há algum tipo de problema, seja no pavimento, na sinalização ou na geometria da via. As principais causas, apontadas pela pesquisa, foram as metodologias ultrapassadas para o planejamento de obras, as deficiências técnicas na execução, o pouco investimento e a falha no gerenciamento de obras, fiscalização e manutenção das pistas CNT (2021).

A constante utilização de pavimentos se sujeita à rápida deterioração tanto por agentes físicos, como por patologias que afetam a pavimentação de forma direta ou indireta. A conservação do pavimento consiste em serviços de manutenção e reabilitação, com períodos frequentes para que não haja consumpção total da via e para que se prolongue sua vida útil, tendo em vista a redução de gastos com reabilitação e a contribuição para que essa via esteja sempre liberada e apropriada para o tráfego (DO NASCIMENTO, 2019).

A reabilitação da pavimentação tem como objetivo distender a vida útil da mesma, reconstruir ou reforçar o local afetado novamente, proporcionando melhor qualidade e maior prazo de recuperação, refletindo em benefícios tanto para quem o utiliza, quanto para quem o reforma. As atividades de reabilitação consistem em preventivas, aquelas que têm objetivo prevenir anormalidades, e em corretivas, com o objetivo de corrigir patologias existentes, aumentando a integridade física do pavimento (DO NASCIMENTO, 2019).

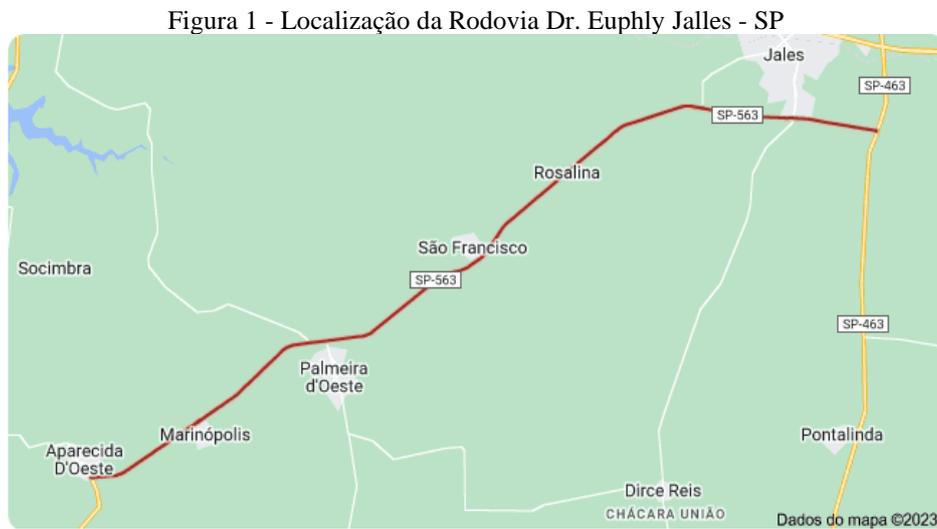
Diante do exposto, observa-se a importância do estudo das diversas patologias existentes na pavimentação asfáltica, bem como das técnicas de manutenção e recuperação existentes, de modo que as anomalias não apareçam ou, uma vez observadas, sejam de fácil correção. Vinculados as técnicas, os materiais empregados são fundamentais para o sucesso do procedimento executado. Assim, esta pesquisa tem por objetivo verificar a eficiência da manutenção e dos materiais utilizados rodovia Dr. Euphly Jalles, Jales/SP, frente aos diferentes tipos de patologias encontradas.

2 METODOLOGIA

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E CARACTERÍSTICAS DA VIA

A presente pesquisa envolve o estudo de caso para a avaliação das patologias encontradas na pavimentação asfáltica da rodovia SP-563, do Km 310 + 110m até o Km 353, conhecida como rodovia Dr. Euphly Jalles, interior do estado de São Paulo, bem como das técnicas de manutenção empregadas. A rodovia Dr. Euphly Jalles está localizada entre as cidades de Aparecida D'Oeste e Jales, passando

por municípios como Marinópolis, São Francisco e Rosalina. A Figura 1 ilustra a localização da rodovia.



Fonte: Google Maps (2023).

A SP-563 é uma rodovia transversal do estado de São Paulo, administrada pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP).

A rodovia possui pista simples, contendo duas faixas de rolamento, uma em cada sentido, com largura de 3,5 metros. Não há canteiro que separe suas faixas de rolamento, tendo a presença de acostamento em grande parte da extensão da via. A velocidade máxima da rodovia é de 100 Km/h para veículos leves e 80 Km/h para veículos pesados e existem trevos e pontes sobre córregos ao longo de sua extensão. A Figura 2 apresenta um trecho da rodovia.



Fonte: Autor Próprio (2023).

O DER-SP possui contrato de conservação rodoviária de rotina com a empreiteira Converd Construção Civil LTDA. Este contrato, estabelecido através de licitação, abrange o pavimento, revestimento vegetal, sistemas de drenagem, faixas de domínio e elementos de segurança nas rodovias, acessos, interligações, dispositivos e vias não pavimentadas sob jurisdição do DER/SP.

Para esta pesquisa foi analisada somente a área do pavimento da rodovia Dr. Euphly Jalles, pertencente a rodovia SP-563. A escolha pela área ocorreu devido ao fato da empresa Converd possibilitar o acompanhamento das obras de conservação rodoviária, mediante estágio supervisionado, contemplando desde a análise das patologias encontradas, até o reparo das mesmas.

2.2 INSPEÇÃO VISUAL E IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Percorrendo todo o trecho da rodovia, utilizando veículo de passeio, em ambos sentidos, e com cautela com o tráfego da via, foram inspecionadas todas as possíveis falhas e defeitos presentes no trecho. Desta forma, os responsáveis detectaram os locais com maiores índices de problemas.

Após a inspeção visual, e considerando os trechos com maior quantidade de defeitos, foram identificados os tipos de patologias existentes. Esse processo auxiliou na identificação dos tipos de serviços de manutenção e tipos de materiais mais adequados para serem aplicados na reabilitação da rodovia, respeitando a segurança e o conforto do usuário.

Considerando a extensão da rodovia Dr. Euphly Jalles (42,89 Km) e as inúmeras patologias encontradas, foi necessário um plano de atuação, de modo a escolher quais patologias seriam contempladas para análise.

A escolha dos locais foi realizada de acordo com os itens da planilha orçamentária licitada do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP), e também por escolha própria da empresa, considerando os locais mais prejudicados. A empresa também seleciona os tipos de conservação da rodovia, como as manutenções pavimentícias, de acordo com as datas do ano, como, por exemplo, após a temporada de chuvas da região.

Como a realização dos serviços segue contrato da empresa com a instituição estadual (DER-SP), foi realizado levantamento fotográfico das patologias selecionadas. Essa atividade teve por objetivo registrar o procedimento de recuperação e conservação da rodovia para o meio público (mediante Relatório de Medição apresentado pelo DER) e servir de base de estudos para a própria empresa Converd.

2.3 ESCOLHA DA TÉCNICA DE MANUTENÇÃO E DOS MATERIAIS A SEREM EMPREGADOS

Determinados os locais de intervenção e identificadas as patologias, procedeu-se à escolha das técnicas de manutenção e materiais a serem usados. A escolha seguiu suporte em referencial teórico existente.

Depois de realizados os reparos pela empresa Converd, foi possível observar que os procedimentos de recuperação variaram dos mais simples aos mais complexos, dependendo da dimensão da falha e do grau de degradação, sempre visando corrigir a patologia em consonância com o custo envolvido.

Ao final do processo, e levando em consideração as informações obtidas, foi feita a análise das técnicas e dos materiais utilizados, visando atender o conforto e a segurança dos usuários ao trafegar pela via reabilitada.

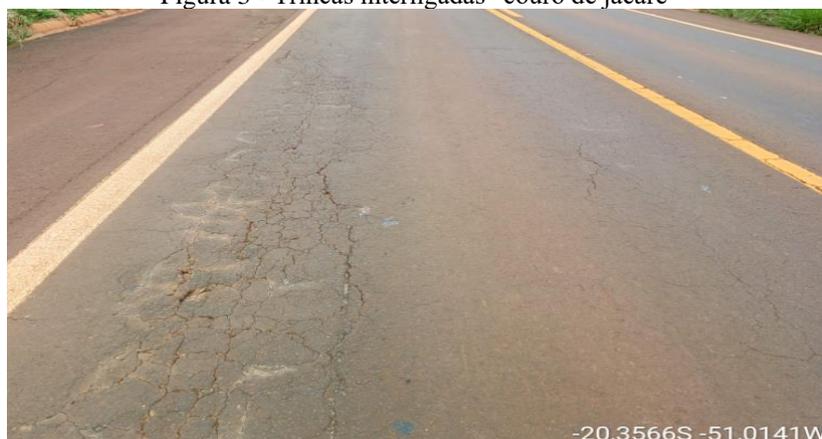
3 RESULTADOS

3.1 INSPEÇÃO VISUAL E IDENTIFICAÇÃO DAS PATOLOGIAS

Após inspeção visual feita na rodovia Dr. Euphly Jalles, observou-se que os tipos de patologias presentes no pavimento se repetiam com certa frequência em toda a extensão da via, sendo possível identificar os defeitos de maior incidência, a saber:

- **Trincas isoladas:** transversais (ortogonais ao eixo da via), longitudinais (paralelas ao eixo da via) e de retração (ocasionadas devido à retração térmica do revestimento ou do material subjacente) (BRASIL, 2003a).
- **Trincas Interligadas:** classificadas como do tipo “couro de jacaré”, quando são interligadas sem direções preferenciais, como é o caso mostrado na Figura 3, ou do tipo “bloco”, quando são interligadas por blocos bem definidos (BRASIL, 2003a).

Figura 3 - Trincas interligadas “couro de jacaré”



Fonte: Autor Próprio (2023).

- **Afundamento de trilha de roda:** derivado de deformações permanentes, seja do revestimento asfáltico ou de suas camadas subjacentes, incluindo o subleito (BRASIL, 2003a). A Figura 4 mostra a patologia de afundamento de trilha de roda.

Figura 4 - Afundamento de trilha de roda seguida de buracos



Fonte: Autor Próprio (2023).

- **Panela ou Buraco:** cavidade no revestimento asfáltico, podendo ou não atingir camadas subjacentes (BRASIL, 2003a), conforme visto na Figura 5.

Figura 5– Panela/ Buraco



Fonte: Autor Próprio (2023).

- **Remendos:** panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimento na operação denominada de “tapa-buraco” (BRASIL, 2003a). Apesar de ser uma atividade de conservação é considerado um defeito por apontar um local de fragilidade do revestimento

e por provocar danos ao conforto ao rolamento. A Figura 6 mostra esse tipo de patologia detectada.

Figura 6 - Remendos



Fonte: Autor Próprio (2023).

As outras patologias citadas na norma do DNIT 005/2003 – TER: *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos*, não foram encontradas na via em questão, ou, quando presentes, existiam em pouca frequência e baixa gravidade.

Uma vez detectadas e quantificadas as patologias, procedeu-se à escolha dos locais a serem recuperados.

A escolha levou em consideração, em primeiro momento, a extensão da rodovia, a qual apresenta diversos defeitos pavimentícios, que não são capazes de serem tratados em sua totalidade.

Outro ponto levado em conta na escolha dos locais foi o atendimento aos itens da planilha orçamentária (Figura 7) licitada, do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo (DER-SP), na qual a empresa Converd Construção Civil LTDA deve seguir mês a mês para cumprimento do contrato.

Por fim, mas não menos importante, a escolha do local depende também da própria empreiteira, a qual seleciona os locais mais prejudicados e datas do ano mais favoráveis à execução do serviço de reparo, como por exemplo, após a temporada de chuvas da região.

Assim, as patologias denominadas de panela ou buraco, tiveram preferência no momento da escolha, justamente por representarem reparos emergenciais, que podem causar riscos ao tráfego e, de certa forma, serem de simples solução.

Figura 7 - Exemplo de uma Planilha Orçamentária



DER
Departamento de
Estradas de Rodagem



EMPREITEIRA: CONVERD CONSTRUÇÃO CIVIL LTDA.

CONTRATO: No 21.079-1

LOTE 32

2.2 - MEDIÇÃO DO MÊS

MEDIÇÃO Nº: 08
MESES: MAIO-JUNHO/2022

PERÍODO: 16/05/2022 a 15/06/2022

CÓDIGO DO SUB-ITEM	NOME REDUZIDO DO SUBITEM	UNIDADE DE MEDIDA	PREÇO UNITÁRIO (R\$)	QUANTIDADE ACUMULADA	QUANTIDADE MÊS	VALOR ACUMULADO	VALOR MÊS
FASE 36 - CANTEIRO DE OBRAS							
36.01.01.01	INST.CANTEIRO-TIPO I (1,500%)	global	152.444,81	1,00		152.444,81	0,00
36.01.01.02	OPERE MANUTENCAO CANTEIRO TIPOI(0,875%)	global	88.682,12	0,54	0,09	47.888,34	7.981,39
36.01.01.03	DESMOBILIZACAO CANTEIRO TIPOI(0,125%)	global	12.075,16				0,00
SUBTOTAL						200.333,15	7.981,39
FASE 37 - CONSERVAÇÃO RODOVIÁRIA							
37.01.01	REPARO TOTAL DE CERCA	m	43,73	2.885,00	971,00	126.161,05	42.461,83
37.01.04	LIMPEZA DE DRENAGEM DA PLATAFORMA	m	1,30	77.712,00		101.025,60	0,00
37.01.05	LIMPEZA DE DRENAGEM FORA DA PLATAFORMA	m	1,58	6.525,00	312,62	10.309,50	493,23
37.01.06	LIMPEZA DE BUEIROS DIAMETRO D<=0,60M	m	47,60	294,00	57,70	13.994,40	2.746,52
37.01.07	LIMPEZA DE BUEIROS DIAMETRO 0,6<D<=0,8M	m	61,02	953,70		58.194,77	0,00
37.01.08	LIMPEZA DE BUEIROS DIAMETRO 0,8 < D <=1,0M	m	63,59	1.192,00		75.799,28	0,00
37.01.11	LIMPEZA DE GALERIA	m	63,22	352,80		22.304,02	0,00
37.01.12	REPARO DRENAGEM SUPERFICIAL DE CONCRETO	m³	1.267,82		229,00		290.330,78
37.01.15	DEMOLICAO E RETIRADA DE GUARDA-CORPO	m³	371,52				0,00
37.01.16	LIMPEZA DE PLACA	m²	10,00				0,00
37.01.17	LIMPEZA TACHA REFLETIVA MONO/BIDIREC	un	2,42				0,00
37.01.18	PINTURA DE CAIACAO 2 DEMAOS	m²	19,29	3.848,00		74.227,92	0,00
37.01.22	EQUIPE PARA SERVICOS CONSERVACAO	equip/dia	1.663,07	91,00	23,00	151.339,37	38.250,61
37.01.23	TRANSPORTE DE PESSOAL	km	1,44				0,00
37.02.02	REPOSICAO REVIST.PRIMARIO ACOSTAMENTO	m³	96,42	6.015,14		579.979,80	0,00
37.02.04	RECONFORMACAO DE ACOSTAMENTO	km	149,62	39,01		5.836,68	0,00
37.02.05	RECOMPOSICAO MANUAL DE ATERRO	m³	83,44	300,00		25.032,00	0,00
37.02.06	RECOMPOSICAO MECANICA DE ATERRO	m³	25,40	3.228,00		81.022,80	0,00
37.02.07	REMOCAO MANUAL DE BARREIRA	m³	51,44	392,50	56,50	20.190,20	2.906,36
37.02.08	REMOCAO MECANICA DE BARREIRA	m³	29,08	919,00		26.724,52	0,00
37.03.01	REMENDO PRE-MISTURADO A QUENTE	m³	1.785,49	67,34	13,05	120.234,90	23.300,64
37.03.02	REMENDO PRE-MISTURADO A FRIO	m³	1.714,21	7,18		12.308,03	0,00
37.03.03	REPARO EMERGENCIAL DE PAV.-TAPA BURACO	m³	1.260,14	330,02	44,87	415.871,40	56.542,48
37.03.11	IMPRIMADURA BET.IMPERMEABILIZANTE	m²	8,18	12.750,00	1.892,50	104.295,00	15.480,65
37.03.12	IMPRIMADURA BETUMINOSA LIGANTE	m²	3,00	56.362,80	8.085,00	169.088,40	24.255,00
37.03.15	CAMADA DE ROLAMENTO CBUQ - PANOS S/DOP	m³	1.149,69	1.702,15	195,97	1.956.944,83	225.304,74
37.03.18	FRESAGEM PAVIMENTO	m³	240,62				0,00
37.03.20	REMOCAO CAMADA DE ROLAMENTO	m³	43,98	315,00		13.853,70	0,00
37.04.01	REPARO DE GUARDA CORPO METALICO	m	193,51				0,00
37.04.04	ESCAVACAO MANUAL DE 1A/2A CATEGORIA	m³	66,28	84,00		5.567,52	0,00
37.04.09	COMPACTACAO MANUAL REATERRO SOLO LOCAL	m³	28,97	70,00		2.027,90	0,00
37.04.10	FORMA PLANA F/CONCRETO COMUM	m²	107,98		59,00		6.370,82
37.04.15	BARRA DE ACO CA-50	kg	15,04				0,00
37.04.19	CONCRETO FCK 15MPA	m³	530,49	10,00	3,50	5.304,90	1.856,71
37.04.36	TUBO CONCRETO D=0,60M PA-2 - FORNEC.	m	133,30				0,00
37.04.40	TUBO CONCRETO D=0,80M PA-2 - FORNEC.	m	257,20		37,50		9.645,00
37.04.48	TUBO CONCRETO D=0,60M ASSENTAMENTO	m	91,29				0,00
37.04.49	TUBO CONCRETO D=0,80M ASSENTAMENTO	m	124,84				0,00
37.04.53	GABIAO TIPO CAIXA, ZINCO-ALUMINIO, NBR 8964, ALTURA 50CM	m³	734,03				0,00
37.04.64	CANALETAS CONCRETO 80CM	m	152,16				0,00
37.06.01	GRAMA EM PLACA SEM ADUBO	m²	9,50				0,00
37.06.03	ROCADAS MANUAIS	ha	3.969,96	180,45	29,06	716.379,28	115.367,03
37.06.04	ROCADAS MECANICAS	ha	1.484,94	389,83	68,62	578.874,16	102.193,57
37.06.05	CAPINA MANUAIS	ha	6.995,12	0,87	3,80	6.085,75	26.581,45
37.06.09	REMOCAO LIXO ENTULHO	equipe.hor	326,98	272,00		88.938,56	0,00
37.28.08.01.01	CONFECÇÃO, MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE PLACA INSTITUCIONAL	m²	227,44	240,00		54.585,60	0,00
37.28.08.02.01	MANUTENÇÃO DE PLACA INSTITUCIONAL	m² x mês	44,58	264,00		11.769,12	0,00
SUBTOTAL						5.634.270,95	984.088,12
FASE 72 - ALUGUEL DE MÁQUINAS, VEÍCULOS E EQUIPAMENTOS							
72.02.01.05	VEICULO C/CAPAC.P/4 PES. 1.600CC COND. E	km	0,86	35.856,00	4.019,00	30.836,16	3.456,34
72.02.01.06	VEICULO C/CAPAC.P/4 PES. 1.600CC COND. F	veic.mens	4.422,73	14,00	2,00	61.918,22	8.845,46
SUBTOTAL						92.754,38	12.301,80
TOTAL ACUMULADO/MEDIÇÃO						5.927.358,48	1.004.371,31

Fonte: Autor Próprio (2023).

Mediante tais considerações, alguns trechos da rodovia Dr. Euphly Jalles foram escolhidos para o presente estudo, denominados em:

Trecho 1: SP 563 km 312+000 (próximo ao acesso da cidade de Aparecida D'Oeste)

Trecho 2: SP 563 do km 343+000m ao km 353+000m

Trecho 3: SP 563 do km 329+080m ao km 336+330m

Trecho 4: SP 563, do km 317+950 ao km 323+000

Trecho 5: SP 563, do km 344+000 ao km 353+000

Trecho 6: SP 563, do km 332+000 ao km 333+500

Durante esta etapa da pesquisa, foi primordial o registro fotográfico, sendo que as imagens serviram não só para embasar o trabalho, como também comprovar os procedimentos de recuperação realizados pela Converd na observância dos requisitos do contrato de conservação da via, mediante Relatório Fotográfico de Medição (Figura 8); instrumento fundamental a ser apresentado ao DER-SP.

Figura 8 – Exemplo de Relatório de Medição



Fonte: Autor Próprio (2023).

3.2 ESCOLHA DA TÉCNICA DE MANUTENÇÃO E DOS MATERIAIS A SEREM EMPREGADOS

3.2.1 Trecho 1

No trecho SP 563 km 312+000 (Figuras 9, 10 e 11) havia presença de afundamento de trilha de roda, seguido da aparição de diversos buracos (panelas), as quais levam os condutores à perda de segurança. O afundamento pouco interferia por ser de pequena magnitude.

Para o referido trecho foi escolhida e realizada a operação emergencial de reparações localizadas ou remendos, de modo a evitar maiores danos ao pavimento e obter uma superfície de rolamento mais segura e confortável.

As reparações localizadas ou remendos são as operações corretivas processadas normalmente a nível do revestimento asfáltico, com o objetivo de corrigir manifestações de ruína específicas, bem definidas e de pequenas dimensões. É composta pelas seguintes etapas: regularização da degradação, impermeabilização (imprimação) das camadas granulares atingidas, espalhamento, compactação do "material de enchimento" (pré-misturados, areia-asfalto, CBUQ) e selagem superficial (vedação final) (BRASIL, 2006b).

À reparação de uma degradação localizada no revestimento, dá-se o nome de remendo superficial ou operação tapa-buraco. Os materiais usados foram a pintura de ligação (RR-2C¹) para imprimação da camada e o PMF² (pré-misturado a frio), como material de enchimento.

Figura 9 – Trecho 1 antes da manutenção



Fonte: Autor Próprio (2023).

¹ A emulsão asfáltica catiônica de ruptura rápida, RR-2C, é empregada em serviços de pavimentação por espargimento do ligante asfáltico e em tratamentos superficiais.

² O material Pré-Misturado a Frio, PMF, é a mistura executada à temperatura ambiente composta de agregado mineral e ligante asfáltico, espalhada e compactada a frio.

Figura 10 – Trecho 1 durante a manutenção



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 11 – Trecho 1 após a manutenção



Fonte: Autor Próprio (2023).

3.2.2 Trecho 2

Para o trecho SP 563 do km 343+000m ao km 353+000m, onde havia a presença de trincas interligadas (Figura 12), principalmente do tipo couro de jacaré, foi realizada a recuperação superficial da via (Figura 13).

As trincas, além de propiciarem desconfortos aos usuários, podem levar ao surgimento de falhas maiores, como as panelas, acabando assim com a durabilidade do pavimento.

Figura 123 – Trecho 2 durante a manutenção



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 4 – Trecho 2 após a recuperação



Fonte: Autor Próprio (2023).

Os procedimentos de recuperação superficial englobam operações concebidas com a finalidade de corrigir falhas superficiais (fissuração, desagregação, perda de agregados, polimento das asperezas, exsudação, etc.) exteriorizadas pelo revestimento existente. Fundamentalmente, destinam-se a impermeabilizar revestimentos abertos e/ou fissurados, a recuperar a rugosidade de revestimentos desgastados pela ação abrasiva do tráfego, entre outros (BRASIL, 2006b).

Os materiais utilizados consistiram em um banho de ligante asfáltico, seguido da imediata cobertura com PMF (pré misturado a frio).

A formação das trincas, quando o pavimento já apresenta perda da capacidade estrutural, aliado com a entrada de água no pavimento, que ocorre principalmente na época de chuvas, causa a formação dos buracos.

Desta forma, como a água já está presente no pavimento, não é conveniente que se realize um serviço de maior qualidade, resultando então na manutenção emergencial de tapa-buraco. Devido a época de chuvas, o tapa-buraco se torna recorrente e somente no período após as chuvas procede-se à um reparo mais eficiente, como o remendo.

3.2.3 Trecho 3

Assim como no trecho 2, trincas interligadas foram verificadas no trecho 3, SP 563 do km 329+080m ao km 336+330m (Figura 14), principalmente do tipo couro de jacaré, onde foi realizada a recuperação superficial da via (Figuras 15 e 16). Os materiais utilizados, conforme já visto, consistiram de banho de ligante asfáltico, seguido da imediata cobertura com PMF.

Figura 14 – Trecho 3 sem manutenção



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 15 - Trecho 3 sendo banhado por ligante asfáltico



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 16 - Trecho 3 finalizado



Fonte: Autor Próprio (2023).

3.2.4 Trecho 4

No trecho 4 da SP 563, do km 317+950 ao km 323+000, foi realizada a operação de tapa buraco, uma vez que foram identificadas inúmeras panelas de diversos tamanhos pela extensão da via. Como já citado, as panelas causam riscos maiores ao tráfego quando comparadas as outras patologias, sendo, desta forma, consideradas reparos emergenciais. Com isso, elas são reabilitadas de forma simples, priorizando a vida das pessoas que utilizarão a via. A forma simples de correção consiste em lançar diretamente o PMF no buraco e proceder à compactação, conforme mostrado nas Figuras 17, 18, 19 e 20.

Figura 17- Sacos do material PMF dentro do caminhão



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 18 - Buraco aberto no Trecho 4



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 5 - Reparo do buraco no Trecho 4



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 20 - Reparo do Trecho 4 finalizado



Fonte: Autor Próprio (2023).

3.2.5 Trecho 5

O trecho 5 da rodovia SP 563, do km 344+000 ao km 353+000 (figura 21 e 22), seguiu o mesmo aspecto do trecho 4, sendo localizadas diversas panelas e executado procedimento de tapa-buracos.

Figura 216 - Panela sem manutenção no Trecho 5



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 22 - Panela do Trecho 5 preenchida com material PMF



Fonte: Autor Próprio (2023).

3.2.6 Trecho 6

No Trecho 6 da SP 563, do km 332+000 ao km 333+500, foram identificados remendos mal feitos que comprometiam a qualidade do revestimento, entre outras patologias, como trincas (Figura 23). Para manutenção do local, foi escolhida a fresagem, processo muito mais oneroso que os até então apresentados.

Figura 23 - Remendos mal feitos no Trecho 6



Fonte: Autor Próprio (2023).

A fresagem, segundo o DER (2006), consiste no corte ou desgaste de uma ou mais camadas do pavimento asfáltico por meio de processo mecânico a frio. É realizada através de cortes por movimento rotativo contínuo, seguido de elevação do material fresado para caçamba do caminhão basculante.

Este processo tem como finalidade a remoção de pavimentos velhos para execução de novo revestimento asfáltico. É executada em áreas com ocorrência de remendos em mau estado, áreas adjacentes a panelas, áreas com grande concentração de trincas e outros defeitos, para correção das patologias (DER, 2006).

A execução do reparo iniciou-se com a remoção do material asfáltico pela máquina fresadora (Figura 24). O material foi elevado ao caminhão basculante (Figuras 25, 26 e 27) e transportado para local de destinação adequada. Na sequência, foi realizada a limpeza da área, com auxílio de vassouras mecânicas (Figura 28) e jateamento de ar comprimido (Figura 29).

Figura 7 - Máquina fresadora trabalhando no Trecho 6



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 25 - Material elevado para o caminhão basculante



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 26 - Caminhão basculante sendo carregado



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 8 - Trecho 6 após realização da fresagem



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 28 - Vassoura mecânica



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 29 - Jateamento de ar comprimido



Fonte: Autor Próprio (2023).

Por fim, para reabilitação do pavimento, realizou-se a imprimação de ligação RR-2C (Figura 30), seguida da aplicação do CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente) (Figura 31), e logo após o material foi compactado com rolos lisos e de pneus, mostrado na Figura 32.

Figura 30 - Imprimação de ligação RR-2C



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 31 - Aplicação do CBUQ



Fonte: Autor Próprio (2023).

Figura 9 - Compactação com rolos de pneus



Fonte: Autor Próprio (2023).

De acordo com Alves, Fernandes e Bertequini (2018), uma forma prática de identificar e mensurar as patologias no pavimento é aquela sugerida no manual desenvolvido pelo Programa Estratégico de Pesquisas Rodoviárias do Conselho Nacional de Pesquisas (2016), que apresenta tipologias de defeitos em pavimentos flexíveis, revestidos com concreto asfáltico e também de pavimentos rígidos. Entre a caracterização de cada tipo de defeito e níveis de severidade, o manual apresenta uma forma de quantificação da extensão.

Ainda segundo os autores, após o reconhecimento padrão e de magnitude que os defeitos apresentam, é possível então tomar medidas corretivas e efetuar os reparos nos pavimentos de forma adequada, levando em conta tanto os defeitos localizados como os individualizados, conforme feito neste trabalho.

Assim, de modo geral, observou-se que nos trechos reabilitados avaliados não houve aparição de outros tipos de patologias no decorrer do ano em estudo, possibilitando à empresa Converd recuperar novos trechos de pavimentação precários.

4 CONCLUSÃO

Este artigo apresenta as principais patologias encontradas na pavimentação asfáltica da rodovia Dr. Euphly Jalles, em Jales, São Paulo e os métodos de recuperação empregados, remetendo à análise da eficiência na aplicação das técnicas e materiais usados. A partir da inspeção visual e identificação dos defeitos, observa-se que as técnicas de manutenção usadas, assim como os materiais empregados, restringem-se em sanar patologias com níveis de severidade maior e mais numerosas, utilizando procedimentos de reparos costumeiramente realizados em rodovias.

Dentre as técnicas de manutenção avaliadas, as operações emergenciais, como reparações localizadas, são pouco eficientes em relação a qualidade das manutenções rodoviárias definidas pelo Manual de Pavimentação do DNIT, uma vez que o procedimento de tapa-buraco soluciona momentaneamente o problema das panelas. Trechos preocupantes da rodovia, que apresentam acentuado grau de afundamento da trilha de roda, muitas vezes não chegam a ser recuperados, podendo acarretar numa maior interferência à via com o passar do tempo e levar a sérios prejuízos de segurança ao usuário. Em contrapartida, trechos contendo trincas interligadas foram recuperados de maneira eficiente, mediante recuperação superficial com uso de ligantes asfálticos e de PMF. O mesmo ocorreu para a correção de patologias associadas, como áreas com grandes remendos e muitos buracos, onde foi usada a fresagem. Apesar de ser um procedimento mais oneroso, a fresagem permite estabelecer um novo revestimento asfáltico e prolonga a vida útil do sistema.

Assim, acredita-se que o conhecimento técnico para reconhecer os defeitos e propor a sua correção acertada permita uma vida mais longa tanto das vias como dos equipamentos necessários durante os serviços de manutenção, tendo em vista que a manutenção é a melhor forma de prevenção para o surgimento de problemas.

REFERÊNCIAS

Alves, m. T. De o.; bertequini, a. B. T.; fernandes, r. E. C. Patologias em pavimento flexível. Centro universitário toledo. Araçatuba-sp, 2018.

Balbo, j. T. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São paulo, sp: oficina de textos, 2007.

Bernucci, l. B. Et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de janeiro: petrobras: abeda, 2008.

Brasil. Norma dnit 005/2003-ter – defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos. Rio de janeiro, brasil: departamento nacional de infraestrutura de transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias, 2003a.

Brasil. Manual de restauração dos pavimentos asfálticos. 2ed. Rio de janeiro, brasil: departamento nacional de infraestrutura de transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de pesquisas rodoviárias, 2006b.

Cnt. Pesquisa cnt de rodovias, 2021. Pesquisa. [s.l: s.n.], 29 out 2021. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/downloads/ultimaversao/pesquisa_cnt_rodovias_2021_web.pdf> . Acesso em: 22 set. 2022.

Der. Fresagem de pavimento asfáltico. Diretoria de engenharia, 2006. Disponível em: <http://www.der.sp.gov.br/website/arquivos/normas/et-de-p00-038_a.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2023.

Do nascimento, d. L. Estudo de manutenção e reabilitação de pavimentação asfáltica – para um condomínio vertical na cidade de anápolis. Trabalho de conclusão de curso submetido ao curso de engenharia civil da unievangélica. Anápolis-go, 2019.

Bioprospecção da atividade antimicrobiana do caldo de fermentação produzido pelo endofítico *Paenibacillus terrae* em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-030>

Larissa de Cássia Barbosa

Graduanda em Bacharelado em Biotecnologia
Laboratório de Microbiologia e Biomoléculas – LaMiB
Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

Cristina Paiva de Sousa

Doutorado em Microbiologia pela USP (São Paulo) e
Pós-Doutorado pela Université de Montréal, Canada.
Professor Associado da Universidade Federal de São
Carlos.

Coordenadora do LaMiB.

Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em
Biotecnologia (PPGBiotec) da UFSCar.

Laboratório de Microbiologia e Biomoléculas – LaMiB
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia –
PPGBiotec

Universidade Federal de São Carlos – UFSCar

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7151-5085>

LATTES: <http://lattes.cnpq.br/9002619114161319>

E-mail: prokarya@ufscar.br

RESUMO

O Cerrado é segundo maior bioma brasileiro constituído por um conjunto de ecossistemas com várias espécies endêmicas. Contidos nessa grande biodiversidade estão os microrganismos endofíticos, isolados de tecidos vegetais, que podem proporcionar diversos benefícios para a planta hospedeira, através da produção de metabólitos secundários bioativos. Além da promoção de crescimento vegetal, aumento da resistência da planta a estresses bióticos e abióticos, esses metabólitos secundários possuem aplicações diversas, entre elas antibióticos, inseticidas, antioxidantes naturais, agentes antitumorais, entre outros. Avaliou-se o potencial antibacteriano e antifúngico de *Paenibacillus terrae* e também em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus*

megaterium, buscando uma maior atividade acerca da produção de bioatividade. Para os microrganismos testados, detectou-se halos de inibição (mm) de 8,6, 9,4 e 11,4 para *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e *Candida albicans*, respectivamente. Contra *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, não detectou-se inibição devido, provavelmente, a inibição seletiva. *Paenibacillus terrae* apresentou resultados melhores quando em co-cultivo com *Bacillus megaterium*, contra *E. coli* e *S. aureus*, com halos de 10,6 e 9,5 mm, respectivamente. Em contrapartida, o co-cultivo com *B. megaterium*, contra *C. albicans*, não houve inibição. O mesmo aconteceu com os testes de co-cultivo de *P. terrae* com *B. thuringiensis*, contra todos os microrganismos testados. Esses resultados obtidos devem sinalizar para um maior pressão seletiva entre os microrganismos testados, gerando a presença de halos de inibição. Dentre todos os antibióticos testados contra *Paenibacillus terrae* AK, AMP, CA, CFL, CM, CI, CLO, EI, GE, NT, OX, SUT, TE e TT, os maiores potenciais inibitórios foram contra SUT, CLO e AK, com 37,3, 31,0 e 22,25 mm de inibição. CA, CFL, CI e OX não inibiram. Os dados obtidos são similares a outros trabalhos e indicam ainda a permanência de susceptibilidade microbiana à maioria dos antibióticos testados. A bioprospecção de endofíticos é essencial para a busca por metabólitos bioativos visto que a produção de biomoléculas podem contribuir como agentes de biocontrole, inibição microbiana e parasitária, como anti-inflamatórios e na indústria, farmácia, medicina e biotecnologia.

Palavras-chave: Cerrado, Endofíticos, Atividade antimicrobiana, Co-cultivo, *Paenibacillus terrae*, *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus megaterium*.

1 INTRODUÇÃO

1.1 CERRADO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro localizado na região central do Brasil e contempla um conjunto de ecossistemas, entre eles savanas, matas, campos e matas de galeria. Ocupando cerca de 21% do território nacional, compõe parte dos estados da Bahia, Goiás, Piauí, São Paulo e Tocantins, e também o Distrito Federal [1,2]. Esse bioma apresenta três formações vegetais,

sendo elas florestais, formando dosséis contínuos ou descontínuos, com o predomínio de espécies arbóreas (cerradão e mata seca); savânicas, contendo áreas com arbustos e árvores sobre um estrato gramíneo porém sem a formação de dossel (cerrado sentido restrito e cerrado ralo); e campestre, onde são predominantes espécies herbáceas com a presença de algumas espécies arbustivas, sem árvores na paisagem (campo sujo, campo-cerrado e campo limpo) [1,3].

A variação dos solos e de suas características contribui para a heterogeneidade espacial do Cerrado, sendo influenciada também pela proximidade ou isolamento em relação a regiões vizinhas [3].

Por mais que o Cerrado possua uma grande extensão e seja classificado como um "hot spot" com várias espécies endêmicas, sua biodiversidade ainda é pouco conhecida. Nesse bioma se encontram diversas paisagens, com diferentes fisionomias de vegetação que estão atreladas a elementos físicos e fisiográficos, e esta diversidade compreende uma diversidade florística, com aproximadamente 6.429 espécies já catalogadas, tornando a flora do Cerrado a mais rica entre as savanas [4].

Segundo Machado (2016), foram coletados dados indicando que a porcentagem de espécies brasileiras contidas no Cerrado pode representar entre 20% e 50%, variando com o grupo taxonômico. Constata também que o endemismo em grupos como plantas herbáceas, pode ultrapassar os 70% [5].

Apesar de apresentar tamanha biodiversidade e espécies endêmicas, somente 5,2% da área que constitui o Cerrado é protegida como unidades de conservação, mesmo estando tão sujeito a aceleradas taxas de destruição com o avanço das monoculturas de soja, algodão e pastagens para gado. Estas condições podem afetar o bioma, ocasionando a perda da biodiversidade pela extinção de espécies; a fragmentação de habitats; a invasão de espécies exóticas; a degradação de serviços do ecossistema, tais como a recarga de aquíferos, ciclagem de nutrientes e fluxo de águas; a erosão dos solos e também possíveis alterações climáticas na região [1,2,4].

Em termos numéricos, aproximadamente 33.000km² são áreas para conservação, enquanto aproximadamente 2 milhões de km² já foram transformados em culturas, pastagens e outros. Outro estudo relata que 55% do Cerrado já foi desmatado ou transformado pela humanidade. A preocupação com a preservação do Cerrado levou ao surgimento de iniciativas de conservação advindas do governo, setor privado, organizações não governamentais e pesquisadores, trazendo à tona os desafios de demonstrar a ligação entre os ecossistemas e a biodiversidade, e sua importância para o melhor desempenho do bioma [2].

1.2 ESPÉCIES VEGETAIS DO CERRADO

O Cerrado possui uma vegetação rasteira característica, que contempla gramíneas e arbustos, árvores baixas com troncos retorcidos e folhas rígidas [6]. As plantas vasculares estão presentes em grande número nesse bioma, somando mais 7.000 espécies, estando entre elas plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós [7]. Sendo considerada a mais diversificada savana tropical do mundo, o Cerrado possui quarenta e quatro por cento da flora endêmica, mas também uma grande diversidade de habitats e espécies [8].

Algumas espécies comuns de arbustos folhosos e semiarbustos do Cerrado são *Aegiphila*, *Anacardium*, *Banisteria*, *Byrsonima*, *Casearia*, *Cordia*, *Diospyros*, *Jacaranda*, *Lantana*, *Miconia*, *Mimosa*, *Myrcia*, *Salacia*, dentre outros [9].

Já espécies de árvores comuns do Cerrado são *Anadenanthera*, *Andira*, *Byrsonima*, *Caryocar*, *Cassia*, *Copaifera*, *Diospyros*, *Eriotheca*, *Hymenaea*, *Myrcia*, *Styrax*, *Sweetia*, *Tabebuia* (às vezes as espécies do cerrado são tratadas como *Tecoma*; recentemente transferido para um novo gênero, *Handroanthus*), entre outras [9].

1.3 MICRORGANISMOS ENDOFÍTICOS

A definição de microrganismos endofíticos foi proposta por alguns autores, como qualquer microrganismo que tenha sido isolado do interior de uma planta ou da superfície do tecido vegetal desinfetado, e que não cause danos visíveis para a mesma [24]. Esses microrganismos endofíticos, podem ocasionar diversos benefícios para a planta hospedeira, como promoção de crescimento vegetal, pela produção de metabólitos secundários, podendo aumentar a resistência da planta a estresses bióticos e abióticos. Podem ser capazes de biossintetizar produtos naturais de importância na medicina. Entre as possibilidades de aplicações de metabólitos secundários isolados de endofíticos de plantas estão, antibióticos, inseticidas, antioxidantes naturais, agentes antitumorais, etc [26].

A habilidade de vários endofíticos bacterianos de promover o crescimento vegetal pode ocorrer por mecanismos diretos e indiretos. Um exemplo de mecanismo direto seria quando o endofítico facilita a aquisição de nutrientes essenciais para a planta ou modula o nível de hormônios [25].

1.3.1 *Paenibacillus terrae*

Paenibacillus terrae é uma bactéria anaeróbica facultativa, Gram-variável, formadora de endosporos, produtora de xilanase e catalase, geralmente presente no solo e se apresenta como colônias cor de creme e formato irregular, finas e translúcidas [10, 11].

Foi relatado em diversos estudos, o potencial da *Paenibacillus terrae* como possível agente de biocontrole e também características de promoção do crescimento das plantas.

Foram descobertas atividade contra Brusone no Arroz causada por *M. oryzae* [12], Podridão cinzenta causada por *Botrytis cinerea* em *Solanum lycopersicum* e em *P. polyphylla* [13,17], *Campylobacter jejuni* pela produção de tridecaptina A [14], Podridão-de-Fusarium e Podridão radicular do tomateiro [15], é inibidora de muitos outros patógenos de plantas, incluindo *R. solani*, *E. turcicum* e *X. campestris* pv. *Glycines* [12].

Quanto à produção de CMCase, *P.terrae* produziu atividade de 2,08 U/mL sob condições de cultivo otimizadas, um rendimento maior do que a maioria das cepas de bactérias aeróbias, mas menor do que várias cepas de bactérias anaeróbias. Maior também que as cepas de fungos anaeróbicos, e menor que a maioria das cepas de fungos aeróbicos [16].

Apontada como uma rizobactéria promotora do crescimento de plantas, *Paenibacillus terrae*, demonstrou promoção no crescimento do arroz, aumentando o número e o comprimento da raiz em 34,2% e 34,1%, respectivamente, e também, que pode aumentar a resistência ao estresse regulando a expressão gênica [18].

Foram constatados também a produção de bioativos contra *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e *Candida albicans*, atividade citotóxica contra células tumorais e atividade anti-Leishmania, mostrando o grande potencial dessa bactéria [19].

1.4 MICROORGANISMOS UTILIZADOS NO CO-CULTIVO

1.4.1 *Bacillus thuringiensis*

O *Bacillus thuringiensis* é uma bactéria Gram-positiva, formadora de esporos que produz simultaneamente com a esporulação um cristal protéico parasporal conhecido como δ -endotoxina [20].

Os produtos advindos do *Bacillus thuringiensis*, estão entre os melhores inseticidas microbianos encontrados. Os diferentes tipos de proteínas produzidas por ele possuem toxicidade comprovada contra uma grande variedade de insetos das ordens nematóides, ácaros, protozoários e também contra células cancerígenas humanas [21].

1.4.2 *Bacillus megaterium*

O *Bacillus megaterium* também é uma bactéria Gram-positiva, formadora de esporos, encontrada em diversos habitats como solo, mel, peixe, entre outros. Como exemplos de seus produtos temos, proteínas como penicilina acilase, amilases, glicose desidrogenase, também é usada para a produção de piruvato, vitamina B12, toxinas fungicidas [22].

Foi descrita a tolerância ao metal associada à biossorção e produção de sideróforos, em *Bacillus megaterium*, para metais como Ni, Cd, Pb, Cu e Zn. Estudos também revelaram que o *B. megaterium*

HgT21 pode ser usado como modelo para o estudo de multirresistência a metais em bactérias Gram-positivas, com aplicação para fitoimobilização e restauração de locais contaminados por metais [23].

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 PREPARO DOS INÓCULOS BACTERIANOS

As colônias teste forma compostas pelas cepas ATCC de bactéria G – *Escherichia coli* - ATCC 25923; G + *Staphylococcus aureus* – ATCC 25922 e Fungo leveduriforme: *Candida albicans* – ATCC 10231. Foram reativadas a partir da transferência de 100µL de cepas contidas em estoque, suspensas em uma solução de meio de cultura com glicerol a 20%, mantidas a uma temperatura de -80°C, em 5 mL de caldo triptona de soja (TSB) e incubadas a 37°C por 24h [30,31].

Os isolados, *Paenibacillus terrae*, *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, foram reativados a partir da transferência de 100µL de cepas contidas em estoque, suspensas em uma solução de meio de cultura com glicerol a 20%, mantidas a uma temperatura de -80°C, em Ágar Triptona de Soja (TSA) para *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, e meio YPM para *Paenibacillus terrae* e incubadas a 37°C por 24h e a 28°C por 7 dias, respectivamente [30,31].

As colônias foram repicadas antes de cada teste em duas placas e dois tubos para cada microrganismo, placas contendo o meio Ágar Triptona de Soja (TSA) e tubos de 5 mL de caldo triptona de soja (TSB) para *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, e para *Paenibacillus terrae*, placas e tubos contendo o meio YPM, caldo e ágar [30,31].

2.1.1 Padronização

Todas as culturas foram padronizadas através de análise por espectrofotometria (DO 530 nm) em que a escala esperada estava contida entre 0,8 e 1; caso a medição da turvação fosse superior a 1, as culturas foram diluídas em solução salina 0,85% [30,31].

2.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR

Para o teste de difusão em ágar por poço, os três microrganismos teste, *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*, foram inoculados separadamente em placas contendo meio de cultura ágar BHI com o auxílio de swabs esterilizados buscando uma cobertura uniforme dos inóculos. Em seguida, foram feitos três poços equidistantes de 9mm de diâmetro cada em todas as placas. Posteriormente, foram pipetados 100µL de cada isolado, *Paenibacillus terrae*, *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, em triplicata para cada um dos microrganismos teste. Totalizando vinte e sete placas, três contra *E. coli*

para os três isolados, três contra *S. aureus* para os três isolados e três contra *C. albicans* para os três isolados [30,31].

Após o tempo de espera de absorção do líquido pelo meio de cultura, as placas foram incubadas a 37°C, por 48 horas.

2.3 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA EM CO-CULTIVO PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR POR POÇO

Para o co-cultivo, os inóculos foram preparados e os isolados foram incubados em co-cultivos. Assim, foram adicionados em 5mL de YPM líquido, 125µL de *P. terrae* juntamente com 125µL de *Bacillus thuringiensis* em dois tubos, e 125µL de *P. terrae* juntamente com 125µL de *Bacillus megaterium*, para outros dois tubos, sendo incubados a 28°C por 48 horas [30,31].

Após o crescimento, o procedimento de montagem das placas se deu igual ao item 4.2, contando com um total de dezoito placas, três contra *E.coli* para os dois co-cultivos, três contra *S. aureus* para os dois co-cultivos e três contra *C. albicans* para os dois co-cultivos [30,31]. As placas foram incubadas a 37°C, por 48 horas.

2.4 PERFIL DE RESISTÊNCIA A AGENTES ANTIBACTERIANOS PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR EM DISCO.

Para o teste de disco-difusão, o isolado *P. terrae*, foi inoculado em placas contendo o meio Ágar MH, com o uso de um swab esterilizado para uma cobertura uniforme do inóculo. Posteriormente à semeadura, foram colocados sobre a superfície de 4 a 6 discos de antibióticos por placa, com o auxílio de uma pinça esterilizada, em triplicata [30,31].

As placas foram incubadas a 28°C, por 24 horas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR POR POÇO

Para a avaliação da atividade antimicrobiana dos isolados com o uso de três microrganismos teste, foi verificada a formação de halos de inibição nas placas de cultivo, e feita a medição dos mesmos. Todos os experimentos foram realizados em triplicata, dessa forma, a Tabela 1, apresenta a média dos valores obtidos na mensuração dos halos.

Os microrganismos teste escolhidos estão listados abaixo:

- *Escherichia coli* - ATCC 25923
- G + *Staphylococcus aureus* – ATCC 25922

- Fungo leveduriforme: *Candida albicans* – ATCC 10231

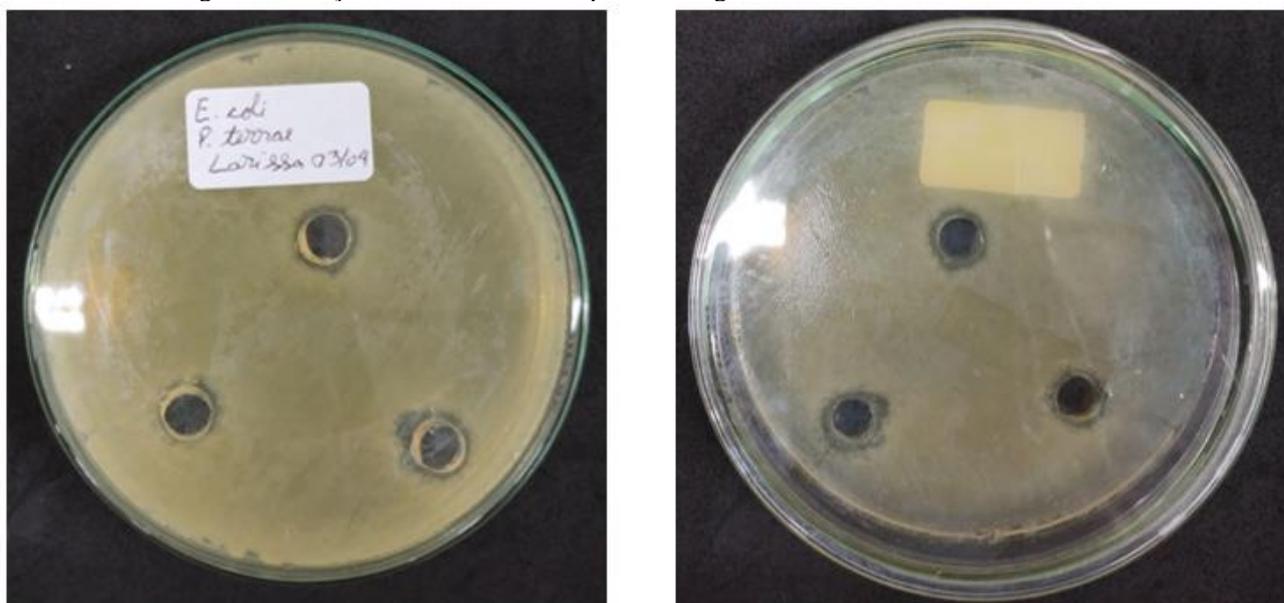
Tabela 1: Medida dos halos de inibição ($D_{\text{Halo-inibição}}$ mm) por *Paenibacillus terrae* contra microrganismos teste.

<i>Paenibacillus terrae</i>	
<i>Escherichia coli</i>	8,6
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,4
<i>Candida albicans</i>	11,4

Fonte: Autoria própria

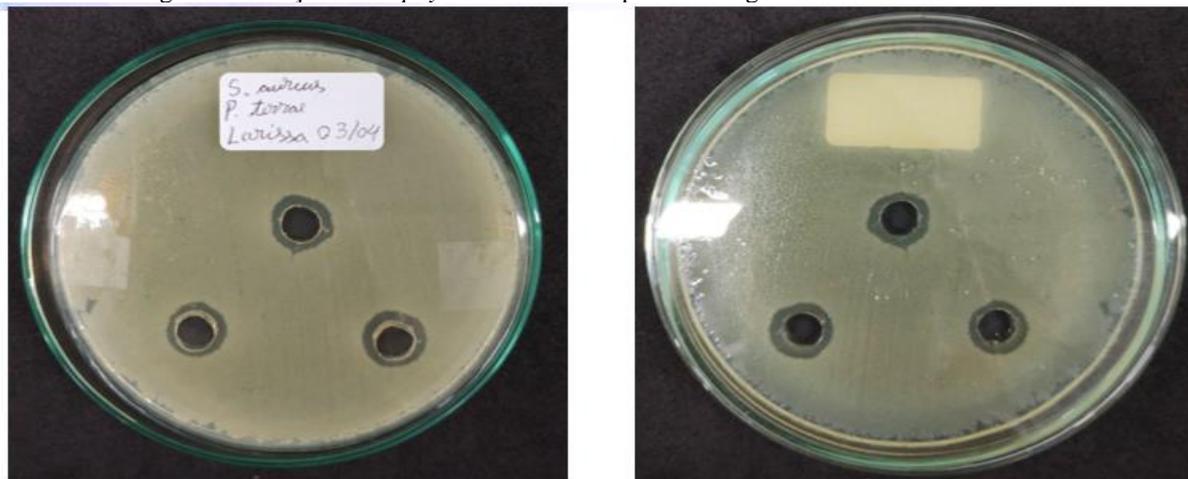
Observa-se nas Figuras 1, 2 e 3 que houve a formação de halos de inibição tanto para as *E. coli*, (Gram –) e *S. aureus*, (Gram +), apesar de se apresentarem menores e menos visíveis para *E. coli*. Também observou-se positividade em *Candida albicans*, com medida dos halos maior que os demais, podendo indicar uma maior inibição ocasionada pelo *Paenibacillus terrae*. Esses resultados são condizentes com dados obtidos por Romano et al., (2014) e Cruz et al., (2021).

Figura 1: Inibição de *Escherichia coli* pelo microrganismo *Paenibacillus terrae*.



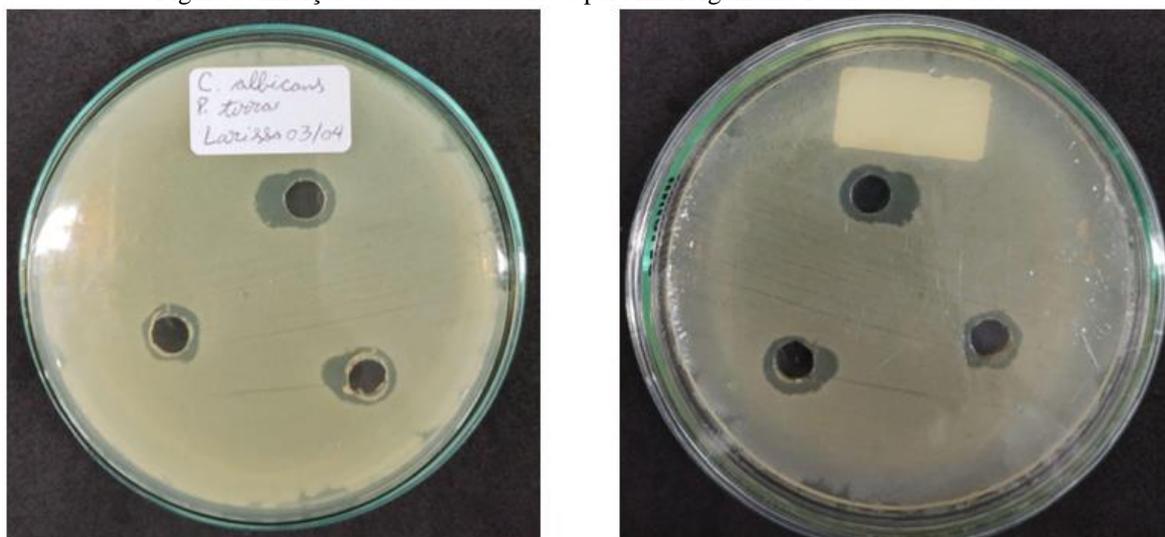
Fonte: Autoria própria

Figura 2: Inibição de *Staphylococcus aureus* pelo microrganismo *Paenibacillus terrae*.



Fonte: Autoria própria

Figura 3: Inibição de *Candida albicans* pelo microrganismo *Paenibacillus terrae*.



Fonte: Autoria própria

Os outros isolados testados, *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*, não obtiveram resultados positivos, não apresentando halos de inibição. Este resultado pode ser, provavelmente, devido a inibição seletiva.

3.2 AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA EM CO-CULTIVO PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR POR POÇO

Para o co-cultivo o teste foi realizado da mesma forma, buscando avaliar a atividade antimicrobiana do *Paenibacillus terrae*, quando em co-cultivo com *Bacillus thuringiensis* e *Bacillus megaterium*. Fazendo o uso dos mesmos três microrganismos teste anteriores, e verificação da formação de halos de inibição nas placas de cultivo, com posterior medição dos mesmos, caso

presentes. Novamente, todos os experimentos foram realizados em triplicata, constando na Tabela 2, a média dos valores obtidos na medição dos halos.

Tabela 2: Medida dos halos de inibição ($D_{\text{Halo-inibição}}$ mm) por *Paenibacillus terrae* em co-cultivo com *Bacillus megaterium* contra microrganismos teste.

<i>Paenibacillus terrae</i> em co-cultivo com <i>Bacillus megaterium</i>	
<i>Escherichia coli</i>	10,6
<i>Staphylococcus aureus</i>	9,5

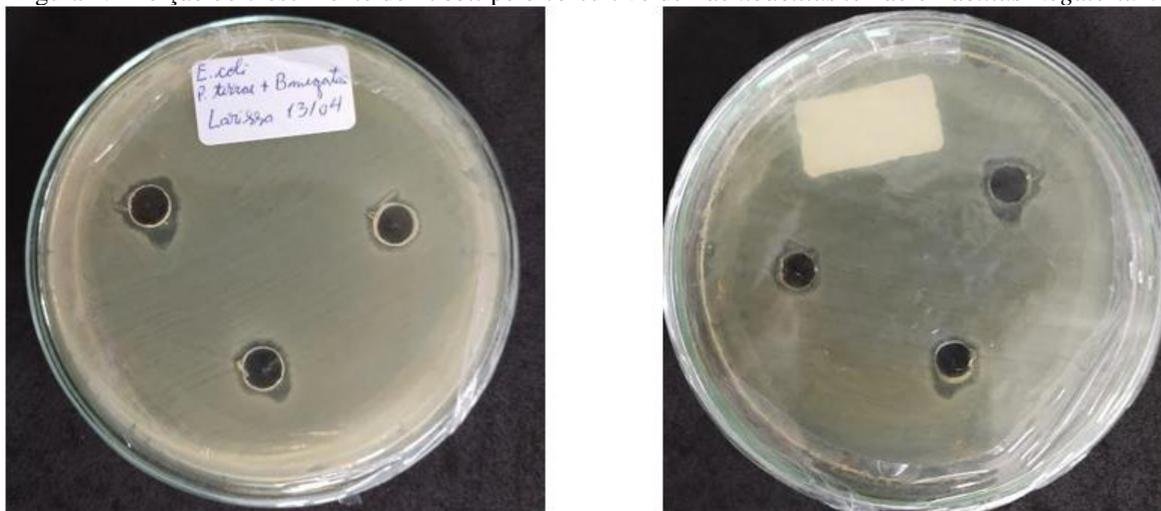
Fonte: Autoria própria

Notou-se que *Paenibacillus terrae* apresentou resultados melhores em co-cultivo com *Bacillus megaterium*, porém somente contra *E. coli* e *S. aureus*. Podemos observar também que os resultados foram mais significativos contra *E. coli*, apresentando um aumento de 2mm no tamanho do halo de inibição formado, enquanto para *S. aureus*, essa diferença foi de 0,1mm. Estes resultados podem ser explicados pela diferença de parede de *E. coli*.

Em contrapartida, o co-cultivo de *Paenibacillus terrae* com *Bacillus megaterium*, contra *Candida albicans*, demonstrou o resultado inverso, não apresentando a formação de halos de inibição, possivelmente porque o potencial de inibição de *P. terrae* contra *C. albicans*, foi suprimido. O mesmo aconteceu com os testes de co-cultivo de *P. terrae* com *Bacillus thuringiensis*, contra *E. coli*, *S. aureus* e *C. albicans*, não havendo a formação de halos de inibição.

As Figuras 4 e 5 demonstram a formação de halos de inibição para o co-cultivo de *Paenibacillus terrae* com *Bacillus megaterium*, para bactérias utilizadas como teste que obtiveram um resultado positivo, *Escherichia coli*, Gram – e *Staphylococcus aureus*, Gram +.

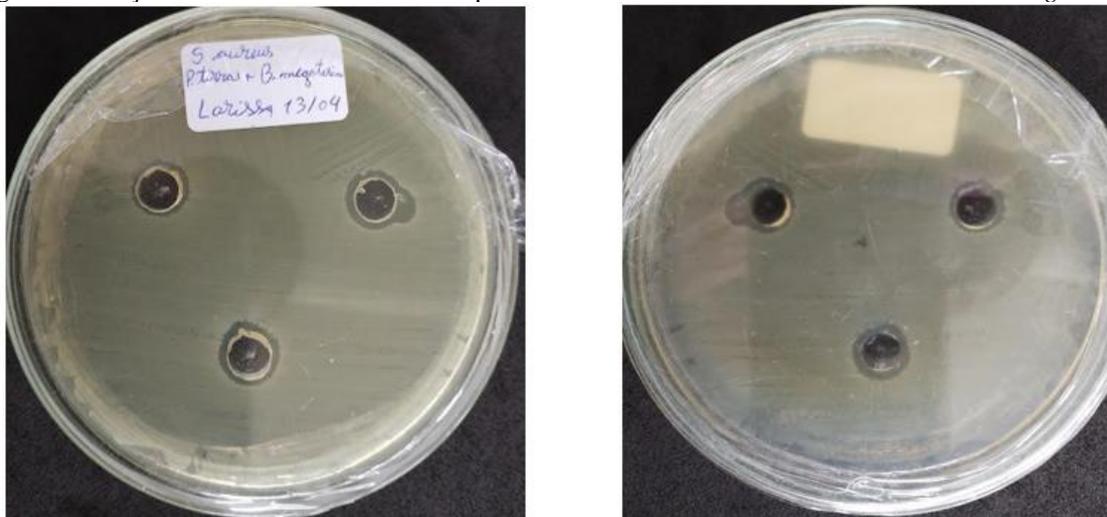
Figura 4: Inibição do crescimento de *E. coli* pelo co-cultivo de *Paenibacillus terrae* e *Bacillus megaterium*.



Fonte: Autoria própria

Esses resultados obtidos devem sinalizar para um maior pressão seletiva entre os microrganismos testados, gerando a presença de halos de inibição.

Figura 5: Inibição do crescimento de *S.aureus* pelo co-cultivo de *Paenibacillus terrae* e *Bacillus megaterium*.



Fonte: Autoria própria

3.3 PERFIL DE RESISTÊNCIA A AGENTES ANTIBACTERIANOS PELA METODOLOGIA DE DIFUSÃO EM ÁGAR EM DISCO.

A fim de avaliar o perfil de resistência do microrganismo *P.terrae* a agentes antibacterianos, foi realizado o teste com discos de antibiótico aplicados sobre a bactéria estriada em placas de cultivo contendo o meio MH, buscando observar a formação de halos de inibição em volta dos antibióticos testados.

Posteriormente ao crescimento microbiano, foi observada a formação dos halos e a medição dos respectivos, que pode ser encontrada na Tabela 3, apresentada abaixo. Todos os testes foram realizados em triplicata, estando contido abaixo a média dos valores obtidos.

Tabela 3: Medida dos halos de inibição ($D_{\text{Halo-inibição}}$ mm) por antibióticos, contra *Paenibacillus terrae*.

Antibióticos testados contra <i>Paenibacillus terrae</i>	
Amicacina (AK-30mcg)	22,25
Ampicilina (AMP-10mcg)	10
Carbencilina (CA-100mcg)	-
Cefalotina (CFL-30mcg)	-
Cefepime (CM-30mcg)	14,16
Clindamicina (CI-2mcg)	-

Cloranfenicol (CLO-30mcg)	31
Eritromicina (EI-15mcg)	15,3
Gentamicina (GE-10mcg)	12,6
Nitrofurantoina (NT-30mcg)	16,16
Oxacilina (OX-1mcg)	-
Sulfazotrim (SUT-25mcg)	37,3
Teicoplanina (TE-30mcg)	8,6
Tetraciclina (TT-30mcg)	18

Fonte: Autoria própria

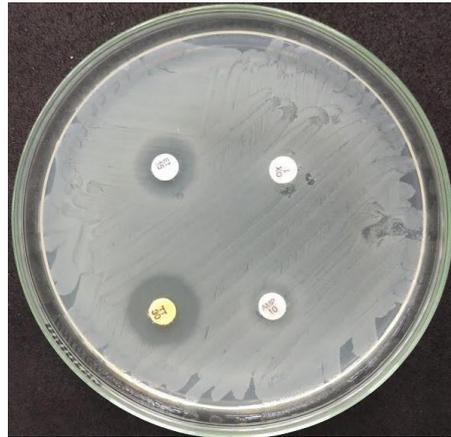
Temos abaixo as Figuras 6, 7 e 8 demonstrando a formação de halos de inibição para os diferentes antibióticos testados.

Figura 6: Inibição do crescimento de *Paenibacillus terrae* pelos antibióticos Amicacina (AK), Carbenicilina (CA), Cefepime (CM), Gentamicina (GE), Nitrofurantoina (NT) e Teicoplanina (TE).



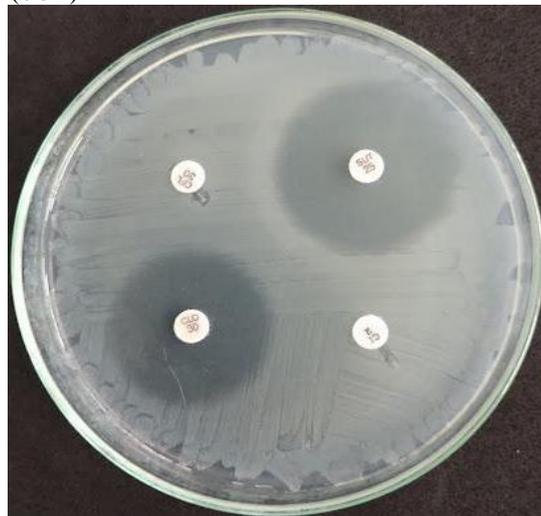
Fonte: Autoria própria

Figura 7: Inibição do crescimento de *Paenibacillus terrae* pelos antibióticos Ampicilina (AMP), Oxacilina (OX), Tetraciclina (TT) e Eritromicina (EI).



Fonte: Autorial própria

Figura 8: Inibição do crescimento de *Paenibacillus terrae* pelos antibióticos Cefalotina (CFL), Clindamicina(CI), Cloranfenicol (CLO) e Sulfazotrim (SUT).



Fonte: Autorial própria

Os dados obtidos são similares a outros trabalhos (19, 28) e indicam ainda a permanência de susceptibilidade microbiana à maioria dos antibióticos testados.

4 CONCLUSÕES

A bioprospecção de endofíticos é essencial para a busca por metabólitos bioativos (26) é relevante e essencial, visto que a produção de biomoléculas (27) podem contribuir como agentes de biocontrole, inibição microbiana e parasitária, como anti-inflamatórios e na indústria, farmácia, medicina e biotecnologia (29).

REFERÊNCIAS

- Sano, edson eyji et al. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma cerrado: estratégias e resultados. 2007.
- Klink, carlos a.; machado, ricardo b. A conservação do cerrado brasileiro. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.
- Machado, ricardo bomfim et al. Caracterização da fauna e flora do cerrado. Palestras do xi simpósio nacional sobre o cerrado e ii simpósio internacional sobre savanas tropicais, p. 12-17, 2008.
- Scariot, aldicer; felfili, jeanine m.; silva, josé carlos souza. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 2005.
- Machado, ricardo b. Estimativa de perda da área do cerrado brasileiro. 2016.
- Ritter lmo, ribeiro mc, moro rs. Composição florística e fitofisionomia de remanescentes disjuntos de cerrado nos campos gerais. Revista biota neotropica, 10 (3): 379-414, 2010.
- Mendonça, r., j. Felfili, b. Walter, j.c. silva jr., a. Rezende, t. Filgueiras & p. Nogueira. 1998. Flora vascular do cerrado. In: s. Sano & s. Almeida (eds.). Cerrado. Ambiente e flora. Pp. 288-556. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária – embrapa - cerrados, planaltina, brasil.
- Ratter, j., s. Bridgewater & j.f. ribeiro. 2003. Analysis of the floristic composition of the brazilian cerrado vegetation. Iii: comparison of the woody vegetation of 376 areas. Edinburgh journal of botany 60: 57-109.
- Eiten, g. (1972). The cerrado vegetation of brazil. The botanical review, 38(2), 210–220. Doi:10.1007/bf02859158.
- Yoon, jung-hoon et al. *Paenibacillus kribbensis* sp. Nov. And *paenibacillus terrae* sp. Nov., bioflocculants for efficient harvesting of algal cells. International journal of systematic and evolutionary microbiology, v. 53, n. 1, p. 295-301, 2003.
- Shin, sang heum et al. Genome sequence of *paenibacillus terrae* hpl-003, a xylanase-producing bacterium isolated from soil found in forest residue. 2012.
- Yu, wen qing et al. *Paenibacillus terrae* nk3-4: a potential biocontrol agent that produces β -1, 3-glucanase. Biological control, v. 129, p. 92-101, 2019.
- Kim, ah-young et al. *Paenibacillus terrae* ay-38 resistance against botrytis cinerea in solanum lycopersicum l. Plants through defence hormones regulation. Journal of plant interactions, v. 12, n. 1, p. 244-253, 2017.
- Van belkum, m. J., lohans, c. T., vederas, j. C., 2015. Draft genome sequences of *paenibacillus polymyxa* nr11 b-30509 and *paenibacillus terrae* nr11 b-30644, strains from a poultry environment that produce tridecaptin a and paenicidins. Genome announcements 3(2), e00372-15.
- Sato, i., yoshida, s., iwamoto, y., aino, m., hyakumachi, m., et al., 2014. Suppressive potential of *paenibacillus* strains isolated from the tomato phyllosphere against fusarium crown and root rot of tomato. Microbes & environments 29(2), 168-177.

Liang, yan-ling et al. Isolation, screening, and identification of cellulolytic bacteria from natural reserves in the subtropical region of china and optimization of cellulase production by *paenibacillus terrae* me27-1. Biomed research international, v. 2014, 2014.

Tang, tao et al. Paenibacillus terrae py8 controls botrytis cinerea and modifies the endophytic microbial community of the medicinal plant, paris polyphylla. Biological control, v. 169, p. 104888, 2022.

Liu, wen zhi et al. *Paenibacillus terrae* nk3-4 regulates the transcription of growth-related and stress resistance-related genes in rice. Genome, n. Ja, 2023.

Romano, luis henrique. Bioprospecção de microrganismos endofíticos isolados de tabebuia spp. *E hymenaea courbaril* e identificação da produção de metabólitos de interesse biotecnológico. 2014.

Avignone-rossa c, mignone cf. Bacillus thuringiensis growth and toxicity. Basic and applied considerations. Mol biotechnol. 1995 aug;4(1):55-71. Doi: 10.1007/bf02907471.

Bel y, ferré j, hernández-martínez p. *Bacillus thuringiensis* toxins: functional characterization and mechanism of action. Toxins (basel). 2020 dec 10;12(12):785. Doi: 10.3390/toxins12120785. Pmid: 33321796; pmcid: pmc7763903.

Vary ps, biedendieck r, fuerch t, meinhardt f, rohde m, deckwer wd, jahn d. *Bacillus megaterium* from simple soil bacterium to industrial protein production host. Appl microbiol biotechnol. 2007 oct;76(5):957-67. Doi: 10.1007/s00253-007-1089-3.

Guzmán-moreno j, garcía-ortega lf, torres-saucedo l, rivas-noriega p, ramírez-santoyo rm, sánchez-calderón l, quiroz-serrano in, vidales-rodríguez le. Bacillus megaterium hgt21: a promising metal multiresistant plant growth-promoting bacteria for soil bioremediation. Microbiol spectr. 2022 oct 26;10(5):e0065622. Doi: 10.1128/spectrum.00656-22.

J. Hallmann, a. Quadt-hallmann, w.f. mahaffee, j.w. klopper, bacterial endophytes in agricultural crops, can. J. Microbiol., 43 (1997), pg. 895-914.

Gustavo santoyo, gabriel moreno-hagelsieb, ma. Del carmen orozco-mosqueda, bernard r. Glick, plant growth-promoting bacterial endophytes, microbiological research, volume 183, 2016, pg. 92-99.

Stelmasiewicz m, świętek ł, gibbons s, ludwiczuk a. Bioactive compounds produced by endophytic microorganisms associated with bryophytes-the "bryendophytes". Molecules. 2023 apr 5;28(7):3246. Doi: 10.3390/molecules28073246. Pmid: 37050009; pmcid: pmc10096483.

Bogas, a. C.; rodrigues, s. H.; gonçalves, m. O.; assis, m.; longo, e.; paiva de souza, c. Endophytic microorganisms from the tropics as biofactories for the synthesis of metal-based nanoparticles: healthcare applications. Frontiers in nanotechnology, v. 1, p. 1-17, 2022.

Cruz, f.p.n.; paula, a.f.; nogueira, c.t.; andrade, p.h.m.; borges, l.m.; lacava, p.t.; camargo ilbc; anibal, ff; souza, c.p. discovery of a novel lineage *burkholderia cepacia* st 1870 endophytically isolated from medicinal *polygala paniculata* which shows potent in vitro antileishmanial and antimicrobial effects. International journal of microbiology, v. 2021, p. 1-17, 2021.

Serrano, nfg; ferreira, d; rodrigues-filho, e; teixeira, ja; dubreuil, jd; sousa, cp. Purification and characterization of two new antimicrobial molecules produced by an endophytic strain of *paenibacillus polymyxa*. Anais da academia brasileira de ciências, v. 93, p. 3, 2021.

Bona, e. A. M. D. Et al. Comparação de métodos para avaliação da atividade antimicrobiana e determinação da concentração inibitória mínima (cim) de extratos vegetais aquosos e etanólicos. Arquivos do instituto biológico, v. 81, n. 3, p. 218–225, jul. 2014.

Gaspar, e. B. Et al. Comparação de métodos para a avaliação “in vitro” de atividade antimicrobiana de extratos vegetais. Boletim de pesquisa e desenvolvimento , embrapa pecuária sul bagé, rs, v. 40, n. 1, p. 4-23, 2017.

Bacia hidrográfica do Igarapé Tancredo Neves: Em Porto Velho (RO) – Mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-031>

Caio Cesar Silva Cruz

Licenciatura em Geografia (UNIR)
E-mail: ccs.aspageo89@gmail.com

Catia Eliza Zuffo

Doutorado em Geologia e Geoquímica (UFPA). Docente na Universidade Federal de Rondônia (UNIR)
E-mail: catiazuffo@unir.br

Osmair Oliveira dos Santos

Mestrado em Geografia (UNIR)
E-mail: osmairsantos@gmail.com

RESUMO

Este artigo apresenta a delimitação, mapeamento e análise do uso da terra e da cobertura vegetal da

bacia hidrográfica do igarapé Tancredo Neves, em Porto Velho (RO), realizada para três décadas por meio de interpretação de imagens de satélite. Para a elaboração dos mapas temáticos dessa bacia hidrográfica, foram utilizados os softwares Global Mapper e GvSIG e as imagens do satélite norte-americano Landsat dos anos 1981, 1989, 2001 e 2012, baixadas do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os mapas e a pesquisa de campo mostraram que grande parte da bacia analisada foi desmatada à medida que houve a expansão da área urbana.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Cobertura vegetal, Sensoriamento remoto, Uso da terra, Porto Velho/RO.

1 INTRODUÇÃO

O ordenamento do uso da terra é um instrumento fundamental para buscar, previamente, o equilíbrio entre a preservação de áreas de vegetação nativa e as atividades antrópicas. Esse planejamento depende do trabalho conjunto de profissionais de várias áreas do conhecimento e da parceria entre empresas e o poder público. Isso se aplica em todos os níveis geográficos, ou seja, perímetro urbano, municípios, unidades federativas, inclusive no recorte de bacias hidrográficas.

A falta de ordenamento do solo urbano fez crescer as invasões e as ocupações irregulares, além de degradações ambientais nas margens e nascentes de igarapés e rios que escoam pelo perímetro urbano do município de Porto Velho (RO), são fatores crescentes, que passaram a ocorrer de forma acelerada desde os anos 1970, após a execução dos projetos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), a exploração do ouro no rio Madeira e a construção da Hidrelétrica de Samuel, assim como a vinda de novos moradores para trabalharem na construção de usinas hidrelétricas do rio Madeira, a partir de 2008.

Salienta-se que as invasões e as ocupações clandestinas ocorrem não apenas em Porto Velho, capital do Estado de Rondônia, mas em muitos outros lugares, uma vez que tem raízes na dinâmica demográfica e suas razões históricas, estruturais e conjunturais. Da mesma forma, é importante ressaltar que não é apenas no perímetro urbano de Porto Velho que há desorganização, na zona rural há casos de propriedades que o modelo tradicional da ocupação tem levado a um aumento significativo

do desmatamento, sendo este um fenômeno de natureza bastante complexa, que não pode ser atribuído a um único fator (ALENCAR *et al.*, 2004).

Pode-se afirmar que o ordenamento correto do uso da terra na área urbana torna uma cidade bem planejada e sustentável a todos os moradores. O mesmo ocorre para a zona rural, pois é vital para minimizar ou resolver todas as degradações ao meio ambiente. Diante disso, um exemplo a ser seguido, segundo Rosa (2011) é o da Alemanha que em 1957 foi precursora no planejamento por bacia hidrográfica, dentre outros.

Uma bacia hidrográfica é “o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes” cuja delimitação é dada pelas linhas divisoras das águas que demarcam seu contorno. Estas linhas são definidas pela conformação das curvas de nível existentes na carta topográfica e ligam os pontos mais elevados da região em torno da drenagem considerada (GUERRA, 1993 *apud* ARGENTO e CRUZ, 1996, p. 269).

O objetivo deste artigo foi analisar o uso da terra e a cobertura vegetal da bacia hidrográfica do igarapé Tancredo Neves, na cidade de Porto Velho (RO), considerando uma escala temporal de três décadas, com a aplicação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e de imagens de satélite, de forma a caracterizar sua localização geográfica e abrangência, distinguir a ocupação humana e a cobertura vegetal, principalmente as Áreas de Preservação Permanente (APP), assim como identificar áreas com ocupações humanas irregulares nas margens dos igarapés que compõem a bacia em estudo.

A pesquisa nesse intervalo temporal remete também à possibilidade de obter dados e informações técnicas sobre a área de estudo, no que se refere a ocupação irregular a partir da expansão da cidade de Porto Velho, após o seu acelerado crescimento ocorrido na década de 1980, quando o estado de Rondônia passou a receber uma grande leva de imigrantes ocasionado pelos projetos de colonização do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

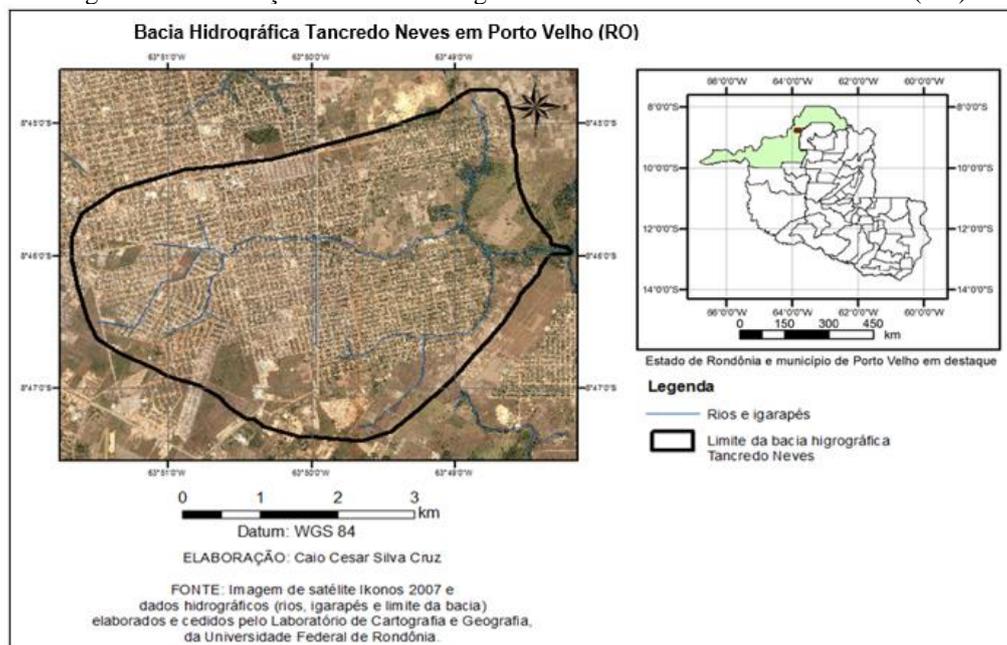
1.1 ÁREA DE ESTUDO

O Município de Porto Velho possui uma área territorial de 34.068,5 km² (SEDAM, 2002). Segundo o Censo Demográfico realizado em 2010, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população chegou a pouco mais de 428 mil habitantes, a maioria na zona urbana (IBGE, 2010). Devido a capital do estado de Rondônia estar localizada na maior bacia hidrográfica do planeta, a Bacia Amazônica, esta é uma área rica em diversidade natural, sobretudo a quantidade de igarapés e rios.

O igarapé Tancredo Neves e seus afluentes, que formam a bacia hidrográfica do mesmo nome (Figura 1) percorrem da direção oeste para leste na cidade de Porto Velho até desaguar em outro igarapé que adiante se torna tributário do rio Candeias. É uma das poucas redes de drenagem que não

escoa diretamente para o rio Madeira, ao contrário dos igarapés Bate Estaca, Belmont, Grande e Tanques que também drenam a área urbana do município.

Figura 1 - Localização da Bacia Hidrográfica Tancredo Neves em Porto Velho (RO).

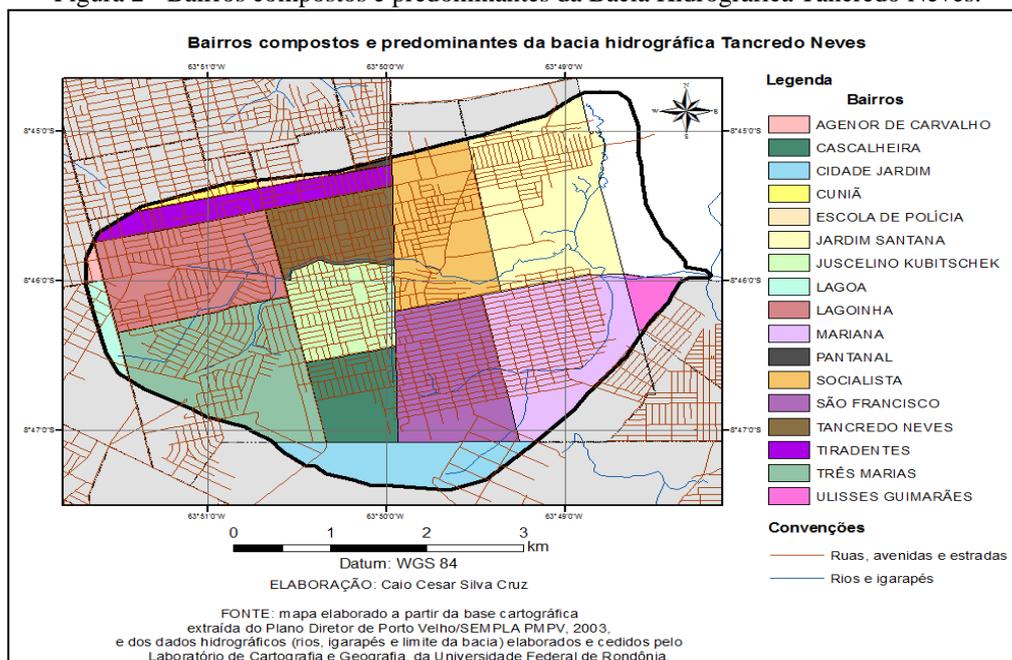


Conforme os cálculos realizados pelo *software* Global Mapper, a bacia hidrográfica Tancredo Neves possui uma área aproximada de 19,78 km² e seu perímetro aproximado de 17,47 km. Ela está localizada inteiramente nas coordenadas geográficas entre 63°48' a 63°52' de longitude Oeste e 8°44' a 8°48' de latitude Sul.

Segundo os dados da Secretaria Municipal de Planejamento – (SEMPLA, 2003), 17 bairros da zona leste da cidade de Porto Velho estão sobre os limites da bacia hidrográfica do igarapé Tancredo Neves, como mostra a Figura 2. Desse total, apenas os bairros Cascalheira, Lagoinha, Juscelino Kubitschek, São Francisco e Tancredo Neves estão localizados totalmente no interior da bacia.

Dois igarapés servem como limites naturais entre bairros, sendo um no limite de Juscelino Kubitschek – Tancredo Neves, Juscelino Kubitschek – Socialista – São Francisco e o outro, Cascalheira – São Francisco, paralelo às linhas de transmissão operadas pela empresa Centrais Elétricas do Norte do Brasil S/A (ELETRONORTE).

Figura 2 - Bairros compostos e predominantes da Bacia Hidrográfica Tancredo Neves.



Vale ressaltar que a bacia hidrográfica é um elemento fundamental de análise no ciclo hidrológico, principalmente na sua fase terrestre, que engloba a infiltração e o escoamento superficial. Ela pode também ser definida como uma área limitada por um divisor de águas, que a separa das bacias adjacentes e que serve de captação natural da água de precipitação através de superfícies que convergem para um mesmo ponto.

Na área urbana, a bacia hidrográfica se torna um cenário complexo para análise, pois, geralmente, nela ocorrem diversas intervenções. Dentre as situações que podem ocorrer, pode-se ressaltar, segundo Botelho (2006), a canalização aberta ou tamponada, retificação, alargamento, afundamento e desvios. São fatores contribuintes para a ocorrência de possíveis enchentes ao longo do tempo.

2 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa contou com levantamento bibliográfico sobre o uso da terra e a cobertura vegetal através da consulta da legislação ambiental vigente e publicações técnicas como as de Botelho (2006), Araújo Filho, Meneses e Sano (2007), Silva, Fernandes e Oliveira (2007), sobretudo a Lei nº 12.651/2012 - Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), a Lei Complementar nº 097/1999, que trata das normas relativas ao parcelamento, ao uso e à ocupação do solo do Município de Porto Velho (PORTO VELHO, 1999) e a Lei Complementar 138/2001 - Código do Meio Ambiente do Município de Porto Velho, (PORTO VELHO, 2001), diversas publicações acadêmicas que tratam do tema a exemplo de Rauem (2011), Silva (2016) e versões do Plano Diretor de Porto Velho (PMPV, 1990 e 2008).

Da mesma forma, foram realizadas leituras e pesquisas no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006) visando à explicação dos conceitos, definições e os demais materiais que são utilizados para analisar e identificar as ocupações humanas e as coberturas vegetais de um determinado local de estudo.

Para iniciar o mapeamento e a interpretação do uso da terra e da cobertura vegetal da bacia hidrográfica estudada na escala temporal de três décadas (período de 1981 a 2012); foram escolhidas quatro imagens de satélite Landsat, todas elas cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do Brasil, em parceria com a Administração Nacional da Aeronáutica e Espacial (NASA), dos Estados Unidos. As quatro imagens escolhidas foram datadas em 12/04/1981 (correspondente à órbita 249/ponto 066, da Landsat 2-MSS¹), 24/07/1989 (órbita 232/ponto 066, da Landsat 5-TM²), 10/08/2001 (idem) e 06/08/2012 (idem).

Além destas, foi utilizada uma imagem de satélite Ikonos, registrada em 2007 (sem data exata), cedida pelo Laboratório de Geografia, da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), apenas para a localização precisa da bacia hidrográfica Tancredo Neves, já mostrada na Figura 1. Uma diferença entre as imagens de satélites Landsat e Ikonos é o espectro. O primeiro opera por níveis de cinza e possui sete bandas incluindo o sistema de cores RGB e o segundo, por banda visível. Após a pesquisa de imagens de satélite, foram utilizados os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) usados em universidades e órgãos do meio ambiente, gestão e planejamento para elaborar os mapas: Global Mapper, GvSIG e ArcGIS.

A pesquisa foi desenvolvida em cinco etapas, com destaque para a elaboração dos mapas da bacia hidrográfica que nas segunda e terceira etapas, foram utilizados os dados cartográficos em formato *shapefile* correspondentes ao estudo da hidrografia. As feições em linhas correspondem a rios e igarapés e em polígono, à delimitação da bacia hidrográfica Tancredo Neves, elaborados e cedidos pelo Laboratório de Cartografia e Geografia, da UNIR.

Além disso, foram carregadas as imagens de satélite Landsat, no *software* Global Mapper. As características dos dados do mapa foram configuradas com o Datum WGS84, a longitude oeste de 60 a 66 graus e na escala de 1:100.000. As imagens do Landsat foram baixadas no site do INPE, registradas nas datas de 12/04/1981, 24/07/1989, 10/08/2001 e 06/08/2012. Todas elas estão em níveis de cinza e possuem sete bandas, com exceção da imagem registrada em 1981, que vem apenas com quatro bandas. Para mudar as imagens em tons de cinza de 1989 até 2012 em coloridas, três bandas foram selecionadas (3, 4 e 5) e, depois as cores primárias submetidas ao sistema de cores RGB, respectivamente.

¹A sigla MSS significa Imagem ou Scanner Multiespectral, do inglês *Multispectral Scanner*.

²A sigla TM significa Mapeamento Temático, do inglês *Thematic Mapper*.

Todas as imagens de satélite foram transformadas em quatro mapas temáticos, cada um por ano de análise, correspondente ao uso da terra, sendo:

- A área urbana existente (arruamento e quadras existentes, lotes já ocupados parcialmente e totalmente) corresponde ao tom vermelho-escuro;
- A área pouco urbanizada ou área urbana em expansão (terrenos desocupados e implantação de novos lotes residenciais e comerciais), rosa;
- A área antrópica não urbana (pastagens, plantios e demais atividades econômicas instaladas fora da área urbana contínua, incluindo também as queimadas realizadas pela ação humana), bege;
- A cobertura vegetal (florestas e matas originais intactas, isto é, sem alteração da ação humana), verde-escuro.

Em seguida, foram construídos os mapas temporais (linha do tempo) da expansão urbana e da cobertura vegetal desde os anos 1980, cada um com legenda de quatro camadas de cores correspondentes ao ano de 1981 (Figura 3), 1989 (Figura 4), 2001 (Figura 5) e 2012 (Figura 6). As cores mais escuras significam os períodos anteriores e as mais claras, os recentes.

Para esse procedimento, as quatro camadas de polígonos da área urbana existente e as quatro de polígonos da cobertura vegetal dos respectivos anos foram reaproveitadas, sobrepondo uma das outras, ou seja, a camada em cima ou embaixo da outra, para formar finalmente os dois mapas temporais.

Figura 3 - Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica Tancredo Neves em 1981.

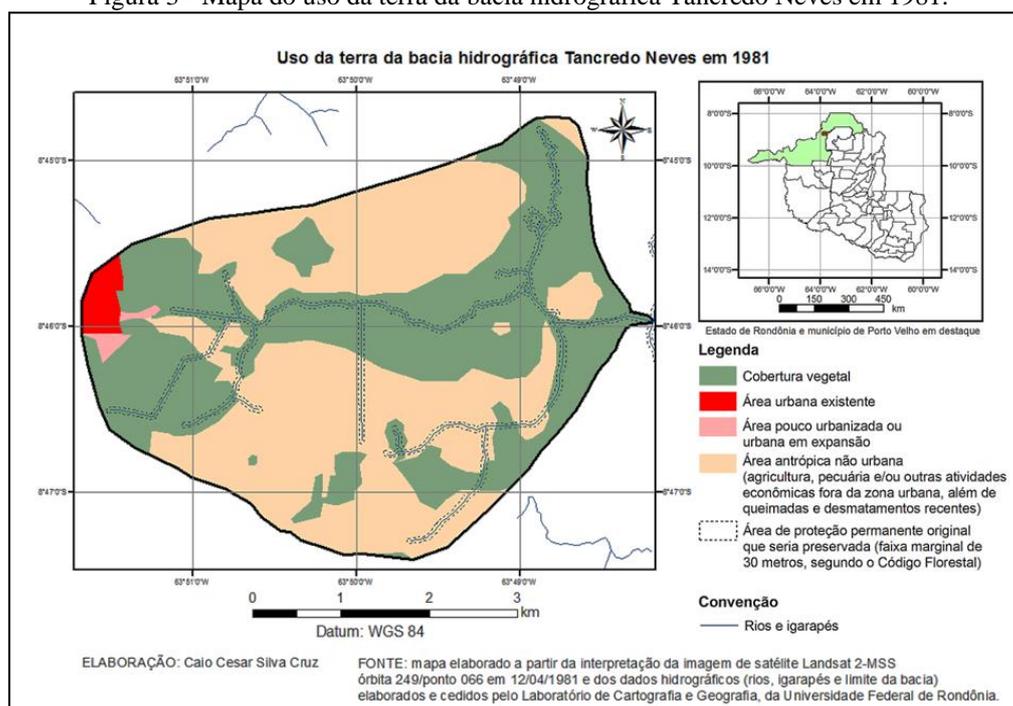


Figura 4 - Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica Tancredo Neves em 1989.

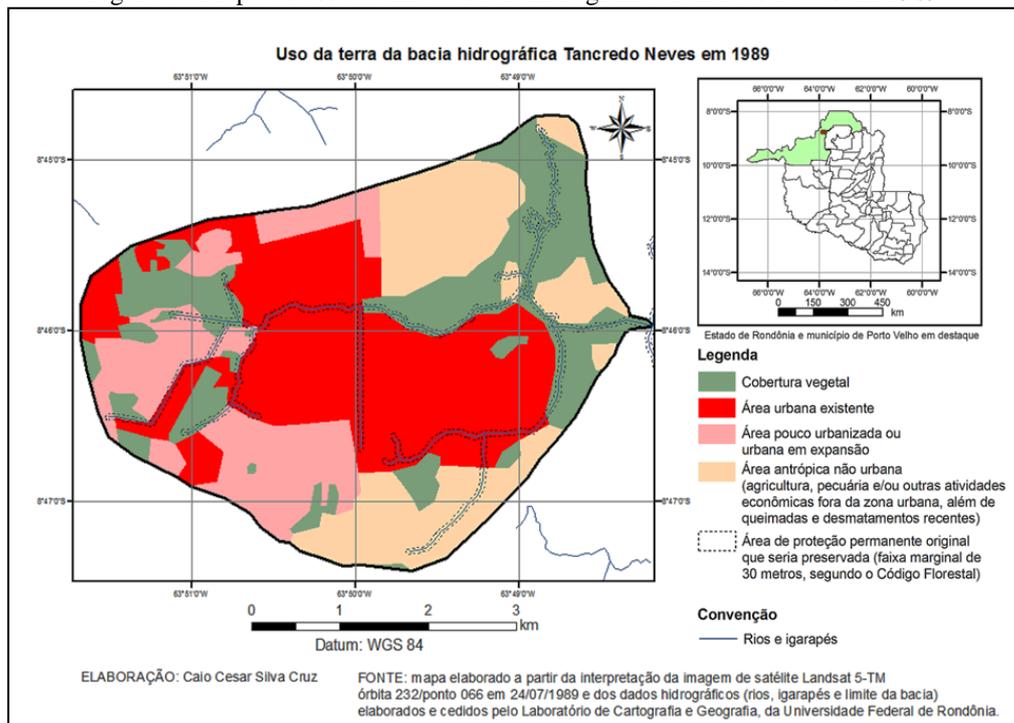


Figura 5 - Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica Tancredo Neves em 2001.

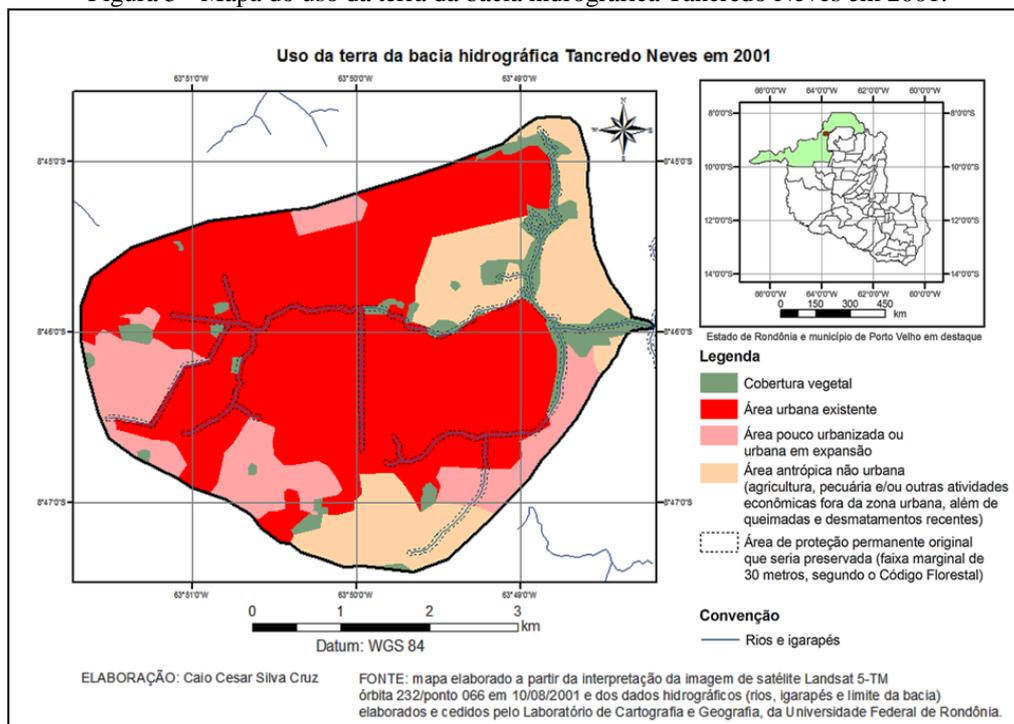
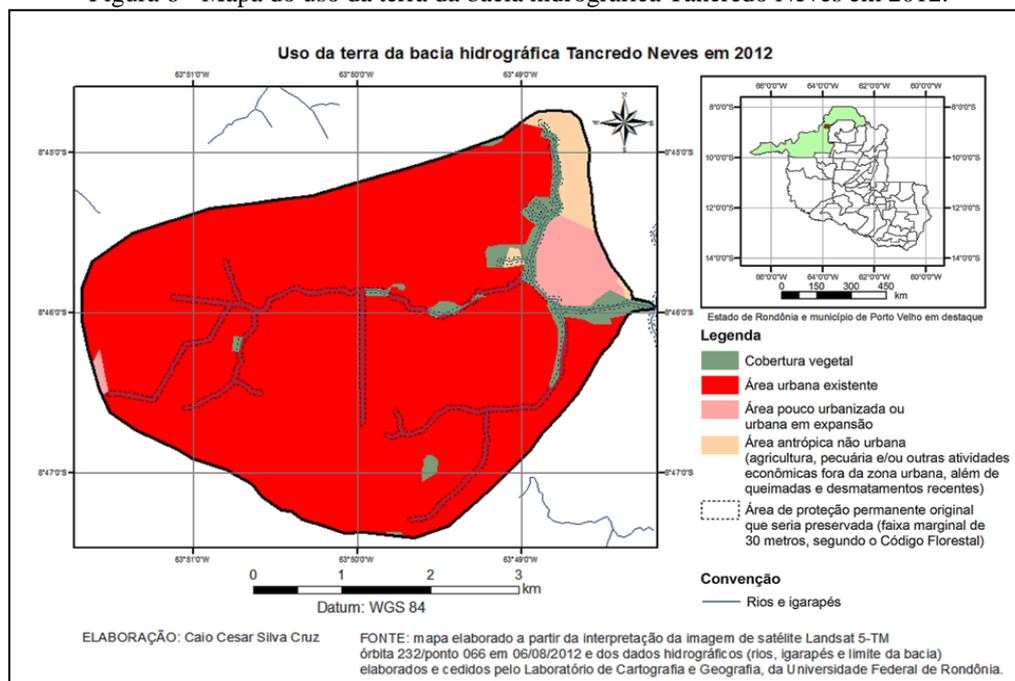


Figura 6 - Mapa do uso da terra da bacia hidrográfica Tancredo Neves em 2012.



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Até o ano de 1980, a bacia hidrográfica Tancredo Neves tinha pouca ocupação urbana, a parcela rural apresentava uma cobertura vegetal que chegava a 9,29 quilômetros quadrados, equivalente a menos de 47% da área total da bacia. Uma situação evidenciada pelo fato de que a área urbana de Porto Velho, até aquele momento se estendia apenas entre o rio Madeira, a BR 364, a Avenida dos Imigrantes, a Avenida Rio Madeira e a Avenida Rio de Janeiro. Logo após esse período, deu-se início à expansão urbana orientada principalmente pela rodovia BR 364, tanto no sentido leste quanto ao sul.

Em conformidade com os mapas anteriores da modificação do uso da terra, percebe-se que, do período de 1981 a 2012 a mancha urbana existente (parcialmente e totalmente ocupada) da bacia cresceu rapidamente, atingindo o percentual de 5.434%, ou seja, 55 vezes. Enquanto isso, no mesmo período, a cobertura vegetal nativa foi reduzida em quase 92%, como mostra a Tabela 1 e o gráfico de linhas a seguir (Figura 7).

Tabela 1 - Distribuição do uso da terra da bacia hidrográfica Tancredo Neves de 1981 a 2012

Ano	Usos da terra (quilômetros quadrados)			
	Área urbana existente	Cobertura vegetal	Antrópica não urbana	Áreas pouco urbanizadas ou urbanas em expansão
1981	0,32	9,29	10,06	0,11
1989	7,38	4,65	4,39	3,36
2001	12,21	1,26	3,38	2,93
2012	17,71	0,77	0,54	0,76
Variação (1981-2012)	5.434,3%	- 91,7%	- 94,6%	591%
Maior aumento	2.206% (1981-1989)	-	-	2.954,5% (1981-1989)
Maior redução	-	- 72,9% (1989-2001)	- 84% (2001-2012)	- 74% (2001-2012)

Fonte: Elaborado a partir do software SIG por Cruz (2017).

Figura 7 - Gráfico da expansão da área urbana e redução da cobertura vegetal original da bacia hidrográfica Tancredo Neves entre 1981 a 2012.

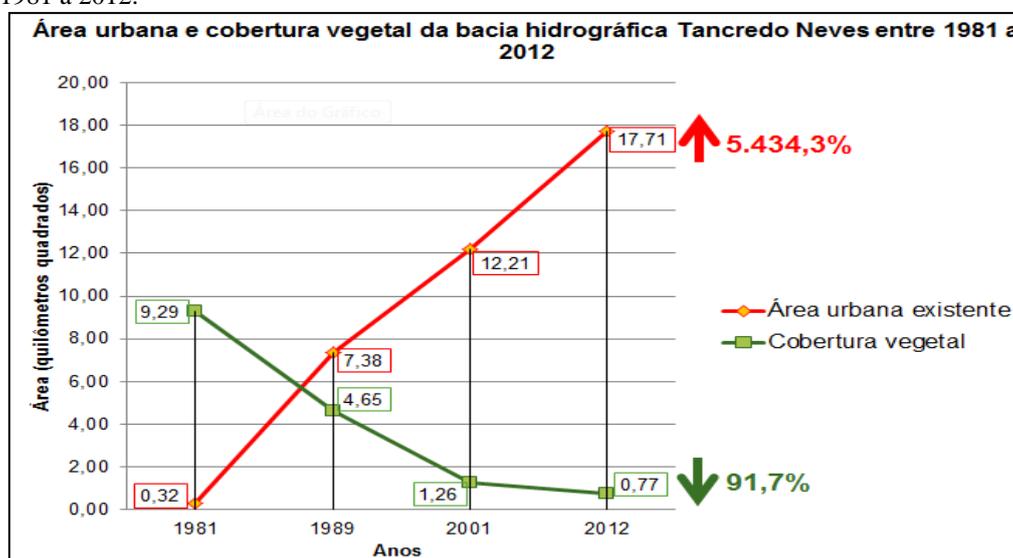


Gráfico elaborado por Cruz (2017).

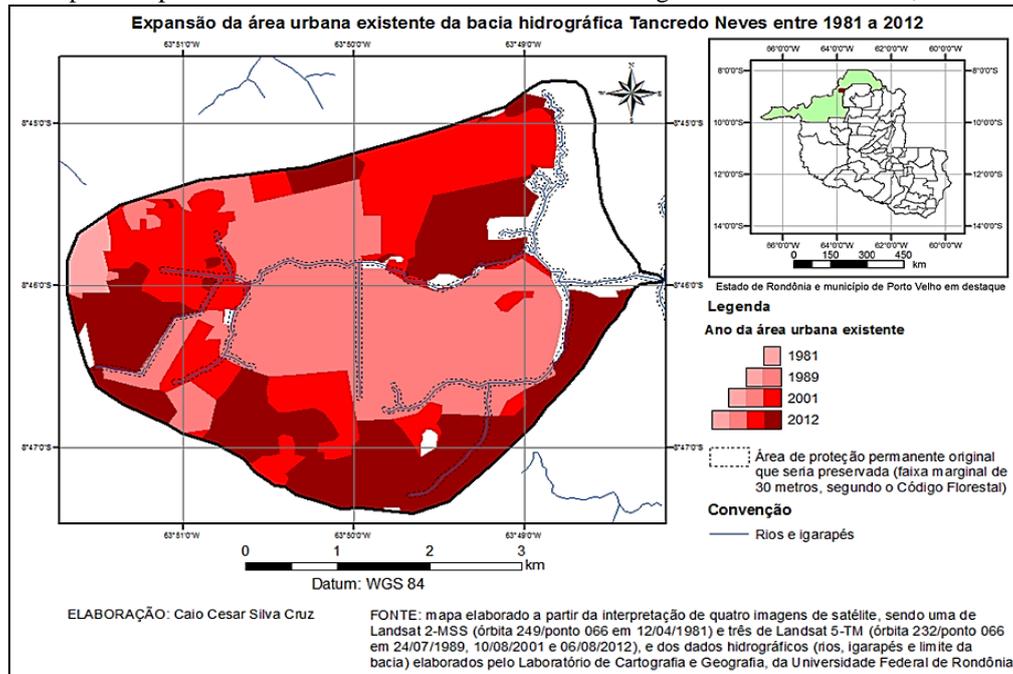
Para Santos (2001), desde a década de 1980, a mudança do uso da terra foi causada pelos principais fatores que ocasionaram o crescimento rápido da população do município de Porto Velho e sua expansão urbana em geral, como os projetos do INCRA que marcam o início do ciclo agropecuário, a exploração de ouro no rio Madeira, a transformação do Território Federal em Estado de Rondônia, a construção da usina hidrelétrica de Samuel e o asfaltamento da rodovia BR-364. Recentemente, a implantação das usinas hidrelétricas Jirau e Santo Antônio, a partir do ano de 2007, fomentou novamente a chegada de um grande contingente de pessoas no município.

3.1 A EXPANSÃO URBANA NO SENTIDO LESTE

Em 1981, a área urbana existente na bacia hidrográfica Tancredo Neves chegava a 32 hectares, o que correspondia a pouco mais de 1,6% da superfície total, no canto noroeste e com apenas três bairros em fragmentos menores: Agenor de Carvalho, Lagoinha e Tiradentes, como mostra a figura 8

a seguir. Já em 2012, chegou a 17,71 km², equivalente a pouco mais de 89% da área, com 17 bairros, predominante na zona leste da cidade de Porto Velho. Ou seja, o aumento da área urbana durante os 31 anos foi pouco mais de 5.434%. Somente entre 1981 a 1989, o aumento chegou a 2.206% (Tabela 1).

Figura 8 - Mapa da expansão da área urbana existente da bacia hidrográfica Tancredo Neves, de 1981 até 2012.



No que se refere à expansão urbana da zona leste de Porto Velho, Nascimento (2009) pontua que o crescimento se caracteriza pela expansão da cidade sobre as áreas periféricas, sendo grande parte dessas áreas pertencentes à União, onde é mais fácil a atuação das ações coletivas de invasões, fato contribuinte para o agravamento das questões sociais nas mais variadas formas.

Quase toda área da bacia hidrográfica Tancredo Neves se concentra em relevo plano, isto é, sem acentuados declives. Isso tem facilitado a ocupação urbana, uma vez que o custo para construir nessas condições é mais baixo, e o conseqüente distanciamento da área central da cidade torna os terrenos mais baratos.

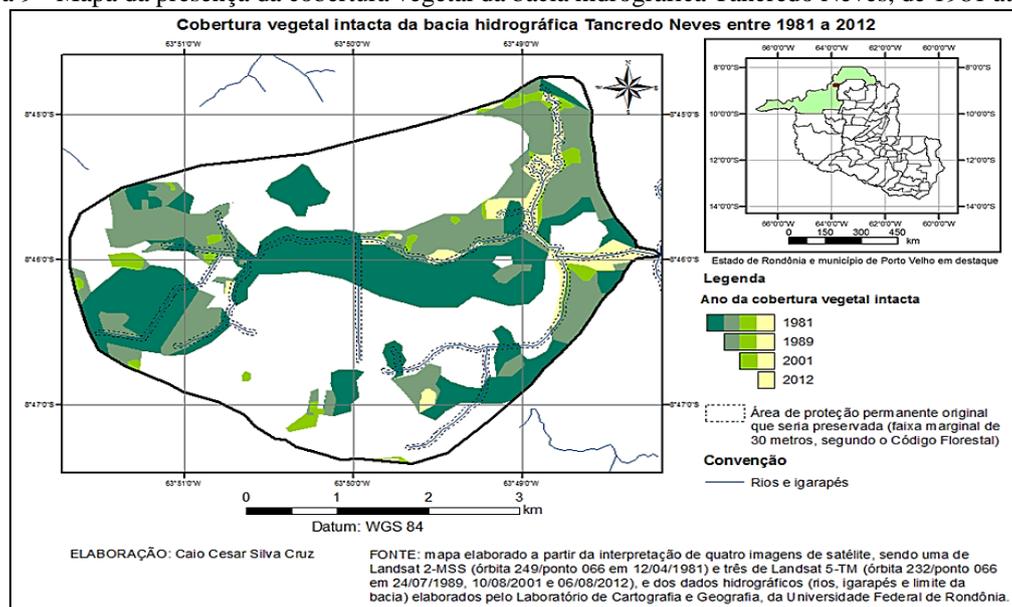
Desde 1980, vários bairros da zona leste localizados nesta bacia hidrográfica, surgiram pela ausência de planejamento urbano para atender a intensa demanda populacional, na qual a maioria deles ocorreu por invasões ou ocupações irregulares. Nos mapas do uso da terra da bacia hidrográfica em 1989 e 2001 (Figuras 4 e 5), percebem-se também os grandes vazios urbanos concentrados nos bairros Lagoinha, Mariana, Tiradentes e Três Marias; esses tiveram boa parte de suas terras destinadas aos aglomerados urbanos por invasões de terrenos, e o restante à construção de loteamentos ou condomínios.

No final dos anos 1990 e no início do ano 2001, continuou a expansão urbana da zona leste com os loteamentos abertos à sudeste da bacia hidrográfica Tancredo Neves. Após o ano de 2010, conjuntos habitacionais nos bairros Jardim Santana, Mariana e Socialista foram construídos pelo poder público, destinados a moradores em situação de vulnerabilidade social. Exemplo disso é o residencial Orgulho do Madeira, localizado ao leste da Bacia.

3.2 COBERTURA VEGETAL E ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPS)

A vegetação nativa da bacia hidrográfica Tancredo Neves chegava, em 1981, a 9,29 km², equivalente a menos de 47% da sua área total. Cobria mais no leste, no centro e oeste, como mostra a Figura 9, a seguir. Já em 2012, a cobertura vegetal ficou restrita às Áreas de Preservação Permanentes (APP) na posição leste, com pequenas porções de árvores em propriedades particulares, com aproximadamente 77 hectares, ou seja, quase 4% da área total da Bacia. À medida que aumentou a população e expandiu a área urbana sentindo leste, a cobertura vegetal foi reduzida quase 92% em 31 anos (Tabela 1).

Figura 9 - Mapa da presença da cobertura vegetal da bacia hidrográfica Tancredo Neves, de 1981 até 2012.

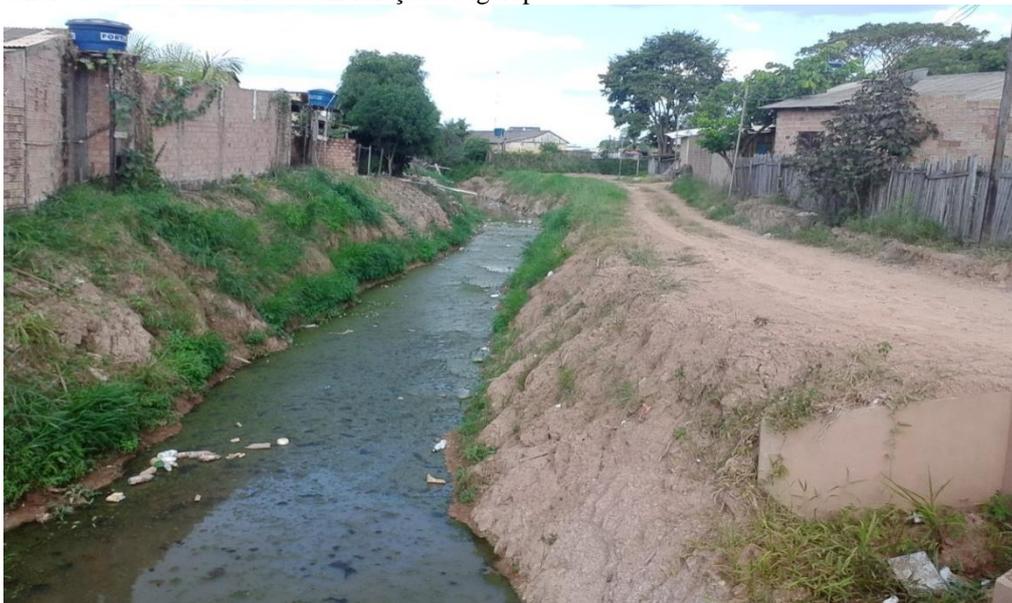


Verifica-se que boa parte dos igarapés e das nascentes dessa bacia está comprometida pela ocupação irregular e desordenada, resultado de urbanização mal planejada e da ausência do poder público em organizar a área urbana. Como consequências da APP desmatada ocorrem erosões pluviais, isto é, todo o solo desprotegido das matas ciliares pode ser levado pelas fortes chuvas e vai parar no fundo dos igarapés, causando assoreamento, enchentes e inundações.

Verificou-se também a inexpressiva erosão pluvial na área da bacia Tancredo Neves, uma vez que ela está localizada em terreno bem plano e com encostas menores, com imóveis construídos em declives baixos. Esses fatores foram comprovados durante a realização de pesquisa e as visitas de campo, pois não foi registrado nenhum caso de erosão expressiva no igarapé em questão e nem nos seus afluentes, dado a contribuição do relevo que tem amenizado a fragilidade natural dessa bacia hidrográfica.

O que chamou a atenção durante as visitas de campo pelos bairros localizados na área de abrangência da referida bacia, foram o desmatamento das APPs, os depósitos de lixo e os lançamentos diretos de águas servidas pelos moradores nas margens dos igarapés (Figura 10). Quase toda a APP da bacia hidrográfica foi alterada pela ação humana. São imóveis residenciais e comerciais construídos a menos de 30 metros das margens dos igarapés da Bacia, dos quais há mais de 30 anos.

Figura 10 - Um dos afluentes do igarapé Tancredo Neves, com lixo e águas servidas, no bairro Lagoinha, chama a atenção a pequena distância do acesso de veículos em relação ao igarapé.



Fonte: Cruz (2017).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa objetivou realizar a análise da bacia do igarapé Tancredo Neves para o estudo da evolução do uso da terra nos anos 1981, 1989, 2001 e 2012. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o sensoriamento auxiliaram a identificação das áreas ocupadas pela ação humana e áreas de formação vegetal intacta no período estudado. A classificação do uso da terra da bacia hidrográfica foi realizada de acordo com o Manual Técnico do IBGE (2006).

Foi possível observar que no período de 1981 a 2012, houve uma expansão da área urbana, na qual, as primeiras ocupações no perímetro da bacia hidrográfica Tancredo Neves ocorreram no sentido

leste com a consequente diminuição da sua cobertura vegetal nativa. Ao contrário de outras bacias hidrográficas na zona urbana de Porto Velho com média e alta declividade, a expansão urbana na área em estudo ocorreu facilmente, graças ao relevo plano. Dessa forma, o aumento do contingente populacional desde meados de 1980 de forma desordenada e com carência de infraestrutura, favoreceu o processo contínuo de degradação ambiental na maioria dos igarapés que compõem a bacia.

Diante do exposto, pode-se afirmar que o geoprocessamento e o mapeamento são indispensáveis no monitoramento das áreas urbanas e rurais em todos os níveis geográficos, seja federal, estadual ou municipal, inclusive com o recorte de bacias hidrográficas. São ferramentas que facilitam a fiscalização e o cumprimento das legislações aplicadas na preservação ambiental e na organização da ocupação humana permitindo o acompanhamento em tempo hábil, além de reduzir, muitas vezes, os custos elevados referentes ao combate à degradação dessas áreas.

REFERÊNCIAS

- Alencar, a. *Et al.* Desmatamento na amazônia: indo além da emergência crônica. Manaus: instituto de pesquisa ambiental da amazônia (ipam), 2004.
- Araújo filho, m. C. A.; meneses, p. R.; sano, e. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. *Revista brasileira de cartografia*, v. 2, n. 59, p. 171-179, 2007.
- Argento, m. S. F.; cruz, c. B. M. Mapeamento geomorfológico. *In: cunha, s. B. Da.; guerra, a. J. T. (orgs).* Geomorfologia – exercícios, técnicas e aplicações. Rio de janeiro: bertrand brasil, 1996.
- Botelho, r. G. M. Planejamento ambiental em microbacia hidrográfica. *In: guerra, a. J. T. (org).* Erosão e conservação do solo. Rio de janeiro: bertrand brasil, 2006.
- Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Institui o código florestal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 25 abr. 2020.
- Cruz, c. C. S. Mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal na bacia hidrográfica tancredo neves em porto velho/ro, entre os anos 1980 a 2010. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado em geografia) - universidade federal de rondônia, porto velho, 2017.
- Instituto brasileiro de geografia e estatística (ibge). Censo demográfico 2010: resultados gerais da amostra. Rio de janeiro: ibge, 2012. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 mar. 2020.
- Instituto brasileiro de geografia e estatística (ibge). Manual técnico de uso da terra. 2 ed. Rio de janeiro: ibge, 2006.
- Instituto nacional de colonização e reforma agrária (incra). A contribuição do instituto nacional de colonização e reforma agrária dentro do processo de ocupação do território de rondônia. Coordenador: reinaldo gavião modesto. Rondônia: incra, 1981.
- Porto velho. Rondônia. Mapa da área urbana do distrito sede do município de porto velho. Porto velho: sempla, 2003.
- Nascimento, c. P. Cenários da produção espacial urbana de porto velho. 2009. Dissertação (mestrado em geografia) - universidade federal de rondônia. Porto velho, 2009.
- Porto velho. Rondônia. Lei complementar nº 933 de 29 de dezembro de 1990. Dispõe sobre o plano diretor do município de porto velho e dá outras providencias. Porto velho: sempla, 1990.
- Porto velho. Rondônia. Lei complementar nº 311 de 30 de junho de 2008. Dispõe sobre o plano diretor do município de porto velho e dá outras providencias. Porto velho: sempla, 2008.
- Porto velho. Rondônia. Lei complementar nº 097, de 29 de dezembro de 1999. Dispõe sobre o parcelamento, uso e ocupação do solo do município de porto velho. Porto velho: sempla, 1999. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=316888>. Acesso: em 14 mar. 2020.
- Porto velho. Rondônia. Lei complementar nº 138, de 28 de dezembro de 2001. Institui o código de meio ambiente do município de porto velho. Porto velho: pmpv, 2001.

Rauem, v. A. B. Uso de sig na delimitação de áreas de preservação permanente e no mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia do ribeirão pirai – sp. 2011. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia ambiental e sanitária) - universidade federal de santa catarina, florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/124522>. Acesso: em 14 mar. 2020.

Rosa, I. A. S. A bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão ambiental no programa de revitalização. Brasília: universidade de Brasília, 2011.

Santos, c. A fronteira do guaporé. Porto velho: edufro, 2001.

Rondônia. Secretaria de desenvolvimento ambiental do estado de rondônia (sedam). Atlas geoambiental de rondônia. Porto velho: sedam, 2002.

Silva, h. R. O. Mapeamento e análise dos impactos socioambientais na bacia do igarapé tancredo neves zona leste de porto velho-ro. 2016. Dissertação (mestrado em geografia) – programa de pós-graduação em geografia, universidade federal de rondônia, porto velho. 2016. Disponível em: <https://www.ri.unir.br/jspui/handle/123456789/2037>. Acesso em: 14 abr. 2020.

Silva, I. C. N.; fernandes, a. L. V.; oliveira, w. Análise do uso e ocupação do solo na microbacia dom tomaz no município de três lagoas - ms. Repositório eletrônico - departamento de ciências agrárias da unitau, v. 1, 2007, p. 325-330.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-032>

Luana Ribeiro Gomes

Universidade do Estado do Amazonas
E-mail: luanaribeiro1206.lr@gmail.com

João Victor Bentes Soares

Escola Superior de Tecnologia – UEA/EST, Manaus, AM
E-mail: jbentessoares16@gmail.com

Jose Ruben Sicchar Vilchez

Dep. Controle e Automação – UEA/EST, Manaus, AM
E-mail: jvilchez@uea.edu.br

RESUMO

O gradativo uso de smartphones aliado à elevada taxa de mortalidade das doenças cardiovasculares

viabiliza o desenvolvimento de dispositivos móveis que constituem alternativas que podem auxiliar ricamente a prevenção e promoção dos cuidados à saúde. O estudo apresentado relata o desenvolvimento de um protótipo de monitoramento clínico remoto de sinais biomédicos vinculado a um aplicativo móvel para registro, atuando como suporte na supervisão de pacientes com possíveis quadros de doenças cardíacas e respiratórias. Visando agregar a telemedicina e medicina preventiva, os resultados obtidos inicialmente demonstram que o protótipo e software apresentam eficiência na captação, transmissão e classificação de dados, além de proporcionar maior comodidade e integração entre médico e paciente.

Palavras-chave: Smartphones, Aplicativo, Monitoramento, Telemedicina.

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência da elevada taxa de mortalidade das doenças cardiovasculares no país, a área da cardiologia tem sido objeto de iniciativas, sejam elas de empresas privadas, sejam de universidades e órgãos governamentais. Paralelo a isso, cresce o uso da telemedicina no envio e na interpretação de eletrocardiogramas (ECG) (Baker, 2018).

O crescimento é ainda maior na telemedicina assíncrona, em que se envia exames a um servidor para posterior análise e provimento de laudo por especialista. Sendo assim, uma tecnologia de baixo custo, com economia de tempo e com potencial de salvar vidas (Baker, 2018).

Essa metodologia de trabalho, quando associada a uma arquitetura computacional e de telecomunicações adequada, auxilia o médico no manejo agudo e crônico das afecções cardíacas. Dessa forma, observa-se a importância da telemedicina visto que o tempo de diagnóstico de problemas de saúde e o tratamento destes diminui, aumentando consequentemente a eficácia dos serviços médicos, justificando o investimento nas tecnologias necessárias (Taylor, 2018).

Atualmente encontra-se o desenvolvimento de grandes sistemas de suporte ao monitoramento de pacientes em grande escala, em hospitais, usando sensoriamento biomédico para captura de saturação de oxigênio, pressão cardiovascular, temperatura e as imagens de pacientes, conformando

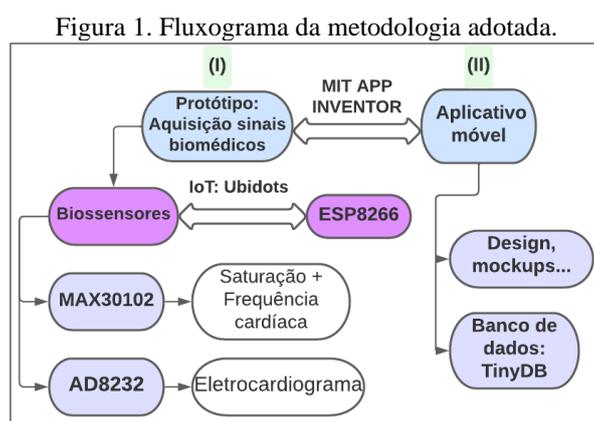
um leque de recursos integrados de suporte ao diagnóstico médico sobre endemias, em especial o novo coronavírus (Javaid et al, 2021).

Diante disso, a proposta deste trabalho é desenvolver um aplicativo móvel que atue juntamente com um sistema de processamento integrado de dados, de testes cardiovasculares, e saturação sanguínea, para a classificação dos padrões de riscos por meio de biossensores mesclados à IoT, viabilizando um diagnóstico clínico de anomalias registradas em pacientes locais e remotos, por um profissional da área da saúde.

2 METODOLOGIA

A metodologia elaborada para o desenvolvimento da proposta foi norteada pelo fluxograma, conforme figura 1. Posteriormente aos levantamentos bibliográficos, pesquisas exploratórias e prospecção de tecnologias existentes, o projeto foi subdividido em duas etapas principais:

- **Protótipo:** composto por dois biossensores: MAX30102 que auxilia monitoramento de frequência cardíaca e saturação e AD8232 que realiza o mapeamento da atividade elétrica do coração a partir da medição dos sinais de ECG com auxílio de três eletrodos alocados no corpo.
- **Aplicativo móvel:** *software* elaborado com uma programação em blocos, utilizando um eficiente banco de dados que atua no registro de informação de pacientes a partir dos dados condicionados do protótipo.



Após conexão dos sensores com NodeMCU ESP8266, a programação para funcionamento dos sensores e classificação dos valores lidos foi realizada no IDE do Arduino. Para aplicabilidade IoT foi utilizado o serviço *Ubidots*, plataforma que vincula *software* e *hardware* para monitoramento, e está relacionada com automatização de sistemas. A autenticação de dados foi realizada através de um *token* disponibilizado no site e inserido na programação juntamente com dados da rede Wi-Fi utilizada. Os

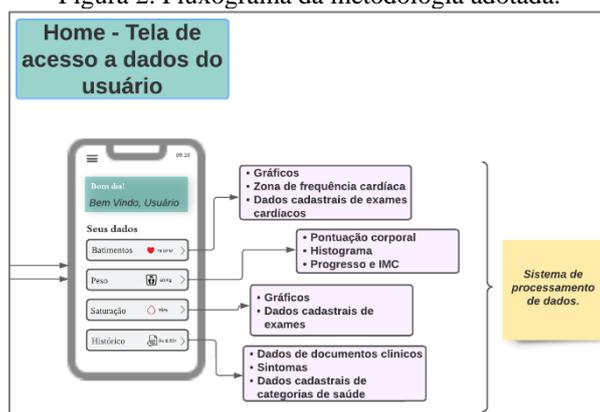
dados lidos são apresentados em qualquer computador ou *smartphones* conectados à mesma rede de internet. O histórico de dados recebidos é armazenado juntamente com informações como local, data e hora.

2.1 APLICATIVO MÓVEL

O *software* teve como embasamento metodológico o Design Instrucional Contextualizado (DIC), método voltado para desenvolvimento de aplicações móveis, sobretudo na área da saúde, sua etapa de implementação acontece de maneira simultânea com as etapas de análise, possibilitando agregar novos estágios e maiores detalhes ao *software* (Barra et.al.,2018).

As etapas principais do DIC (análise, design, desenvolvimento, implementação e avaliação) são incorporadas a partir da ferramenta de programação em blocos MIP APP Inventor. Na figura 2 visualiza-se o *mockups* - design do aplicativo.

Figura 2. Fluxograma da metodologia adotada.



O MIT App Inventor possibilita que a aprendizagem de conceitos fundamentais de programação ocorra de forma significativa, uma vez que os mesmos são trabalhados de modo intuitivo e motivador, fornecendo a possibilidade de elaborar aplicativos para serem utilizados em dispositivos móveis (Filizola et al., 2014).

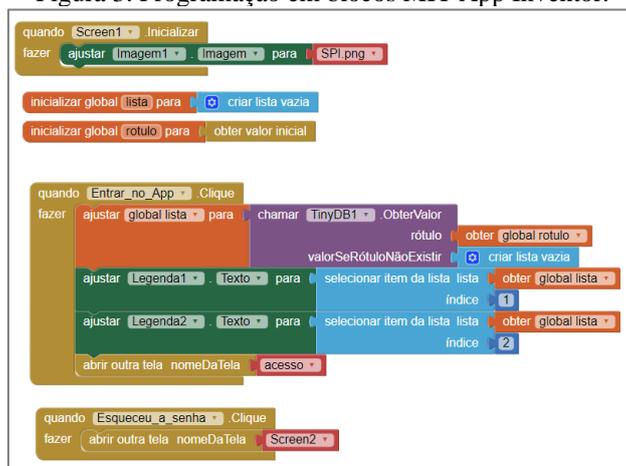
O ambiente do MIT App Inventor é composto de dois recursos principais que fazem parte de sua programação como o App Inventor Designer, uma janela executada no navegador na qual permite a construção da interface com o usuário da aplicação e o *BlocksEditor* onde é realizada as etapas de programação, representada pela união de blocos de instrução, onde cada peça apresenta estrutura e procedimentos, instruções e eventos (Filizola et al., 2014).

Na Figura 3 temos a programação de uma das interfaces do aplicativo que está sendo desenvolvido e testado para monitoramento. O aplicativo contém telas de cadastro e armazenamento de dados como nome, e-mail, senhas e dados pessoais do usuário.

A combinação de blocos no *BlockEditor*, que substituem as linhas de código, pode ser feita por estruturas lógicas à medida que cada funcionalidade dos blocos é separada por cores como mostrado na figura 3. A programação desenvolvida pode ser analisada constantemente através da leitura de *QRcodes* em *smartphones* e posteriormente alterada à medida que novas modificações são realizadas.

Os dados são armazenados em bancos de dados, chamado de *TinyDB*, dentro da plataforma do MIT App Inventor, representado pela cor roxa. O *TinyDB* guarda as informações geradas através de listas e assim os dados ficam à disposição para serem usados em outras telas dentro do aplicativo.

Figura 3. Programação em blocos MIT App Inventor.



3 RESULTADOS

O protótipo e o aplicativo móvel atenderam as funcionalidades a que foram sujeitos, apresentando coerência na transmissão e processamento de dados conforme figura 4.

O aplicativo móvel se apresenta como uma ferramenta capaz de auxiliar no gerenciamento, e armazenamento de dados pertinentes ao controle de dados cardiológicos e de oximetria. A aplicação desenvolvida possui uma interface prática e acessível.

Figura 4. Implementação do protótipo inicial.



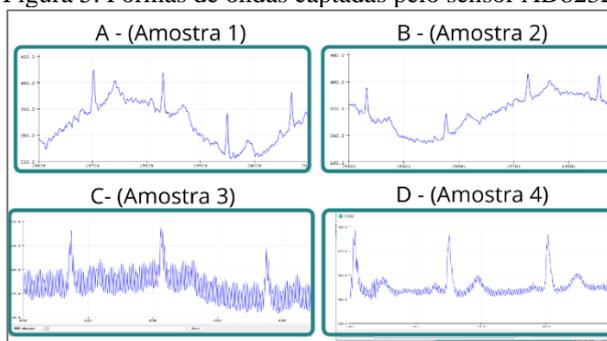
Os testes com sensor MAX30102, que realiza leitura de oximetria e frequência cardíaca, apresentaram normalidade, porém uma das leituras apresentou classificação de hipoxemia leve e redução da frequência cardíaca, justificado por conta do mau posicionamento do dedo da paciente no sensor, ao receber devida orientação, a quarta leitura configurou-se de maneira normal.

Tabela 1 - Amostra de dados monitoramento de saturação.

Paciente 1	SpO2 (%)	BPM	Classificação
Amostra 1	98	71	Normal
Amostra 2	98	75	Normal
Amostra 3	94	64	Hipoxemia leve
Amostra 4	97	80	Normal
Amostra 5	98	83	Normal

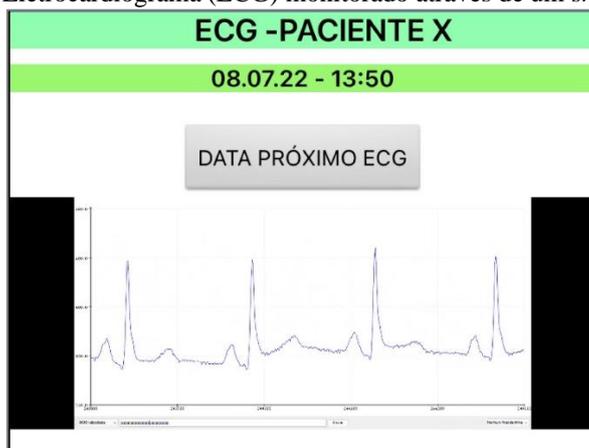
Na fase de testes, alguns sinais de ECG apresentaram irregularidade e atraso de propagação visto nas amostras 1, 2 e 3. Na figura 5, o algoritmo final foi definido a partir da amostra 4, que possibilita uma classificação viável do ritmo cardíaco, apesar de resquícios de ruídos.

Figura 5. Formas de ondas captadas pelo sensor AD8232.



Uma das dificuldades encontradas na elaboração do protótipo foi a questão da conectividade dos sensores NodeMCU ESP8266 com Wi-Fi, sendo necessários testes empíricos e consecutivos, adição de novas bibliotecas na IDE do Arduino e constante reformulação da programação. A forma de onda captada pelo sensor AD8232 pode ser monitorada em qualquer lugar, pelo próprio usuário ou médico, usando um computador ou *smartphones* como apresentado na figura 6.

Figura 6. Eletrocardiograma (ECG) monitorado através de um *smartphone*.



4 CONCLUSÃO

Neste estudo, foi proposto um protótipo de monitoramento e classificação de quadros de doenças cardiovasculares e respiratórias adjunto a um *software* para identificação preventiva e encaminhamento para tratamento médico de pacientes. Os testes realizados tanto com o protótipo, quanto com *software* apresentam resultados promissores seja no mapeamento cardiovascular, na frequência cardíaca ou na saturação de pacientes.

A proposta apresenta viabilidade visto que implica na aplicabilidade de conceitos de instrumentação biomédica e IoT, permitindo visualização de dados em tempo real no *software*. Quanto a lançar o projeto como um produto ao mercado, são necessários aprimoramentos, principalmente no que tange a participação de profissionais de saúde para validação de confiabilidade do sistema.

Como trabalhos futuros sugere-se melhorar a estabilidade do eletrocardiograma, e comparar os resultados do protótipo com diagnóstico tradicional visando credibilizar dados biomédicos captados. Na tentativa de um melhor aproveitamento da interação médico-paciente, são necessárias mudanças na interface do *software*, além de uma série de análises com todas as possibilidades de classificações endêmicas.

Na consolidação da próxima versão do protótipo, com dados validados por profissionais, o projeto deve ser submetido na Plataforma Brasil (PB) no comitê de ética 5016, visando registro dentro das diretrizes éticas e definição de amostra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a universidade e FAPEAM por permitiram a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Baker, j., & stanley, a. (2018). Telemedicine technology: a review of services, equipment, and other aspects. *Current allergy and asthma reports*, springer, 2018, 18(11), 1-8.

Barra dcc, paim sms, sasso gtmd, colla gw. Métodos para desenvolvimento de aplicativos móveis em saúde: revisão integrativa da literatura. *Texto & contexto - enfermagem*. 2018 jan 8;26(4).

Finizola ab, raposo ehs, pereira mbpn, gomes ws, Araújo also de, souza fvc. O ensino de programação para dispositivos móveis utilizando o mit-app inventor com alunos do ensino médio [internet]. *Sol.sbc.org.br*. Sbc; 2014 [cited 2022 sep 15]. P. 337-41. Available from: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/16634/16475>

Javaid, mohd; khan, ibrahim haleem. Internet of things (iot) enabled healthcare helps to take the challenges of covid-19 pandemic. *Journal of oral biology and craniofacial research*, v. 11, n. 2, p. 209-214, 2021.

Taylor, luisa; capling, heidi; portnoy, jay m. Administering a telemedicine program. *Current allergy and asthma reports*, springer, v. 18, n. 11, p. 1-7, 2018

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-033>

Daiara Bonini Tolazzi

Discente do curso Técnico em Química
Instituto Federal Farroupilha - Campus Panambi

Felipe Ketzer

Docente orientador Doutor em Engenharia Química
Instituto Federal Farroupilha - Campus Panambi

RESUMO

O biodiesel é um combustível biodegradável obtido a partir de recursos renováveis sustentáveis, como óleos vegetais comestíveis e não comestíveis, resíduos ou óleos reciclados e gorduras animais. É uma alternativa energética potencial para a substituição do diesel derivado do petróleo, em virtude da diminuição da poluição do ar, das mudanças climáticas, dos derramamentos de óleo,

da geração de resíduos tóxicos e do efeito estufa. Entretanto, o processo de obtenção do biodiesel pela rota metanólica convencional, majoritariamente utilizado nas indústrias, apresenta determinadas adversidades advindas da geração de glicerol em excesso, que desencadeia problemas econômicos e ambientais. Nesse sentido, a substituição do metanol por acetato de metila ou carbonato de dimetila promove a conversão de triglicerídeos em biodiesel com a geração de triacetina e carbonato de glicerol como coprodutos, respectivamente, sem a geração de glicerol. Dessa maneira, esse trabalho apresenta um levantamento sobre as técnicas e condições de produção de biodiesel sem glicerol, trazendo um panorama geral sobre o processo.

Palavras-chave: Interesterificação, Triglicerídeos, Ácidos Graxos, Carbonato de glicerol, Triacetina.

1 INTRODUÇÃO

Desde o século passado, a principal fonte de energia mundial tem sido os combustíveis derivados do petróleo, uma fonte altamente poluente e não renovável. Os desafios relacionados à utilização dessas fontes fósseis têm alavancado a busca por novas fontes alternativas de energia. A classe científica vem desenvolvendo tecnologias que permitem substituir gradualmente o combustível fóssil por fontes energéticas renováveis, como os biocombustíveis, com a finalidade de tornar a matriz energética mundial menos nociva ao meio ambiente e de diminuir o uso de fontes não renováveis.

Nesse contexto, acrescido da crise do petróleo na década de 1970, que ocasionou uma crescente busca por novas fontes, o governo brasileiro criou o programa Proálcool (Programa Nacional do Álcool), com o objetivo de estimular a produção do biocombustível etanol, visando o atendimento das necessidades do mercado interno e externo. Entretanto, o etanol não atende aos veículos de carga, pois estes utilizam como fonte energética o óleo diesel derivado do petróleo. Tendo em consideração cobrir essa deficiência, criou-se em 2004 o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) com o objetivo de implementar de forma sustentável, tanto técnica, como econômica, a produção e uso do biocombustível biodiesel, com enfoque na inclusão social e no desenvolvimento regional, via geração de emprego e renda (ALESSIO, 2017).

A produção do biodiesel é frequentemente realizada pela transesterificação ou alcoólise, a reação entre triglicerídeo e álcool, na presença de um catalisador geralmente de natureza alcalina,

originando ésteres e glicerol. No entanto, o coproduto glicerol compreende cerca de 10% em massa do total de biodiesel produzido e, devido às resoluções vigentes que priorizaram o aumento de 13% no percentual mínimo de biodiesel ao diesel (CNPE, 2018), a oferta de glicerol tem se intensificado, em excesso, implicando na carência de procura no mercado e posteriormente na queda do preço internacional pago por este.

A fim de evitar presentes problemas econômicos e ambientais, torna-se fundamental a modificação do método de produção para outra rota que demonstre ausência na formação de glicerol. Em vista disso, a utilização de ésteres como o carbonato de dimetila e o acetato de metila em substituição ao álcool metanol ou etanol podem apresentar uma saída relevante para esse problema. A reação de um triglicerídeo entre um destes ésteres ocasiona a reação de interesterificação, também chamada de reação de troca éster-éster, obtendo-se como produto dois novos ésteres (AKOH *et al.*, 2007).

Diante desse contexto, o presente trabalho apresenta como objetivo principal enfatizar o processo de produção do biodiesel sem geração de glicerol como coproduto e demonstrar os principais catalisadores e matérias primas empregados neste processo alternativo ao convencional. O estudo também relata a importância do biodiesel, suas vantagens e desvantagens.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS

Os combustíveis fósseis são originados por meio da decomposição lenta dos seres vivos animais e vegetais durante milhares de anos pela ação das bactérias, pressão e calor. A combustão e a queima dos combustíveis fósseis produzem gases poluentes, como o dióxido de carbono (CO₂), o principal causador do aquecimento global, o monóxido de carbono (CO), considerado tóxico e venenoso, além de outros gases oriundos da presença de impurezas (FOGAÇA, 2021). Outro ponto negativo é o fato destes combustíveis não serem renováveis, ou seja, as reservas são limitadas, inclusive vários estudos calculam a escassez dessas fontes ainda nesse século (PERES *et al.*, 2005). Estão inseridos nesta fonte o carvão mineral, o gás natural, o petróleo e derivados, como o óleo diesel e a gasolina (BIZERRA *et al.*, 2018).

Considerando fatores apresentados como as reservas limitadas e danos ambientais causados pela sua extração e combustão, aliados ao aumento da demanda por fontes de energia, preconizou-se a busca por alternativas viáveis para a substituição destes. Uma delas é a substituição de combustíveis fósseis por biocombustíveis, como o biodiesel em substituição ao diesel fóssil.

2.2 BIOCOMBUSTÍVEIS

Os biocombustíveis são uma fonte de energia renovável, proveniente da biomassa, que compreendem qualquer material constituído de matéria orgânica, podendo ser obtidos de plantas energéticas, de resíduos agrícolas, florestais, pecuárias (excremento dos animais), e do lixo orgânico (SOFTRUCK, 2018).

São menos nocivos ao meio ambiente, pois são livres de compostos sulfonados e não são aromáticos, diversamente dos combustíveis derivados de petróleo, que possuem muitos compostos derivados de enxofre e aromáticos em sua composição (DEMIRBAS, 2008).

A produção de matéria orgânica para os biocombustíveis requer novas áreas de terra, a fim de evitar a competição com a agricultura de alimentos, porém este fator é inalcançável para a maioria dos países. O Brasil, com mais de 90 milhões de hectares de terras disponíveis a serem utilizadas no processo de produção de biocombustíveis, se destaca por não se enquadrar a estes países e possuir um imenso potencial, podendo se tornar o componente mais importante do agronegócio brasileiro (PERES *et al.*, 2005). As principais variedades de biocombustíveis existentes são o biogás, o biometanol, o óleo vegetal puro, o bioetanol e o biodiesel, sendo o último um dos mais utilizados e o foco deste trabalho.

2.3 BIODIESEL

No Brasil, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), através da lei nº 11.097 de 13 de janeiro de 2005, definiu o Biodiesel como sendo: “Biocombustível derivado da biomassa renovável para uso em motores a combustão interna ou, conforme regulamento para outro tipo de geração de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustível de origem fóssil” (ANP, 2005).

O biodiesel é um combustível biodegradável obtido através de recursos renováveis sustentáveis que são abundantes e disponíveis no Brasil, como óleos vegetais, gorduras animais, óleos usados e gorduras residuais. É um importante substituto natural do diesel fóssil. Quimicamente, é definido como um éster monoalquílico de ácidos graxos derivados de lipídeos de ocorrência natural podendo ser produzido juntamente com o glicerol, através da reação de triacilgliceróis (triglicerídeos) com etanol ou metanol, na presença de um catalisador ácido ou básico (RAMOS *et al.*, 2003).

2.3.1 A Importância do Biodiesel

O biodiesel é considerado importante, principalmente no Brasil, primordialmente por ser uma energia renovável e consideravelmente limpa, sendo proeminente no futuro energético e na possível solução para a escassez dos combustíveis fósseis. Na questão ambiental, o biodiesel é conceituado como parceiro da natureza, pois apresenta benefícios como a diminuição da poluição do ar, através da

redução significativa da emissão de monóxido de carbono, óxido de enxofre, hidrocarbonetos e outros gases poluentes, a diminuição das mudanças climáticas, dos derramamentos de óleo, da geração de resíduos tóxicos e do efeito estufa (GONÇALVES, 2007). Esses aspectos compreendem grande relevância na valorização do biodiesel, considerando o agravamento dos problemas ambientais constantemente. De maneira complementar, com a redução das impurezas do ar que respiramos, obtém-se a diminuição dos riscos de óbitos e internações provenientes disto.

O biodiesel brasileiro tem um papel social importante, pois favorece a agricultura familiar. Em 2015, o programa Selo Combustível Social, que fixa o percentual mínimo de matéria-prima da agricultura familiar a ser adquirido pelas usinas de biodiesel, atendeu a mais de 70 mil famílias e gerou R \$4 bilhões de renda a esses trabalhadores (LOVATELLI, 2017). Destaca-se também que segundo estudos realizados, para cada 1% de substituição de óleo diesel por biodiesel produzido com a participação da agricultura familiar, podem ser gerados cerca de 45 mil empregos no campo, e considera-se também que para cada um emprego criado no campo, são criados três na cidade (BIODIESELBR, 2014).

Com relação a economia nacional, o biodiesel vem retratando bons resultados, destacando-se a agregação de valor à agricultura, sobretudo à soja, que é a principal matéria prima utilizada na fabricação deste. Além disso, destacam-se a oferta de empregos no interior, o estímulo da produção de culturas pouco desenvolvidas, como a palma e a macaúba, além da contribuição na segurança energética do país e a redução da dependência da importação de diesel fóssil.

2.3.2 Biodiesel x Diesel

O biodiesel e o diesel fóssil possuem algumas diferenças, algumas delas relacionadas ao seu uso como combustível, ocasionando diversas vantagens e desvantagens entre si.

2.3.2.1 As principais vantagens do biodiesel em relação ao diesel

Em primeiro plano, a combustão do biodiesel, independentemente de sua origem, é mais pura que a combustão do diesel, ocasionando uma vantagem ambiental, considerada a circunstância mais valiosa na importância do biodiesel para o futuro da sociedade. Essa vantagem se deve pela isenção de SO₂ (dióxido de enxofre), que é o principal gás causador da chuva ácida, e de compostos aromáticos, responsáveis por variadas causas de cânceres. O diesel fóssil, por exemplo, pode possuir mais de 500 ppm de enxofre e de 20 a 40 % em massa de compostos aromáticos (DEMIRBAS, 2008; LOVATELLI, 2017). Dessa maneira, o uso do biodiesel, em um contexto geral, reduz a poluição atmosférica que seria ocasionada pela queima do diesel fóssil (CUNHA, 2010).

Além da combustão com maior grau de limpeza, o biodiesel possibilita uma combustão mais completa e eficiente, devido a sua composição química ser homogênea e de conter um teor médio de 11% de oxigênio, acarretando a diminuição de resíduos, com exceção do NO_x (DEMIRBAS, 2008). Outra vantagem está presente no número de cetano, propriedade relacionada ao poder de combustão e auto ignição, sendo essa mais elevada no biodiesel, ou seja, propicia uma melhor partida fria do motor e um aumento na vida útil deste (KNOTHE *et al*, 2006).

Considerando aspectos de transporte, manuseio ou armazenamento, o biodiesel assegura uma maior segurança, pois apresenta o ponto de fulgor maior do que o diesel. Em termos práticos, significa que o biodiesel se torna inflamável na presença de chama em uma temperatura maior que o diesel (PARENTE, 2003).

Outro ponto importante, encontra-se no aspecto socioeconômico de produção do biodiesel, levando em conta que o este é, na maioria das vezes, produzido a partir de oleaginosas, a produção desta no Brasil, por exemplo, oferece numerosos empregos tanto diretamente como indiretamente, para diversas famílias (FIGUEREDO, 2017).

Os subprodutos da produção do biodiesel podem ser usados como nutrientes para o solo agrícola. Além de que ele é constituído por carbono neutro, ou seja, o gás carbônico eliminado pela queima do biocombustível é reabsorvido pelas oleaginosas que combinado com a energia solar, alimenta o ciclo, neutralizando suas emissões (CUNHA, 2010).

2.3.2.2 Principais desvantagens do biodiesel em relação ao diesel

O biodiesel possui uma estabilidade oxidativa menor do que o diesel, isto ocorre porque há várias insaturações nas cadeias de ácidos graxos e, nessas insaturações, a probabilidade de acontecer reações de oxidação é maior. Esse tipo de reação é altamente indesejável para um combustível, resultando na perda de algumas propriedades e na dificuldade de armazenamento, manuseio e utilização. Porém o uso de antioxidantes no biodiesel, como o BHT e o TBHQ, é uma boa maneira de amenizar essa desvantagem em relação ao diesel (KUMAR, 2017).

No fator econômico, o custo de produção do biodiesel, infelizmente, é mais elevado em relação ao do diesel, podendo variar dependendo da matéria prima e da área utilizada. Porém, os governos e iniciativas podem investir no desenvolvimento de pesquisas a fim de diminuir este custo (DEMIRBAS, 2008).

No inverno, o biodiesel pode apresentar alguns problemas com a temperatura, consequentes do ponto de névoa – temperatura em que o líquido, por refrigeração, começa a ficar turvo – pois o biodiesel apresenta um ponto maior que o diesel. Isso significa que o biodiesel se cristaliza em uma temperatura menor que o diesel fóssil, resultando em problemas na fluidez – dificuldade do líquido de

escoar livremente – e no motor. O iminente risco de entupimento faz com que a ANP regule, na resolução nº45, o ponto de entupimento em regiões frias. Porém, como solução, pode ser realizado um pré-aquecimento do óleo, o uso de aditivos ou a mistura com óleo diesel para diminuir essa temperatura (KNOTHE *et al.*, 2006; BIODIESELBR, 2011).

O biodiesel precisa de uma maior quantidade de massa para gerar a mesma quantidade de energia, quando em combustão, do que o diesel, pois o biodiesel apresenta um calor específico menor. Entretanto, esta diferença é baixa, cerca de 5%, e o fato de a combustão do diesel deter maior eficiência iguala tal problema (KNOTHE *et al.*, 2006).

A combustão de biodiesel libera mais NO_x do que a do diesel, este problema está relacionado com o deslocamento no intervalo de injeção do combustível que existe ao utilizar o biodiesel em um motor diesel. Há muito a ser estudado sobre possíveis medidas que podem ajudar a diminuir essas emissões, tornando as economicamente viáveis, porém o aumento do número de cetano, através da adição de peróxido di-terc-butílico ou de nitrato de 2-etil-hexila, ou a mistura do biodiesel com componentes aromáticos, mostram-se como opções (KNOTHE *et al.*, 2006).

Outro ponto é a ausência relativa de pontos para o abastecimento, comparando com o diesel regular, que pode ser encontrado em qualquer lugar. Mas acredita-se, que com o desenvolvimento do biodiesel, esta desvantagem seja diminuída com o tempo (CUNHA, 2010).

2.4 MATÉRIAS PRIMAS PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

O biodiesel pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias primas, como óleos vegetais comestíveis, óleos vegetais não comestíveis, resíduos ou óleos reciclados e gorduras animais (LIM; TEONG, 2010), além de ser amplamente utilizado em diversos países, logo, o tipo de matéria prima empregado em cada local se distingue, pois depende de uma série de fatores que vão desde a disponibilidade dos recursos, o clima regional, a localização geográfica, a condição do solo, as práticas agrícolas, até a qualidade e a tecnologia de produção (ATABANI *et al.*, 2012).

O biodiesel pode se dividir em gerações a partir da matéria prima utilizada no processo de produção. A primeira geração refere-se ao biodiesel proveniente de matérias primas comestíveis, como óleo de soja, o óleo de palma, o óleo de girassol, o óleo de coco e o óleo de amendoim. A segunda geração usa como matéria prima as culturas não-comestíveis, como o óleo de pinhão manso, o óleo de rícino (mamona), o óleo de nim, entre outros. E a terceira geração são os provenientes das algas e resíduos de óleos e gorduras (SINGH *et al.*, 2020).

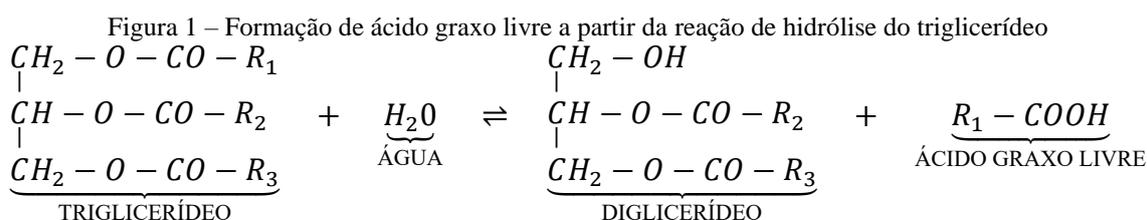
No Brasil, a principal matéria prima utilizada nas usinas de produção de biodiesel é a soja, um óleo vegetal comestível, que se refere a um percentual de participação de aproximadamente 70%, seguido pela gordura animal bovina com um percentual de aproximadamente 13%, segundo dados da

ANP (2018). Outras matérias primas também empregadas, em menor relevância, são a gordura de suína, o óleo de algodão, os materiais graxos (misturas de matérias primas tradicionais em tanque e reprocessamento de subprodutos gerados na produção de biodiesel), o óleo de fritura, a gordura de frango, o óleo de palma e o óleo de milho (ANP, 2018).

As culturas comestíveis são consideradas as principais fontes de aplicação no mundo, contudo, utilizar de fontes comestíveis torna dispendioso a produção de biodiesel, além de que se a tendência do aumento da demanda de biodiesel for mantida, o uso demasiado dessa fonte tem potencial para gerar problemas em relação ao suprimento de alimentos (YESILYURT e CESUR., 2020). Portanto, com o objetivo de reduzir esse custo na produção, potenciais substitutos são as culturas não comestíveis, que podem ser produzidas em grande escala a um preço relativamente mais barato (GEBREMARIAM; MARCHETTI, 2018). Sendo exemplos de matérias primas alternativas, o pinhão-manso, a mamona, o tabaco, o crambe e o nabo forrageiro (POSTAUE et al., 2019).

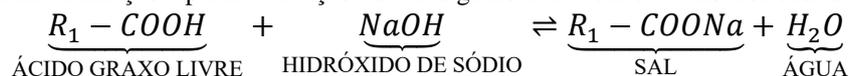
A produtividade das diferentes culturas disponíveis pode ser avaliada em termos de volume de óleo produzido por hectare cultivado, logo, percebe-se que determinadas culturas consolidadas no Brasil, como a soja, possuem produtividade média relativamente baixa, aproximadamente 500 litros por hectare, quando em comparação com outras matérias, pouco empregadas, como a palma, que apresenta cerca de 6000 litros de óleo por hectare e o pinhão-manso que produz aproximadamente 1900 litros por hectare (STOYTCHIEVA; MONTERO, 2011).

O custo elevado e a disponibilidade limitada de algumas matérias-primas são questões críticas para o avanço na produção de biodiesel, pois em alguns casos o custo pode chegar a ser de 1,5 a 2 vezes maior que o diesel de petróleo, inviabilizando sua produção. (YIN *et al.*, 2015; BOUAID *et al.*, 2016). Este custo elevado se deve principalmente ao processo de refino dos óleos, cujo o objetivo é a remoção de água e de ácidos graxos livres, pois a água leva a formação de ácidos graxos livres pela reação de hidrólise dos triglicerídeos (Figura 1) e os ácidos graxos, quando em presença de catalisadores básicos, levam à reação de saponificação (Figura 2), ocasionando a diminuição do rendimento da reação e o consumo do catalisador, além de tornar a separação das fases inviável.



Fonte: NIZA *et al.*, 2013

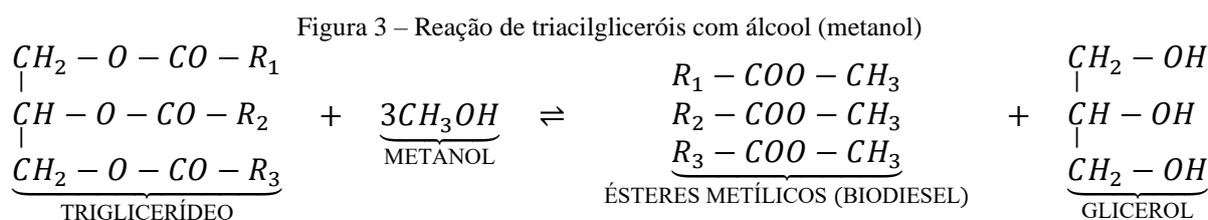
Figura 2 – Reação de neutralização a partir da reação do ácido graxo livre com o catalisador básico (Hidróxido de sódio)



FONTE: LEUNG *et al.*, 2010

2.5 PROCESSO DE OBTENÇÃO CONVENCIONAL DO BIODIESEL

O processo de produção convencional do biodiesel é a transesterificação ou alcoólise (Figura 3), que consiste na reação entre um éster, o triglicerídeo e um álcool, metanol ou etanol resultando na formação de outro éster metílico ou etílico, o biodiesel, e outro álcool, o glicerol (ENCARNAÇÃO, 2008). Nesse processo, a matéria prima deve estar adequada a parâmetros de umidade e acidez aceitáveis para o processo, a fim de evitar a formação de produtos saponificados que diminuem a eficiência da conversão. O álcool é adicionado em excesso na reação, para permitir a formação de uma fase separada de glicerol e deslocar o equilíbrio para um máximo rendimento de biodiesel, devido ao caráter reversível da reação.



Fonte: Adaptação de Pullen e Saeed (2015)

O catalisador da reação pode ser: de caráter básico, como NaOH, KOH, carbonatos ou alcóxidos; de caráter ácido, como HCl, H₂SO₄ e HSO₃-R; ou com enzimas, as lipases. Porém, a reação ocorre de maneira mais rápida, com maior rendimento e seletividade com o uso de um catalisador alcalino do que na presença da mesma quantidade com um catalisador ácido, além de apresentar menores problemas relacionados à corrosão dos equipamentos, sendo os catalisadores mais eficientes KOH e NaOH.

O produto da reação de transesterificação resulta em duas fases, o glicerol – fase mais pesada – e o biodiesel – fase mais leve. Ambas as fases estão contaminadas com excesso de álcool, água e catalisador. A separação do glicerol e do biodiesel ocorre por decantação e/ou por centrifugação. Os ésteres e o glicerol devem ser purificados. O biodiesel produzido é lavado e dele devem ser retirados contaminantes como o catalisador, o glicerol e o álcool que podem estar presentes no produto. O glicerol também apresenta água, o álcool e as impurezas inerentes à matéria prima, podendo ser purificado a fim de obter a porcentagem de pureza desejada.

2.5.1 Geração do coproduto Glicerol

O glicerol bruto é o coproduto da produção de biodiesel por transesterificação, através da reação entre triglicerídeos com álcoois como metanol, etanol, butanol entre outros. Estima-se a formação de aproximadamente 10% dessa em massa do total de biocombustível produzido. Em 2019, avalia-se que tenham sido geradas cerca de 0,6 milhão de toneladas, sendo dessas aproximadamente 283 mil toneladas exportadas, 2,8% inferior ao ano anterior e a receita obtida com a exportação desse glicerol bruto foi de 46,3 milhões de dólares, também apresentando declínio ao ano anterior, cerca de 52,7% a menos, devido à maior oferta do produto no mercado estar implicando na queda do preço internacional pago pelo glicerol (EPE, 2020).

Atualmente o glicerol é utilizada em diversas indústrias, como na farmacêutica, na cosmética, na indústria de cigarros, na indústria têxtil e na indústria alimentícia, além de também ser utilizada para consumo animal (ENCARNAÇÃO, 2008). No entanto, apesar da existência de comércio para o glicerol, o aumento significativo em sua disponibilidade gera problemas para o mercado financeiro, além de o processo de purificação do glicerol obtida como coproduto do biodiesel ser inviável em pequenas e médias indústrias produtoras deste, dessa maneira o excesso de glicerol deixa de ser apenas um problema econômico e passa a ser, também, um problema ambiental. (LEONETI *et al.*, 2012; UPRETY *et al.*, 2016).

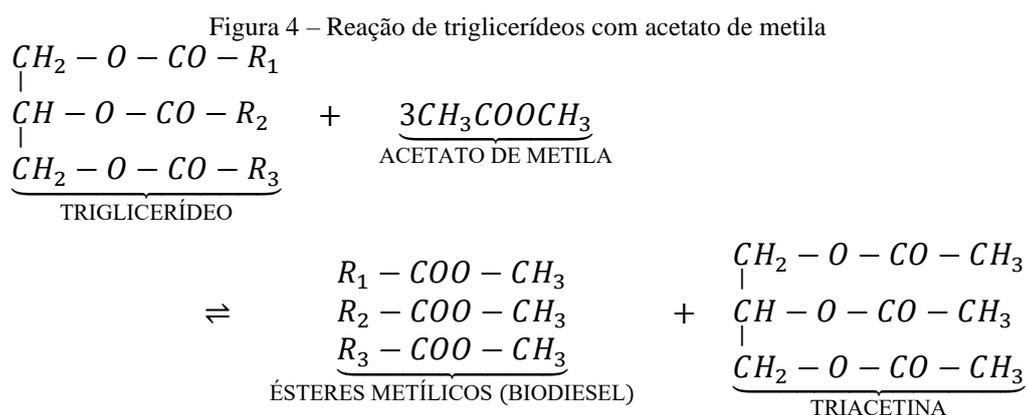
2.6 PRODUÇÃO DE BODIESEL SEM GLICEROL

Em decorrência do excesso de produção de glicerol originado pelo processo de transesterificação do biodiesel e as dificuldades em seu processo, presume-se que o comércio para este coproduto tende a saturação. Torna-se, portanto, indispensável encontrar uma rota de produção que demonstre ausência de formação de glicerol. Em vista disso, a utilização de ésteres como o carbonato de dimetila e o acetato de metila em substituição ao álcool metanol ou etanol podem apresentar uma saída relevante para esse problema. A reação de um triglicerídeo entre um destes ésteres ocasiona a reação de interesterificação, também chamada de reação de troca éster-éster, obtendo-se como produto dois novos ésteres. (AKOH *et al.*, 2007).

Em um estudo realizado por Goembira e Saka (2012), foram comparados 12 tipos de ésteres carboxílicos, como acetato de metila, acetato de etila, acetato de propila, acetato de isopropila, e entre outros. O óleo utilizado como matéria prima foi o de canola, e, dentre os ésteres testados, o acetato de metila foi o que proporcionou um maior rendimento ao produto – 97,7% considerando a mistura de ésteres e triacetina – mostrando a eficiência desse reagente.

2.6.1 Conversão de triglicerídeos com acetato de metila e etila

Na reação de interesterificação do biodiesel através do acetato de metila, uma molécula de triglicerídeo reage com três de acetato de metila, resultando na formação de três moléculas de biodiesel e uma de triacetina (triacetato de glicerol) (Figura 4). Como intermediários são formados monoglicerídeo de acetina e monoglicerídeo de diacetina, diglicerídeo de monoacetina, monoacetina e diacetina (RIBEIRO *et al.*, 2018; VISIOLI *et al.*, 2018). Dessa maneira, o éster formado como coproduto é a triacetina, não ocorrendo a formação do glicerol.



Fonte: Saka e Isayama (2009), Tan et al. (2019).

A triacetina possui grande aplicação como aditivo oxigenado. Sendo assim, o coproduto dessa reação pode permanecer incorporado à mistura, sem necessidade de separação. Outro aspecto positivo é que a análise da estequiometria da reação de formação através do acetato de metila demonstra ser possível encontrar rendimentos teóricos de 125%, em vez dos 100% das reações que utilizam o metanol como receptor acila, diretamente pela quantidade de triacetina formada e mantida na solução (SAKA e ISAYAMA, 2009; CAMPANELLI *et al.*, 2010; NIZA *et al.* 2011; DONÁ *et al.*, 2013; GOEMBIRA e SAKA, 2015).

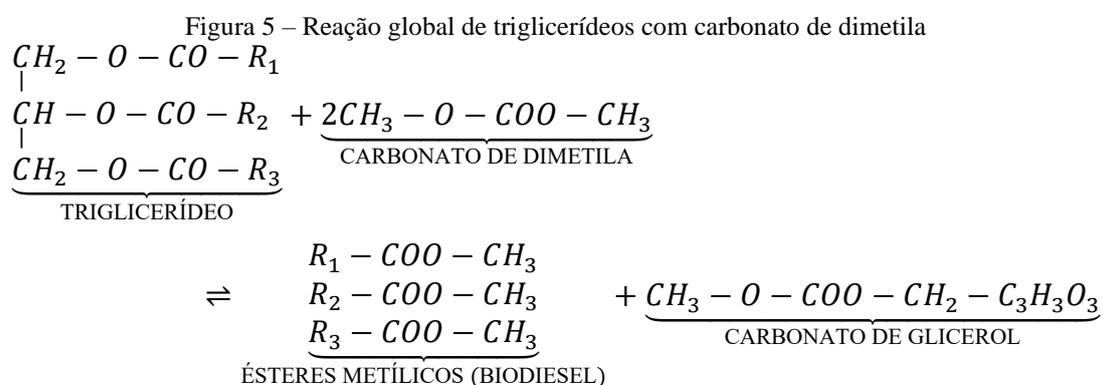
O acetato de etila também pode ser empregado na reação de interesterificação substituindo o acetato de metila. Segundo o estudo de Sootchiewcharna *et al.* (2015), a reação de produção de biodiesel a partir de óleo de palma refinado com acetato de etila em estado supercrítico em um microreator compreende três etapas, que acontecem simultaneamente: o triglicerídeo reage com o acetato de etila gerando os ésteres etílicos de ácidos graxos (FAEE) e o diglicerídeo monoacetil; FAEE e o monoglicerídeo diacetil são gerados a partir do diglicerídeo monoacetil e o acetato de etila; o FAEE e a triacetina são gerados a partir de monoglicerídeo diacetil e acetato de etila.

2.6.2 Conversão de triglicerídeos com carbonato de dimetila e dietila

Do mesmo modo, a utilização de carbonato de dimetila ou dietila também vem sendo aplicada com sucesso na reação de interesterificação do biodiesel, obtendo-se como coproduto o carbonato ou o dicarbonato de glicerol, que agrega maior valor em comparação com o glicerol convencional e proporciona um aumento no rendimento da reação tornando o processo mais rentável e competitivo. Além de garantir melhores propriedades de lubrificação em relação ao biodiesel convencional, devido a miscibilidade da fase carbonato de dimetila/biodiesel com o carbonato de glicerol, este também pode ser facilmente separado da mistura por filtração ou centrifugação e depois, empregado em indústrias farmacêuticas, cosméticas e plásticas (FABBRI *et al.*, 2007; CELANTE, 2017).

O carbonato de dimetila é considerado menos tóxico que o metanol, podendo ser fabricado através de métodos industriais não-nocivos ao meio ambiente através de dióxido de carbono (CO₂) e fontes renováveis (FABBRI *et al.*, 2007). Apesar de ser um composto relativamente mais caro que o metanol, a sua eficiência é aumentada por não resultar na formação de glicerol como coproduto.

O uso de carbonato de dimetila na reação de interesterificação com um triglicerídeo requer 2 mols de carbonato de dimetila para cada 1 mol de triglicerídeo, a fim de produzir 3 mols de biodiesel e 1 mol de dicarbonato de glicerol (Figura 5). Esse processo apresenta duas etapas: na primeira, os triglicerídeos reagem com o carbonato de dimetila formando 2 mols de biodiesel junto com um intermediário, o carbonato de glicerol de ácido graxo; e na segunda etapa, o intermediário continua reagindo com o carbonato de dimetila sendo convertido em mais 1 mol de biodiesel e formando o carbonato de glicerol na presença de excesso de carbonato de dimetila (RATHORE *et al.*, 2014). Simplificadamente esse processo resulta em uma mistura de ésteres metílicos de ácidos graxos e ésteres cíclicos de carbonato de glicerol, como o carbonato de glicerol de ácidos graxos e/ou o carbonato de glicerol (FABBRI *et al.*, 2007).

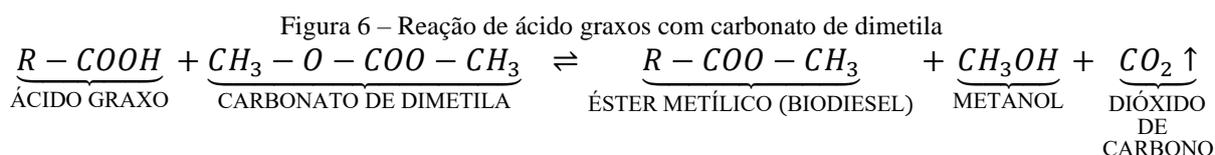


Fonte: Adaptado de Fabbri *et al.*, 2007 e Rathore *et al.*, 2014

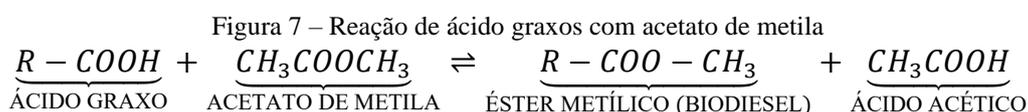
2.6.3 Conversão de ácidos graxos com ésteres

A reação de esterificação ocorre quando o ácido graxo presente na matéria prima reage com ésteres para a formação de biodiesel. Ácidos graxos livres são formados a partir da decomposição dos triglicerídeos constituintes dos óleos vegetais e estão presentes em maior ou menor quantidade em matérias primas não refinadas. O fato de ésteres como carbonato de dimetila ou acetato de metila reagirem tanto com triglicerídeos quanto como ácidos graxos torna interessante a utilização na produção de biodiesel a partir de matérias-primas ácidas ou refinadas, aumentando a aplicação.

Quando um ácido graxo reage com o carbonato de dimetila, por exemplo, há a formação de éster metílico (biodiesel), metanol e dióxido de carbono como produtos (Figura 6) (ALESSIO, 2007). Por outro lado, quando a reação ocorre entre o ácido graxo e o acetato de metila, há a formação de éster metílico e ácido acético (Figura 7) (SAKA e ISAYAMA, 2009; TAN *et al.* 2011, CAMPANELLI *et al.*, 2010). Este ácido acético produzido na reação anterior reage com os triglicerídeos, ocorre a formação de novos ácidos graxos livres e de triacetina (SAKA *et al.*, 2010), e assim os novos ácidos graxos resultantes podem reagir com o acetato de metila e formar metil ésteres e ácido acético novamente. O ácido acético na reação de esterificação do triglicerídeo com acetato de metila demonstra ação positiva sobre a triacetina, pois aumenta moderadamente o rendimento global da reação, e também auxilia na reação atuando como um catalisador ácido e como um cosolvente, melhorando a solubilidade entre os reagentes e facilitando a reação (GO *et al.*, 2014). Além disso, em pequenas quantidades promove a síntese e a degradação térmica de metil ésteres, sendo sua dinâmica na reação bastante complexa (CAMPANELLI *et al.*, 2010).



Fonte: Adaptado de Alessio, 2017



FONTE: Saka e Isayama, 2009; Tan *et al.* 2011, Campanelli *et al.*, 2010

Em decorrência da possibilidade de conversão tanto de triglicerídeos quanto de ácidos graxos em biodiesel de maneira satisfatória, torna-se possível a utilização de fontes de triglicerídeos com altos teores de ácidos graxos livres para a reação, não necessitando de refinação, que ocasiona uma diminuição do custo total de produção e uma elevação na competitividade do produto frente ao diesel.

2.7 CATALISADORES PARA A PRODUÇÃO DE BIODIESEL

A técnica de produção de biodiesel através da conversão de triglicerídeos e ácidos graxos pode acontecer a partir de uma série de rotas, reagentes e catalisadores diferentes. Os catalisadores são utilizados para acelerar a reação, sem, no entanto, serem consumidos. Estes apenas alteram a velocidade promovendo um mecanismo reacional diferente para a reação sem afetar o equilíbrio químico (VIEIRA, 2011). A reação de interesterificação pode ser desempenhada por catalisadores homogêneos, heterogêneos ou enzimáticos.

A catálise homogênea, emprega compostos líquidos de natureza ácida ou alcalina, como álcalis de sódio ou potássio ou ainda ácidos graxos fortes, sendo amplamente utilizada em decorrência do seu baixo custo e rendimentos elevados em curtos períodos de tempo, porém, essa requer etapas de neutralização e purificação após a reação, que acaba gerando uma grande quantidade de efluentes e impossibilitando a recuperação do catalisador (BASKAR e AISWARYA, 2016).

A catálise heterogênea utiliza compostos sólidos de natureza ácida, alcalina ou anfótero (ácida e básica), como hidrotalcitas, zeólitas entre outros (SIMÕES, 2016; RIBEIRO, 2017). Apesar de apresentar menores velocidades em relação à anterior e de requerer altas pressões, temperaturas e razões de solvente para óleo, possui a vantagem de ser facilmente removida do meio reacional através de operações unitárias simples, como a filtração ou o peneiramento, evitando a geração de efluentes e contribuindo para sua redução e reutilização em reações posteriores (OLIVEIRA, 2014; RIBEIRO, 2017).

Um fator determinante na escolha do catalisador está entrelaçado à escolha da matéria prima, pois para matérias primas de menor custo que são ricas em ácidos graxos livres, torna-se inviável o uso de catalisadores básicos, devido à grande formação de sabão que resulta em várias etapas de separação e purificação, elevando o valor final do produto. Nesse sentido, catalisadores ácidos possibilitam a reação e aumentam o rendimento do produto final. No entanto, apresentam tempo de reação maior e aumentam a formação de quantidades consideráveis de água, que pode conduzir à formação de novos ácidos graxos livres pela reação de hidrólise com o éster produzido (LOTTERO *et al.*, 2005; KUSDIANA e SAKA, 2004). Os catalisadores válidos para matérias primas de caráter ácido se diversificam entre sólidos ácidos – como o caulim, os óxidos de dos mais variados materiais, e resinas de troca iônica – e catalisadores sólidos mistos – como hidrotalcitas, zeólitas, óxidos mistos.

Por fim, a catálise enzimática proporciona um aumento na velocidade da reação de 10^8 a 10^{12} vezes, permite o controle sobre a distribuição posicional dos ácidos graxos no produto final, devido à seletividade e regioespecificidade das lipases – enzimas utilizadas (GIOIELLI, 1998), e necessita de condições amenas de temperatura e pressão (SOUSA *et al.*, 2015). Entretanto, proporciona um custo de produção mais elevado, assim como a dificuldade na fabricação em maior escala, devido à

necessidade de um controle cuidadoso dos parâmetros reacionais e a lentidão da reação (NASCIMENTO *et al.*, 2019). As lipases mais utilizadas são oriundas de fungos e bactérias, pois são fáceis de produzir em quantidades de massa em razão da sua natureza extracelular (GUPTA *et al.*, 2004).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esta pesquisa foi possível concluir que o biodiesel apresenta potencial para o futuro da matriz energética mundial e que pode ser uma possível solução para a escassez dos combustíveis fósseis. No entanto, visto que o processo de produção convencional do biodiesel desencadeia tanto problemas econômicos como ambientais, uma grande alternativa para solucionar estes, é a substituição através do processo de interesterificação.

A reação de interesterificação do biodiesel surge como uma técnica promissora, na qual um éster triglicérido de óleo vegetal reage com outro éster, um acetato ou um carbonato, obtendo-se dois novos ésteres, eliminando a formação do coproduto antes em excesso, o glicerol. Por ser uma técnica relativamente nova, ainda está em expansão no mercado, sendo alvo de pesquisas e testes em laboratórios.

Constata-se que o biodiesel pode ser produzido a partir de uma grande variedade de matérias primas, como óleos vegetais comestíveis, óleos vegetais não comestíveis, resíduos ou óleos reciclados e gorduras animais, e a reação pode ser catalisada tanto por catalisadores homogêneos ou heterogêneos como por enzimáticos, a fim de se obter as melhores conversões.

Ademais, os receptores acila mostram-se ésteres proeminentes na reação de interesterificação, pois, convertem tanto triglicéridos como ácidos graxos em biodiesel, de maneira satisfatória, tornando possível a utilização de fontes de triglicéridos com altos teores de ácidos graxos livres, não necessitando de refinação, que ocasiona uma diminuição no custo total de produção e uma elevação na competitividade do produto frente ao diesel.

Conclui-se então que o emprego do biodiesel sem geração de glicerol, além de agregar diversas vantagens sobre o tradicional, principalmente pelo coproduto gerado permanecer incorporado à mistura, sem necessidade de separação, aumentando também o rendimento, equivale a um processo mais limpo, renovável, rentável e competitivo, sendo uma alternativa propícia para o atual mercado energético.

REFERÊNCIAS

Agricultura familiar, emprego e o lado social do biodiesel. Biodieselbr, 2014. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/social/aspectos-sociais>>. Acesso em: 05/11/2021.

Aka, s., *et al.* New process for catalyst-free biodiesel production using subcritical acetic acid and supercritical methanol. Fuel, v. 89, p. 1442-1446, 2010. Doi: 10.1016/j.fuel.2009.10.018.

Akoh, c. C. *Et al.* Enzymatic approach to biodiesel production. Journal of agricultural and food chemistry. 10.1021/jf071724y, 2007.

Alessio, c. Estudo científico da produção de ésteres metílicos com dimetil carbonato catalisada por fosfato de nióbio. Orientadora: prof.^a. Dr.^a fernanda de castilhos. 2017. Dissertação (mestrado em engenharia química) - programa de pós-graduação em engenharia química, universidade federal de santa maria, rs, 2017.

Anp - agência nacional de petróleo, gás natural e biocombustíveis. Lei nº 11.097, 2005. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel>> acesso em: 05/11/2021.

Anp - agência nacional de petróleo, gás natural e biocombustíveis. Perfil nacional de matérias-primas consumidas para produção de biodiesel, nº 734/2018, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/producao-e-fornecimento-de-biocombustiveis/biodiesel/if/im-2018/processamento-materias-primas-2018.xlsx/view>>. Acesso em: 05/11/2021.

Atabani, a. E. *Et al.* A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. Renewable and sustainable energy reviews. V. 16, n. 4, p. 2070– 2093, 2012.

Baskar, g., aishwarya, r. Trends in catalytic production of biodiesel from various feedstocks. Renewable and sustainable energy reviews, v. 57, p. 496-504, 2016.

Biocombustíveis: o que é, vantagens e desvantagens. Softruck blog, 2018. Disponível em: <<https://blog.softruck.com/2018/06/04/biocombustiveis-o-que-e-vantagens-e-desvantagens/>>. Acesso em: 05/11/2021.

Bizerra, a. M. C., queiroz, j. L. A., coutinho, d. A. M. O impacto ambiental dos combustíveis fósseis e dos biocombustíveis: as concepções de estudantes do ensino médio sobre o tema. Educação ambiental. V. 13, n. 3, p. 299-315, 2018.

Bouaid, a., *et al.* Effect of free fatty acids contents on biodiesel quality. Pilot plant studies. Fuel, v. 174, p. 54-62, 2016. Doi: 10.1016/j.fuel.2016.01.018.

Campanelli, p.; banchemo, m.; manna, l. Synthesis of biodiesel from edible, non-edible and waste cooking oils via supercritical methyl acetate transesterification. Fuel, v. 89, p. 3675-3682, 2010. Doi: 10.1016/j.fuel.2010.07.033.

Celante, d. Transesterificação de óleo de soja com carbonato de dimetila catalisada por metóxido de potássio. Orientadora: prof.^a. Dr.^a fernanda de castilhos. 2017. Dissertação (mestrado em engenharia química) - curso de pós graduação em engenharia química, universidade federal de santa maria, rs, 2017.

Cnpe - conselho nacional de política energética. Resolução nº 16, de 29 de outubro de 2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. Disponível em: <<http://antigo.mme.gov.br/web/guest/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes/resolucoes-2018>>. Acesso em: 18/11/21.

Cunha, I. Biodiesel vantagens e desvantagens. Alfacoop. P. 1-2, 2010.

Demirbas, A. Biodiesel a realistic fuel alternative for diesel engines. Springer-verlag london limited, london. N.1 p. 1-208, 2008.

Doná, G., *et al.* Biodiesel production using supercritical methyl acetate in a tubular packed bed reactor. Fuel processing technology, v. 106, p. 605-610, 2013. Doi: 10.1016/j.fuproc.2012.09.047.

Encarnação, A. P. G. Geração de biodiesel pelos processos de transesterificação e hidroesterificação, uma avaliação econômica. Orientador: donato a.g. aranda, ph.d. 2008. Dissertação (mestrado em ciências) - programa de pós-graduação em tecnologia de processos químicos e bioquímicos, da escola de química da universidade federal do rio de janeiro, ufrj, 2008.

Epe. Análise da conjuntura dos biocombustíveis. Ano 2019. Rio de janeiro: epe - empresa de pesquisa energética, ministério de minas e energia, jul. 2020.

Fabbri, D., *et al.* Properties of a potential biofuel obtained from soybean oil by transesterification with dimethylcarbonate. Fuel, v. 86, p. 690-697, 2007. Doi: 10.1016/j.fuel.2006.09.003.

Figueredo, I. M. Biodiesel de soja e girassol: avaliação da estabilidade oxidativa por rancimat e dsc. Orientadora: rios, maria alexsandra de souza. 2017. Trabalho de conclusão de curso (graduação em engenharia de petróleo) - curso de engenharia de petróleo, universidade federal do ceará, fortaleza, 2017.

Fogaça, Jennifer Rocha Vargas. "combustíveis fósseis"; brasil escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/combustiveis-fosseis.htm>. Acesso em 22 de setembro de 2021.

Gebremariam, S.N., Marchetti, J.M. Economics of biodiesel production: review. Energy conversion and management. V. 168, p. 74-84, 2018.

Gioielli, Luiz Antonio. Interesterificação de óleos e gorduras. Rev. Eng. Alim, v. 4, n. 21, 1998.

Go, A.W., *et al.* Transesterification of soybean oil with methanol and acetic acid at lower reaction severity under subcritical conditions. Energy conversion and management, v. 88, p. 1159-1166, 2014. Doi: 10.1016/j.enconman.2014.03.014.

Goembira, F.; Saka, S. Advanced supercritical methyl acetate method for biodiesel production from pongamia pinnata oil. Renewable energy, v. 83, p. 1245-1249, 2015. Doi: 10.1016/j.renene.2015.06.022.

Goembira, F.; Saka, S. Optimization of biodiesel production by supercritical methyl acetate. Bioresource technology. 131c. 47-52. 10.1016/j.biortech.2012.12.130, 2012.

Gonçalves, M. A. B., Nogueira, R. G. O efeito estufa pode ser reduzido com a produção e a utilização do biodiesel?. Processos químicos. V. 5, p. 51-59, 2007.

- Gupta, r., gupta, n., rathi, p. Bacterial lipase: an overview of production, purification and biochemical properties. *Appl microbiol biotechnol.* V. 64, p. 763-781, 2004.
- Knothe, g. Et al. *Manual de biodiesel.* Blucher. V. 1, p. 1-352, 2006.
- Kumar, n. Oxidative stability of biodiesel: causes, effects and prevention. *Fuel.* V. 190, p. 328-350, 2017.
- Kusdiana, d.; saka, s. Effects of water on biodiesel fuel production by supercritical methanol treatment. *Bioresource technology,* v. 91, p. 289-295, 2004. Doi: 10.1016/s0960-8524(03)00201-3.
- Leoneti, a.b.; aragão-leoneti, v.; de oliveira, s.v.w.b. glycerol as a by-product of biodiesel production in brazil: alternatives for the use of unrefined glycerol. *Renewable energy,* v. 45, p. 138-145, 2012. Doi: 10.1016/j.renene.2012.02.032.
- Leung, d.y.c.; wu, w.; leung, m.k.h. a review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Applied energy,* vol. 87, p. 1083-1095, 2010;
- Lim, s.; teong, l. K. Recent trends, opportunities and challenges of biodiesel in malaysia: an overview. *Renewable and sustainable energy reviews.* V.14, n. 3, p. 938-954, 2010.
- Lotero, e., *et al.* Synthesis of biodiesel via acid catalysis. *Industrial & engineering chemistry research,* v. 44, p. 5353-5363, 2005. Doi: 10.1021/ie049157g.
- Lovatelli, carlo. Porque o biodiesel é importante para o clima e para a economia. Coalizão brasil clima, florestas e agricultura, 2017. Disponível em: <<https://www.coalizaobr.com.br/home/index.php/component/content/article/101-artigos/379-porque-o-biodiesel-e-importante-para-o-clima-e-para-a-economia-carlo-lovatelli-13-1-2017?itemid=1675>>. Acesso em: 05/11/2021.
- Nascimento, j. L. P., et al. Produção de biodiesel via interesterificação: revisão bibliográfica de um método promissor no mercado de biocombustíveis. Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências, 2019.
- Niza, n.m., *et al.* Comparison and optimisation of biodiesel production from jatropha curcas oil using supercritical methyl acetate and methanol. *Chemical papers,* v. 65, p. 721-729, 2011. Doi: 10.2478/s11696-011-0063-9.
- Oliveira, s. A. Avaliação cinética e potencial do nb205 obtido a partir de um complexo de nióbio para formação de oleato de metila através da reação de esterificação do ácido oleico. Orientador: prof. Dr. Carlson pereira de souza. Dissertação (mestrado em engenharia química) - programa de pós graduação em engenharia química, universidade federal do rio grande do norte - ufrn, 2014.
- Parente, e. J. S. Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado. *Tecbio, fortaleza.* P. 1-66, 2003.
- Peres, j. R. R., junior, e. F., gazzoni, d. L. Biocombustíveis: uma oportunidade para o agronegócio brasileiro. *Política agrícola.* N. 1, p. 31-41, 2005.
- Postaue, n., *et al.* Continuous catalyst-free interesterification of crambe oil using methyl acetate under pressurized conditions. *Energy conversion and management.* V. 187, p. 398-406, 2019.

Postaue, n., trentini, c. P., silva, c. Produção de biodiesel com metil acetato pressurizado sem geração de glicerol. *Revista uningá review*. V. 34, n. 3, p 14-28, 2019.

Propriedades físicas e químicas do biodiesel. Biodieselbr, 2011. Disponível em: <<https://www.biodieselbr.com/biodiesel/especificacoes/biodiesel-propriedades-fisicas-quimicas>>. Acesso em: 05/11/2021.

Pullen, j.; saeed, k. Investigation of the factors affecting the progress of base-catalyzed transesterification of rapeseed oil to biodiesel fame. *Fuel processing technology*, v. 130, p. 127-135, 2015. Doi: 10.1016/j.fuproc.2014.09.013

Ramos, l. P., *et al.* Biodiesel: um projeto de sustentabilidade econômica e socio-ambiental para o brasil. *Biotecnologia ciência & desenvolvimento*. N.31, p. 28-37, 2003.

Rathore, v., *et al.* Glycerin-free synthesis of jatropha and pongamia biodiesel in supercritical dimethyl and diethyl carbonate. *Industrial & engineering chemistry research*, v. 55, p. 10525-10533, 2014. Doi: 10.1021/ie5011614.

Ribeiro, j. S. Avaliação da interesterificação catalítica de óleo de macaúba com acetato de metila. Orientadora: prof.^a. Dr^a fernanda de castilhos. 2017. Dissertação (mestrado em engenharia química) - programa de pós-graduação em engenharia química, universidade federal de santa maria, 2017.

Ribeiro, j.s., *et al.* Synthesis of methyl esters and triacetin from macaw oil (*acrocomia aculeata*) and methyl acetate over γ -alumina. *Industrial crops & products*, v. 124, p. 84–90, 2018. Doi: 10.1016/j.indcrop.2018.07.062.

Saka, s.; isayama, y.; a new process for catalyst-free production of biodiesel using supercritical methyl acetate. *Fuel*, v. 88, p. 1307-1313, 2009. Doi: 10.1016/j.fuel.2008.12.028.

Simões, s. S. Produção catalítica de biodiesel de soja sem glicerol. Orientadora: prof.^a. Dr^a fernanda de castilhos. 2016. Dissertação (mestrado em engenharia química) - programa de pós-graduação em engenharia química, universidade federal de santa maria, 2016.

Singh, d., *et al.* A review on feedstocks, production processes, and yield for different generations of biodiesel. *Fuel*. V. 262, n. 116553, 2020. Doi: 10.1016/j.fuel.2019.116553.

Sootchiewcharn, n., attanatho, l., reubroycharoen, p. Biodiesel production from refined palm oil using supercritical ethyl acetate in a microreactor. *Energy procedia*. 10.1016/j.egypro.2015.11.560, p. 697 – 703, 2015.

Sousa, g. S. *Et al.* Catálise enzimática: uma estratégia promissora na produção de biodiesel. *Universidade unigranrio*. V. 1, p. 159-169, 2015.

Stoytcheva, m.; montero, g. Biodiesel: feedstocks and processing technologies. Editora intech, rijeka – croácia, 2011. 469 p. Isbn 978-953-307-713-0.

Tan, k.t.; lee, k.t.; mohamed, a.r. prospects of non-catalytic supercritical methyl acetate process in biodiesel production. *Fuel processing technology*, v. 92, p. 1905-1909, 2011. Doi: 10.1016/j.fuproc.2011.05.009.

Tan, s.x., *et al.* State of the art review on development of ultrasound-assisted catalytic transesterification process for biodiesel production. *Fuel*, v. 235, p. 886–907, 2019. Doi: 10.1016/j.fuel.2018.08.021.

Uprety, b.k., *et al.* Biodiesel production using heterogeneous catalysts including wood ash and the importance of enhancing byproduct glycerol purity. *Energy conversion and management*, v. 115, p. 191-199, 2016. Doi: 10.1016/j.enconman.2016.02.032.

Useda, a. A., wypych, f., cordeiro, c. S. Estudos preliminares da interesterificação do óleo de soja com acetato de metila catalisada por materiais lamelares. *Revista matéria*, v. 25, nº 03, e-12820, 2020.

Vieira, s. S. Produção de biodiesel via esterificação de ácidos graxos livres utilizando catalisadores heterogêneos ácidos. Orientadora: dr.^a zuy maria magriotis. 2011. Dissertação (mestrado em agroquímica) - programa de pós graduação em agroquímica, universidade federal de lavras, brasil, 2011.

Visioli, l.j., *et al.* Esters production in continuous reactor from macauba pulp oil using methyl acetate in pressurized conditions. *The journal of supercritical fluids*, v. 140, p. 238–247, 2018. Doi: 10.1016/j.supflu.2018.06.018.

Yesilyurt, m.k.; cesur, c. Biodiesel synthesis from *styrax officinalis* l. Seed oil as a novel and potential non-edible feedstock: a parametric optimization study through the taguchi technique. *Fuel*, v. 265. N. 117025, 2020. Doi: 10.1016/j.fuel.2020.117025.

Yin, x., *et al.* Biodiesel production from soybean oil deodorizer distillate enhanced by counter-current pulsed ultrasound. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 23, p. 53-58, 2015. Doi: 10.1016/j.ultsonch.2014.08.020.

Características físico-químicas dos solos da região do alto curso das bacias hidrográficas do Rio Pardo e Paraguaçu e suas relações com as fitofisionomias – Bahia, Brasil

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-034>

Marcelo Araújo da Nóbrega

Geógrafo e doutor em Botânica (Fitogeografia) pela Universidade de São Paulo (USP).

Professor titular do Departamento de Geografia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Endereço: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Vitória da Conquista/BA Estrada do Bem Querer, Km 04 - Vitória da Conquista - Bahia, Brasil. Setor: Departamento de Geografia. E-mail: maraujonobrega@gmail.com

Ariel Moura Vilas Boas

Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Brasil.

Professor do colégio Camilo de Jesus Lima.

Mestrando em geografia na universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB)

Endereço: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Campus Vitória da Conquista/BA. Estrada do Bem Querer, Km 04 - Vitória da Conquista - Bahia, Brasil. Setor: Departamento de Geografia.

E-mail: arielvilasgeografia@gmail.com

RESUMO

Este estudo tem por objetivo caracterizar os aspectos físico-químicos dos solos da região que corresponde ao alto curso das bacias hidrográficas dos rios de Contas e rio Paraguaçu - centro da Bahia, relacionando com as fitofisionomias desta área (campo rupestre, campo limpo, campo sujo, campo cerrado, caatinga, mata seca caatinga/cerrado, carrasco, capão e floresta estacional semidecidual). Para atingir o objetivo da pesquisa, amostras de solo foram coletadas em cada formação vegetal e analisadas no laboratório de solos da ESALQ - USP, a fim de identificar a fertilidade do solo através da determinação de pH, matéria orgânica, fósforo assimilável, potássio, cálcio, magnésio, acidez potencial, soma de bases, capacidade de troca catiônica e saturação de bases. Da mesma forma, foi verificada a composição das partículas do solo, ou seja, a textura, etapa realizada no laboratório de ecossistemas terrestres do Departamento de Ecologia da USP e no laboratório de solos da ESALQ. Outro fator importante também estudado para explicar as variações da cobertura

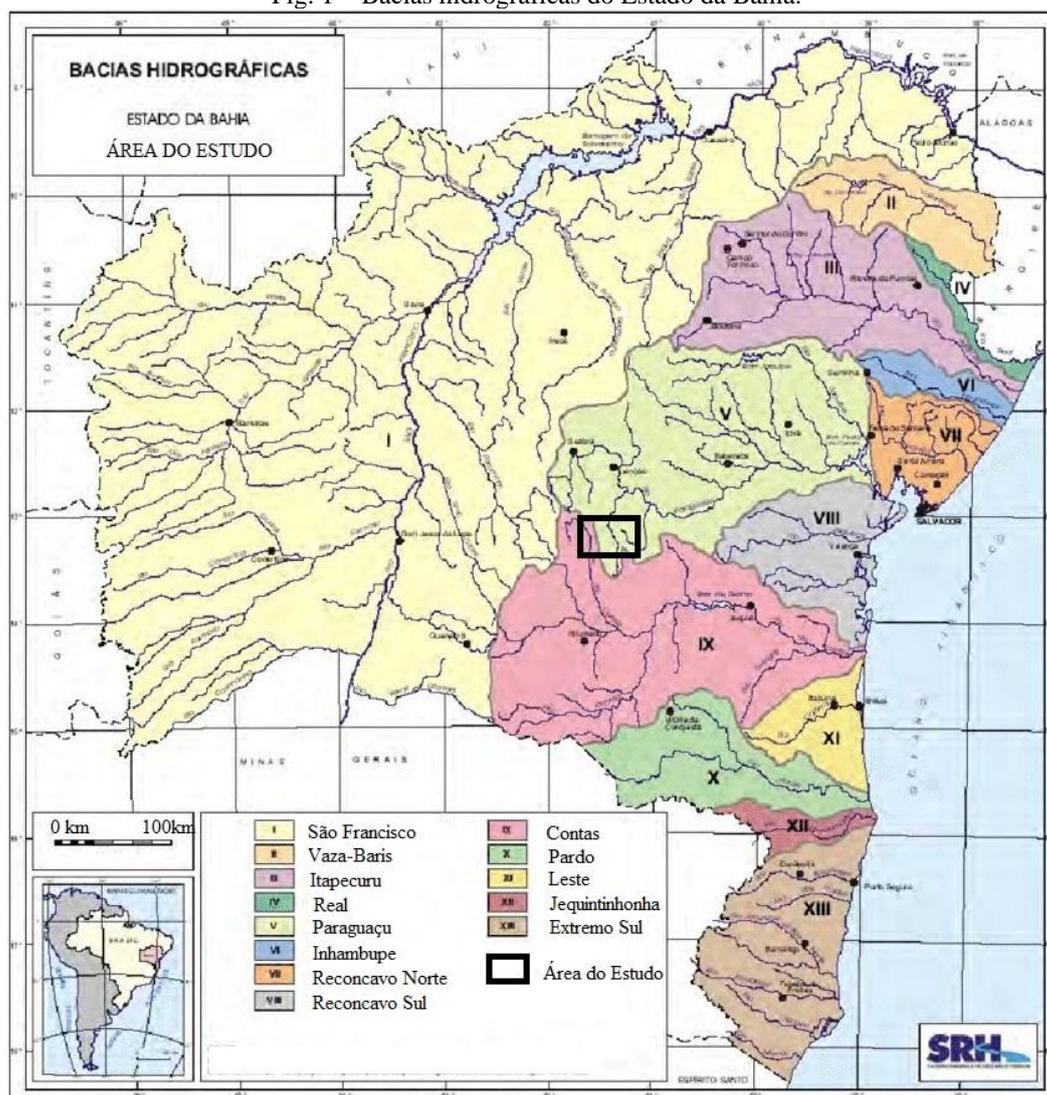
vegetal na região, é a variação da umidade do solo nos diferentes ambientes fisiográficos existentes ao longo de um perfil topográfico. A escolha dos pontos foi baseada nos tipos desses ambientes encontrados de leste a oeste na área de estudo: na encosta leste da serra do Sincorá, dentro da serra do Sincorá, na encosta leste do Pediplano Central da Chapada Diamantina, no topo deste pediplano em três pontos com fitofisionomias distintas e, na vertente oeste deste pediplano, também em três pontos com fitofisionomias distintas. Elas foram feitas em dois períodos, no mês de novembro, chuvoso e, no mês de julho, seco na maioria dos ecossistemas. Outro estudo realizado foi a comparação entre os dados médios de umidade do solo da Floresta Estacional Semidecidual com os dados médios anuais de precipitação pluviométrica de Ibicoara; os dados de umidade dos solos da floresta mesófila do capão com os dados pluviométricos de Cascavel e; dados de umidade do solo da Caatinga com dados de Jussiape. Isso foi feito porque esses locais correspondem aos tipos fitofisionômicos definidos. Os solos encontrados nesta parte da Bahia podem ser classificados em 5 classes, predominantemente latossolos (oxisols). Todas essas classes apresentam uma grande diversidade de propriedades físicas e químicas, como pode ser observado nas fotografias e nas análises de granulometria e fertilidade feitas para elas. Os solos mais profundos estão localizados no Pediplano Central da Chapada Diamantina, onde se encontram o campo sujo, campo limpo, carrasco e floresta estacional semidecidual (capão), e os solos mais rasos encontrados foram campo rupestre, caatinga e campo cerrado, este último localizado em uma ladeira. Quanto às variações da água do solo na região ao longo de um corte longitudinal ou perfil topográfico, os dados indicam que houve grandes variações espaciais na umidade e também ao longo dos meses considerados em alguns ecossistemas. O mês de novembro é um dos mais chuvosos em geral em toda a região e o mês de julho é um dos mais secos na maioria dos ambientes.

Palavras-chave: Características químicas e físicas dos solos, Fitofisionomias, Alto curso das bacias dos Rios de Contas e Paraguaçu.

1 INTRODUÇÃO

O alto curso das bacias hidrográficas do Rio de Contas e Paraguaçu corresponde à região norte do Espinhaço. É formada por vários alinhamentos serranos denominados Diamantina-Espinhaço, prolongamentos da Cadeia do Espinhaço, no Estado da Bahia (Fig. 01). É uma extensa área de aproximadamente 60.000 km² e cobre principalmente a porção central do Estado da Bahia e trechos ao norte, ao sul e a oeste deste Estado, entre as coordenadas em torno de 10° a 15°S e 40° a 44°W. Considera-se normalmente como o norte da Cadeia do Espinhaço os planaltos e serras do Espinhaço propriamente ditos e da Chapada Diamantina cobertas com rochas metassedimentares inseridas em estruturas dobradas e falhadas, datadas do Proterozóico Médio e Superior (Nunes et al. 1981.; Mauro et al. 1982.; Nou et al., 1983). Quatro microrregiões geográficas integram esta região: Chapada Diamantina Setentrional, Chapada Diamantina Meridional, Baixo-Médio São Francisco e Serra Geral da Bahia.

Fig. 1 – Bacias hidrográficas do Estado da Bahia.



Fonte: SEMA - Secretaria do Meio Ambiente da Bahia. (2023)

Tecnologia avançadas e suas abordagens

Características físico-químicas dos solos da região do alto curso das bacias hidrográficas do Rio Pardo e Paraguaçu e suas relações com as fitofisionomias – Bahia, Brasil

O clima dominante é o tropical do tipo subquente e semiúmido da zona tropical do Brasil Central (Nimer, 1977). A temperatura média anual varia em torno de 19° a 20°C e, a média no inverno fica abaixo dos 18°C. A temperatura pode cair abaixo dos 10°C nos dias mais frios do inverno em alguns pontos superiores a 1.000m. As precipitações nesta região variam entre 500 a 1.300mm anuais e dependem de vários fatores. As chuvas ocorrem principalmente entre os meses de novembro a março e muitas vezes têm um caráter torrencial. Ocorrem também, frequentemente, chuvas orográficas no setor leste da Chapada Diamantina, na serra do Sincorá e na serra do Tombador, fator que favorece o aumento da precipitação nestes locais, ficando acima de 1.200mm para as localidades de Lençóis, Andaraí e Ibicoara.

A rede hidrográfica do norte da Cadeia do Espinhaço pertence a 5 grandes bacias: a do Rio São Francisco, a oeste e norte; a do Rio de Contas e Rio Pardo, ambas no sul; a do Rio Paraguaçu e do Itapicuru, ambas à leste. Normalmente, os grandes e médios rios são perenes devido a natureza da litologia da área.

A história geológica da Cadeia do Espinhaço começa no Pré-Cambriano Médio quando começa a sedimentação das sequências do Supergrupo Espinhaço (Gonzalez & Araújo, 1993). Suas rochas são metamórficas ou sedimentares. No Planalto do Espinhaço são predominantes as rochas do tipo quartzito puro, quartzitos feldspáticos e sericíticos, arenitos feldspáticos, pelitos e rochas metavulcânicas. Na Chapada Diamantina ou Planalto da Diamantina ocorrem com maior frequência, arenitos argilosos, arenitos ortoquartzíticos, siltitos, argilítos e lentes de conglomerado.

Geomorfologicamente, o Planalto do Espinhaço e o Planalto da Diamantina são divididos em unidades menores. O Planalto do Espinhaço é constituído de três unidades que são: Serras Setentrionais, Serras Centrais e Superfície dos Gerais e, o Planalto da Diamantina, subdivide-se em Blocos Planálticos Setentrionais, Chapadas de Morro do Chapéu, Pediplano Central, Serras da Borda Ocidental e Encostas Orientais.

Um verdadeiro mosaico de solos ocorrem no norte da Cadeia do Espinhaço, desde aqueles profundos, como os latossolos (oxissolos), até os mais rasos, como os solos litólicos (entissolos) que predominam nas áreas com relevo montanhoso. Segundo levantamento exploratório de solos realizado pelo Projeto RADAMBRASIL (Silva et al., 1981; Krejci et al., 1982; Wake et al., 1983), existem nessa região várias classes de solos, dentre elas, latossolos vermelho-amarelo álicos e distróficos, latossolo vermelho-escuro eutrófico, podzólicos vermelho-amarelo eutróficos, álicos e distróficos (ultissolos), cambissolo eutrófico, solos litólicos distróficos e eutróficos, podzol hidromórfico (spodosolos), vertissolos, areias quartzósas distróficas (entissolos) e solos aluviais distróficos e eutróficos (entissolos). Quanto a fertilidade são variáveis, mas predominam solos ácidos e pouco férteis.

Uma grande variedade de tipos de vegetação é encontrada na Chapada Diamantina e no Planalto do Espinhaço, resultado em parte do seu relevo dissecado com diferentes níveis de altitude e orientações de vertentes, que ora favorecem chuvas orográficas ora dificultam a ocorrência de chuvas. De acordo com o mapa de vegetação do Brasil na escala de 1: 5.000.000 (IBGE, 1993), existem nesta área, vários tipos de vegetação: floresta estacional semidecidual montana no leste da Chapada Diamantina, nas encostas mais úmidas da serra do Sincorá e na serra do Tombador; floresta estacional decidual montana na serra da Garapa e na serra de Caetité, no Espinhaço; savana-estépica florestada e arborizada (caatinga arbórea e arbustiva-arbórea) no extremo norte da Chapada Diamantina, nos Blocos Planálticos Setentrionias e em trechos das Serras da Borda Ocidental e, também, em algumas serras do Espinhaço, dispostas em manchas; savanas arborizadas em vários trechos da Chapada Diamantina, na serra do Sincorá, nas Serras da Borda Ocidental, na região de Morro do Chapéu e nos Blocos Planálticos Setentrionias, e também no Espinhaço, na serra da Garapa, serra do Monte Alto, serra de Caetité e na serra de Macaúbas; savana gramíneo-lenhosa, principalmente no Pediplano Central da Chapada Diamantina; refúgio ecológico montano (campos rupestres) nas montanhas normalmente com mais de 1.000m na Chapada Diamantina, sobretudo na serra do Sincorá e nas Serras da Borda Ocidental; uma variedade de tipos ecotonais, como por exemplo, savana/floresta estacional nas serras do Espinhaço e entre savana-estépica/floresta estacional no setor centro-norte da Chapada Diamantina.

Quanto ao enquadramento da Chapada Diamantina no que se refere aos domínios morfoclimáticos e fitogeográficos brasileiros segundo estudos feitos por Ab'Saber (1970), ela apresenta particularidades de três domínios: o domínio *das depressões interplanálticas semi-áridas, dos mares de morros florestados e do domínio dos chapadões recobertos por cerrados*. Trata de uma área de enclaves e de transição, onde os arredores estão quase inteiramente ocupados pelo *domínio das depressões interplanálticas semi-áridas*. Nesse estudo, o autor comenta que algumas dessa áreas de contato, são o resultado de transições graduais complexas, como por exemplo, a transição entre mata atlântica/mata de cipó e matas secas/cerrados ou, são o resultado, de passagens bruscas efetuadas por acidentes orográficos e litológicos, caso da Chapada Diamantina. A presença do cerrado e de florestas semidecíduas aqui é chamada pelo autor de “ilhas de vegetação” e só pode ser explicada pela existência de fatores de exceção no contexto regional de ordem litológica, microclimática, hidrológica, topográfica e paleobotânica.

Por possuir sítios geomorfológicos de grande beleza e também para preservar a sua biodiversidade, foi criado o Parque Nacional da Chapada Diamantina em 17 de setembro de 1985. Este tem uma área de 1.520km² e ocupa mais da metade da serra do Sincorá nas Encostas Orientais da Chapada Diamantina. É uma das áreas mais belas da Chapada Diamantina, possuindo grandes

desfiladeiros e cachoeiras, como por exemplo, o desfiladeiro do rio Paraguaçu e do rio Preto com desníveis que chegam a mais de 400m e, a cachoeira da Fumaça, considerada uma das mais altas do Brasil, com 420m de altura. Possui elevações quase sempre superiores a 1.000m com picos que ultrapassam os 1.700m, às vezes apresentando paredões imensos de rochas metasedimentares. A vegetação dominante é a de campo rupestre apresentando muitas espécies endêmicas e, considerada por muitos botânicos, como uma área de grande biodiversidade.

O objetivo deste artigo é apresentar um estudo dos solos do alto curso das bacias hidrográficas do Rio de Contas e Paraguaçu na Chapada Diamantina, localizada no centro do estado da Bahia associando as fitofisionomias presentes nesta localidade. Já que os solos possuem uma estreita relação com os tipos de vegetação, seu porte e densidade e a ocorrência e frequência de certas espécies.

2 METODOLOGIA

No estudo dos solos foram utilizados dados físicos como profundidade, textura e umidade, já para o estudo químico considerou-se variáveis que indicam a fertilidade deles. Para isto, foram coletadas amostras de solo em cada formação vegetal e analisados no laboratório de solos da ESALQ – USP. As coletas de solos para fins de análise química foram feitas para cada tipo de fitofisionomia nas parcelas onde foram feitos os perfis da vegetação. Em cada parcela de 50 x 4m as coletas eram realizadas em 9 pontos diversos, três numa extremidade da parcela, três na outra extremidade e três no meio da parcela. Para cada um desses pontos, as amostras também eram coletadas em três profundidades diferentes, uma a nível do horizonte superficial, outra na profundidade de 25cm e a outra na profundidade de 50cm. Houve casos de solos que não foram coletadas em todas essas profundidades devido a pouca espessura dos mesmos. Em alguns casos em que eles não atingiam os 50cm mas atingiam, por exemplo 40cm, então se coletava nessa profundidade. Em seguida, no laboratório se fez uma composição dessas amostras para cada nível de profundidade (três amostras), para em seguida proceder as análises químicas. As tabelas com os resultados das amostras se referem a média das três composições ao longo das parcelas.

As análises químicas compreenderam determinações da fertilidade dos solos, que foram: pH (CaCl₂), matéria orgânica - M.O (g/dm³), fósforo assimilável - P (mg/dm³), potássio – K (mmolc/dm³), cálcio – Ca (mmolc/dm³), magnésio – Mg (mmolc/dm³), acidez potencial - H+Al (mmolc/dm³), soma das bases - SB (mmolc/ dm³), capacidade de troca de cátions - T (mmolc/dm³) e saturação em bases – V (%).

Para as análises físicas, verificou-se a composição das partículas do solo, isto é, a textura. Para cada parcela, foram retiradas amostras em dois locais na maior profundidade e feito uma composição. Com relação ao tamanho das partículas, elas eram separadas em duas categorias: < que 2mm (TFSA)

e > 2mm; esta etapa foi feita no laboratório de ecossistemas terrestres no Departamento de Ecologia da USP. As partículas menores que 2mm foram destinadas às análises de textura do solo e foram realizadas na ESALQ. Elas constaram de verificação da porcentagem de areia total, silte e argila, resultando em classes de textura do solo. O resultado mostrado é a média dos dois pontos de cada parcela nos diversos ecossistemas. As classes texturais segundo o laboratório de solos da ESALQ são: até 14% de argila, arenosa; de 15 a 24%, média-arenosa; de 25 a 34%, média-argilosa; de 35 a 59%, argilosa e; acima de 60%, muito argilosa.

Também foi estudado outro fator importante para explicar as variações da cobertura vegetal da região, a variação de umidade dos solos nos diversos ambientes fisiográficos existentes ao longo de um perfil topográfico. A escolha dos pontos foi em função dos tipos desses ambientes encontradas de leste para oeste na área em estudo: na encosta leste da serra do Sincorá, dentro da serra do Sincorá, na encosta leste do Pediplano Central da Chapada Diamantina, no topo deste pediplano em três pontos com fitofisionomias distintas e, na encosta oeste deste pediplano, também em três pontos com fitofisionomias distintas. Elas foram feitas em dois períodos, no mês de novembro, chuvoso e, no mês de julho, seco na maior parte dos ecossistemas. As coletas de solos foram feitas nas parcelas onde foram realizados os perfis da vegetação, exceto para o campo rupestre, onde foi escolhido outro local de mais fácil acesso e, também numa área com vegetação cultivada - café, onde foi escolhido um local que corresponde à encosta leste do Pediplano Central. Os solos eram coletados na superfície (0-5cm) em cilindros de metal em 5 pontos diversos ao longo das parcelas e, no caso da área com café, em pontos em torno de uma linha de 50m. As amostras eram depositadas em latas para secar e fechadas hermeticamente. No laboratório, elas eram pesadas e depois abertas para secar numa estufa até peso constante. Em seguida, elas eram novamente pesadas e observados a diferença de peso correspondente a umidade.

Outro estudo realizado foi uma comparação entre os dados médios de umidade dos solos da floresta estacional semidecidual com os dados de pluviosidade média anual de Ibicoara; os dados de umidade dos solos do capão de mata mesófila com os dados de pluviosidade de Cascável e; os dados de umidade de solo da caatinga com os dados de Jussiape. Procedeu-se dessa forma, porque estas localidades correspondem aos tipos fitofisionômicos definidos.

No estudo da fisionomia dos tipos de vegetação, foram considerados a estrutura horizontal e a estratificação vertical da vegetação, bem como, a presença de diferentes formas de vida segundo Goldsmith & Harrison (1976). Foram realizados 9 perfis-diagramas para representar os principais tipos de vegetação encontrados. Os locais eram escolhidos, na medida do possível, onde a vegetação estava pouco alterada, de modo que sua fisionomia mais natural fosse bem representada. Em cada perfil-diagrama foram indicados também, as espécies ou gêneros típicos ali encontrados.

Para as formações florestais incluindo matas baixas foram delimitados no campo faixas ou parcelas de 50 x 4m, de modo que a estrutura da vegetação fosse representada integralmente. Para as formações savânicas e campestres, como o campo cerrado, o campo sujo, o campo limpo, o campo rupestre, e, também a caatinga, foram demarcadas parcelas de 50 x 2m.

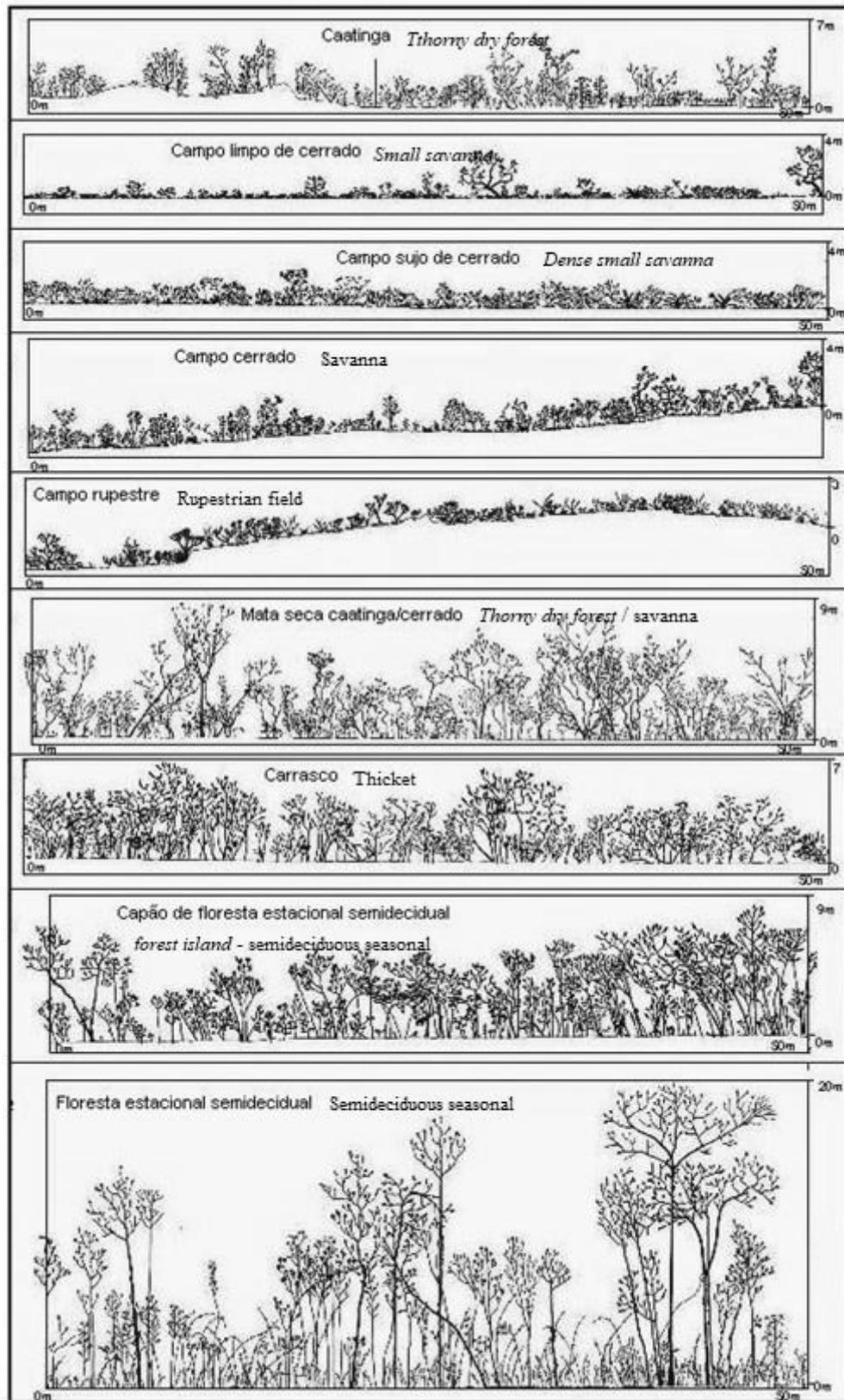
Em cada parcela, os vegetais lenhosos eram desenhados em um papel milimetrado, respeitando a distancia de um indivíduo para o outro e também a altura deles. Eram anotados o perímetro da base de cada um deles e a altura. Fotografias em cada uma das parcelas também foram tiradas para representar de outra forma a fitofisionomia.

O caráter fisionômico da vegetação é importante porque fornece dados sobre o ambiente e suas características são facilmente mensuráveis. Dessa forma, se tornou muito popular e vem sendo usada em diversas escalas de estudo. No caso da escala de estudo deste trabalho, o caráter fisionômico é o mais adequado por possuir propriedades que se adéquam perfeitamente à investigação por meio de imagens de satélite com resolução espacial de 30 x 30m.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados para as fitofisionomias encontradas mostram uma grande diversidade como pode ser observado na figura 02. Foram definidas 9 tipos de acordo com estudos feitos por NOBREGA e MEGURO, 2003; NOBREGA e VILAS BOAS, 2020): caatinga, campo limpo de cerrado, campo sujo de cerrado, campo cerrado, campo rupestre, mata seca caatinga/cerrado (ecótono), carrasco, capão de floresta estacional semidecidual e floresta estacional semidecidual.

Fig. 2 Fitofisionomias da área em estudo.



Fonte: NÓBREGA e MEGURO, 2003; NOBREGA e VILAS BOAS, 2020.

Como foi mencionado na caracterização fisiográfica da região, os solos encontrados nessa parte da Bahia podem ser classificados em 5 classes, predominando os latossolos (oxissolos). Todas essas classes de solos apresentam uma grande diversidade de propriedades físicas e químicas, como pode ser observado nas fotografias (Figs. 03 e 04) e nas análises de granulometria (Fig. 05 e tabela 01) e de fertilidade feitas para eles (Tabelas 02 e 03).

A profundidade dos solos estudados variou muito, desde os mais profundos em torno de 1,5 a 2m, até os menos profundos aproximadamente de 5 a 10 cm. Os mais profundos localizam-se no Pediplano Central da Chapada Diamantina onde estão o campo sujo, o campo limpo, o carrasco e a floresta estacional semidecidual (capão). Segundo estudos realizados nessa área, verificou-se que eles possuem uma profundidade média de 1,60m (Silva et al., 1981). Verificou-se também a presença de muitos agregados, compostos por areias e argilas nas diversas profundidades estudadas. Os solos mais rasos encontrados foram os do campo rupestre, da caatinga, e do campo cerrado, este último localizado numa encosta. Nestes locais eles apresentavam no máximo 50 cm de profundidade e com bastante pedregulho e seixos.

O tamanho das partículas dos solos sob as coberturas vegetais diversas varia bastante, como pode ser observado na fig. 05. A caatinga foi o que apresentou maior quantidade de fragmentos maiores que 2mm, seguido do campo rupestre e do campo cerrado. Os solos do campo limpo, do campo sujo, do carrasco e da floresta estacional semidecidual (capão) não apresentaram partículas maiores que 2mm. Isto se explica pela natureza do material de origem dessas áreas que são sedimentos eluvionares e coluvionares datadas do Terciário. Os solos das outras fitofisionomias apresentaram partículas maiores que 2mm, mas em menor proporção que os do campo cerrado.

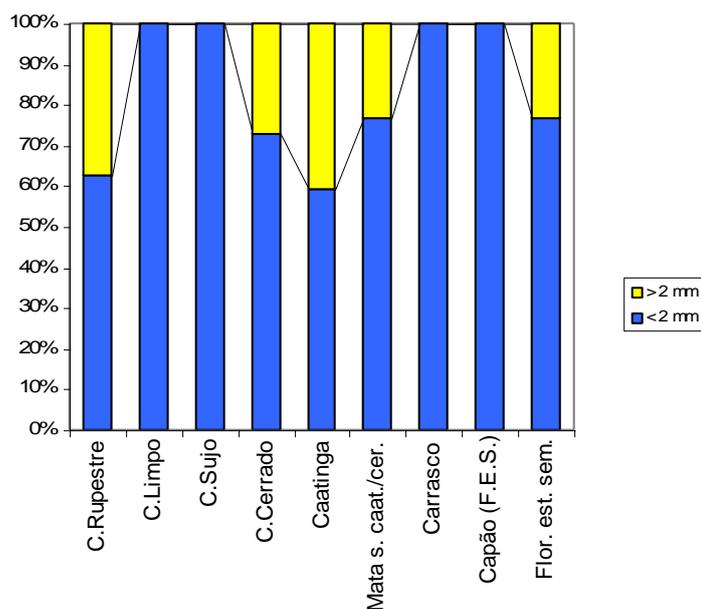
Fig. 03 – (a) Perfis parciais dos solos sob vegetação de caatinga, (b) mata seca entre caatinga e cerrado, (c) carrasco e (d) floresta estacional semidecidual – Sudeste da Chapada Diamantina, BA.



Fig. 04 – (a) Perfis parciais dos solos sob vegetação de campo rupestre, (b) campo cerrado, (c) campo limpo e (d) campo sujo – Sudeste da Chapada Diamantina, BA.



Fig. 05 – Porcentagem de fragmentos maiores e menores que 2 mm dos solos estudados. Sudeste da Chapada Diamantina, BA.



Com relação às classes texturais, apresentam-se desde arenosas, passando por classes intermediárias, até a argilosa (Tabela 01). O campo rupestre foi o que apresentou maior quantidade de areia (classe arenosa), seguindo-se, a caatinga, o campo cerrado e a mata seca entre a caatinga-cerrado (ecótono) dentro da classe média-arenosa. Já os solos sob florestas estacionais semidecíduais apresentaram uma maior quantidade de argila (26%) se enquadrando numa classe de textura média-argilosa. Por último, os solos no carrasco, no campo limpo e no campo sujo foram os que apresentaram maior quantidade de argila ($\cong 40$ a 45%) se inserindo numa classe argilosa. Estas últimas fitofisionomias se encontram numa mesma unidade geomorfológica dominada por coberturas detríticas do Terciário (Pediaplano Central). Segundo estudos feitos por Silva et al. (1981) e Beltrão & Lamour (1984), os solos do Pediaplano Central da Chapada Diamantina variam de uma textura argilosa a média-argilosa e, os da serra do Sincorá, de uma textura arenosa a média-arenosa. Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos nesta pesquisa.

TABELA 01 – Classes texturais dos solos no sudeste da Chapada Diamantina - BA.

FITOFISIONOMIA	CLASSES DE TEXTURA
Campo rupestre	Arenosa
Campo limpo	Argilosa
Campo sujo	Argilosa
Campo cerrado	Média-arenosa
Caatinga	Média-arenosa
Mata seca caatinga/cerrado	Média-arenosa
Carrasco	Argilosa
Capão (Flor. est. sem.)	Média-argilosa
Floresta est. semidecidual	Média-argilosa

A cor observada na maioria dos solos no campo limpo, no campo sujo e no carrasco, varia do amarelo até o vermelho, o que indica diferentes conteúdos de óxidos de ferro e alumínio (Kiehl, 1979). Já os solos do campo rupestre apresentam na superfície um bruno-escuro devido a alta concentração de matéria orgânica sobre arenito e quartzito. Os solos na caatinga, no ecótono caatinga/cerrado e no campo cerrado são de cor mais clara predominando amarelo-claro-acinzentado. No campo cerrado, na superfície, eles eram mais escuros por causa da maior presença de matéria orgânica. Nas florestas estacionais eles possuem uma variação maior de cor no seu perfil, indo do bruno-avermelhado-escuro na superfície até o vermelho-amarelado na profundidade de 50cm.

Quanto as variações de água no solo na região ao longo de um corte longitudinal ou perfil topográfico, os dados indicam que houve grandes variações espaciais de umidade e, também, ao longo dos meses considerados, em alguns ecossistemas. O mês de novembro é um dos mais chuvosos de forma generalizada em toda a região e, o mês de julho, um dos mais secos na maior parte dos ambientes, como pode ser observado nas tabelas 02 e 03 e na fig. 05.

TABELA 02 – Umidade dos solos no mês de julho no sudeste da Chapada Diamantina - BA.

AMBIENTE	AMOSTRAS (% DE UMIDADE)					MÉDIA	D.P.
	1	2	3	4	5		
Caatinga	0,12	0,24	0,48	0,13	0,20	0,234	0,146
Mata s. caat./cer.	3,00	2,83	2,11	0,82	1,33	2,018	0,941
C. cerrado	2,75	2,90	2,34	2,26	2,72	2,594	0,278
C. limpo	4,49	5,25	7,76	10,5	8,21	7,242	2,417
Carrasco	9,56	8,42	8,87	12,13	9,46	9,688	1,441
Capão (F.E.S.)	8,67	7,58	9,22	7,85	7,54	8,172	0,742
Café	8,98	9,11	9,14	9,02	7,18	8,686	0,844
C. rup.	13,06	23,72	24,18	21,42	24,10	21,296	4,741
Flor.est. est. sem.	23,05	21,39	24,13	17,04	19,19	20,960	2,877

TABELA 03 – Umidade dos solos no mês de novembro no Sudeste da Chapada Diamantina - BA.

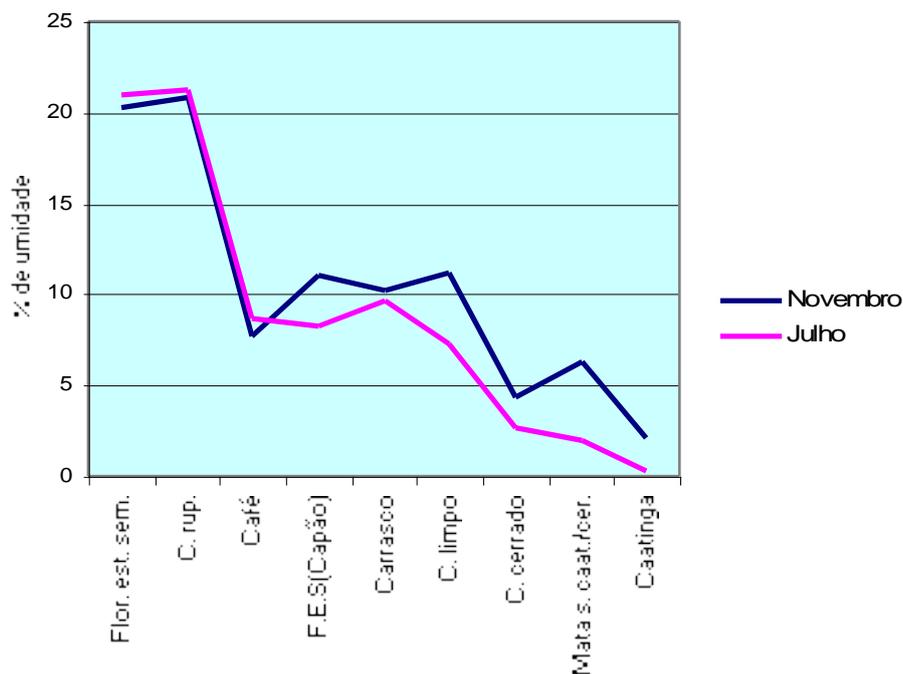
AMBIENTE	AMOSTRAS (% DE UMIDADE)					MÉDIA	D.P.
	1	2	3	4	5		
Caatinga	0,78	1,29	3,77	2,40	2,50	2,148	1,165
E. caat./cer.	6,12	6,76	5,00	3,19	10,51	6,316	2,708
C. cer.	4,48	3,93	4,13	5,65	3,16	4,270	0,910
C. limpo	11,04	11,00	11,45	10,56	11,88	11,186	0,500

Carrasco	9,99	7,24	13,77	7,78	12,04	10,164	2,772
Capão (F.E.S.)	10,56	10,93	9,91	11,79	12,22	11,082	0,931
Café	8,77	7,74	8,27	6,06	7,76	7,720	1,020
C. rup.	17,64	20,08	30,51	18,52	17,08	20,766	5,564
Flor. est. sem.	19,91	18,61	24,66	21,47	16,67	20,264	3,023

Os maiores contrastes de umidade observados entre os meses considerados, foram verificados na caatinga e na mata seca entre a caatinga/cerrado, sendo mais do que o dobro entre julho e novembro. Estes locais estão a oeste da área em estudo, numa área de “sombra de chuva”. Isto está de acordo com o diagrama ombrotérmico de Jussiape, que mostra que a região do vale do rio de Contas possui um período seco bem definido e este ocorre principalmente no inverno. Por outro lado, os menores contrastes foi verificado no campo rupestre, na floresta estacional semidecidual e numa área com café, locais na serra do Sincorá e na encosta leste do Pediplano Central. Nestes locais não existe período seco, como ficou demonstrado no gráfico ombrótermico de Ibicoara. Dado intermediário, entre o vale do rio de Contas e a serra do Sincorá, pode ser observado no capão de floresta estacional semidecidual, nas savanas gramíneo-lenhosas e no carrasco, ambos locais no topo do Pediplano Central da Chapada Diamantina. São locais que correspondem ao gráfico ombrótermico de Cascavel.

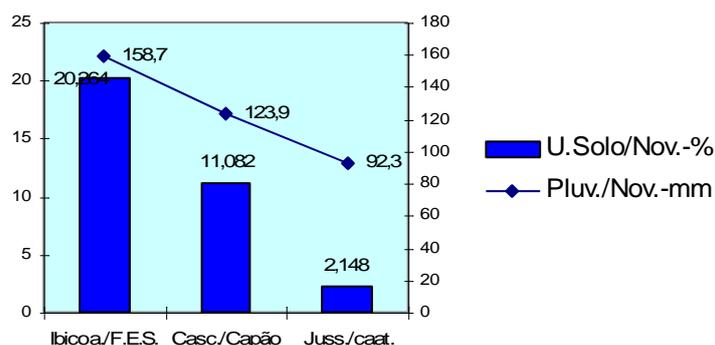
Um fato a observar, são os dados de umidade do solo da área com café. Era de se esperar, que esta área apresentasse uma umidade mais elevada, por está localizada na encosta leste do Pediplano Central, próximo a Ibicoara. No entanto, por ser o cafezal uma vegetação arbustiva, a superfície do solo estava pouco protegida da radiação direta do sol, favorecendo maior evaporação.

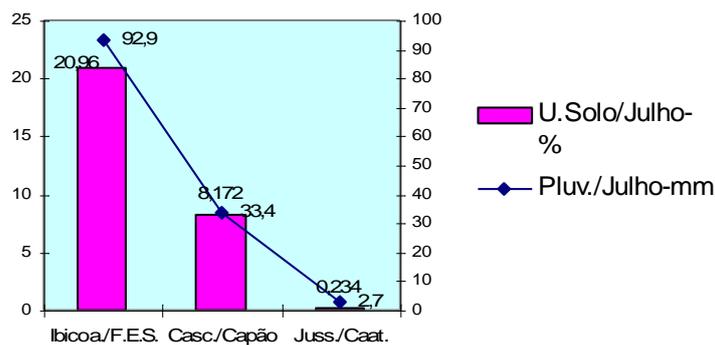
Fig. 06 – Diferença na umidade do solo entre o mês de julho e novembro nos diversos ecossistemas da área – Sudeste da Chapada Diamantina, BA.



Na comparação feita, com os dados de umidade média dos solos com os de pluviosidade média anual, os resultados mostram que quanto maior a precipitação tanto maior a umidade do solo nas regiões consideradas. Foram feitas comparações de umidades de solos coletados em julho e novembro e dados de precipitações nestes mesmos meses: os dados de umidade dos solos da floresta estacional semidecidual da serra do Sincorá com os de pluviosidade de Ibicoara; os dados de umidade dos solos do capão de mata estacional semidecidual do Pediplano Central com os de pluviosidade de Cascavel e os dados de umidade dos solos da caatinga no vale do rio de Contas com os de pluviosidade de Jussiape. Os coeficientes de correlações apresentados ficaram com 0.9998017 para o mês de novembro e, 0.9988479 para o mês de julho (Fig. 07).

Fig. 07 - Comparações entre umidade do solo e pluviosidade: (a) no mês de novembro; (b) no mês de julho. Sudeste da Chapada Diamantina – BA.





No que diz respeito ao *pH* determinado em cloreto de cálcio - $CaCl_2$, eles são fortemente ácidos, principalmente o solo do campo rupestre que apresentou um *pH* de 2,9 na superfície, seguido de solos da floresta estacional semidecidual (capão) no Pediplano Central e o da floresta estacional semidecidual na encosta leste da serra do Sincorá (Tabela 04). Na caatinga eles se apresentaram menos ácidos chegando na superfície a um valor de 4,9, seguido do campo limpo com 4,1. Não houve grandes diferenças no *pH* de um horizonte para outro como pode ser visto na tabela 09. O intervalo médio de acidez de quase todos os solos coletados ficou entre 3,5 a 4,0 de *pH*, portanto muito ácidos.

Já quanto à acidez potencial ($H+Al$), os solos também são mais ácidos nas fitofisionomias onde ocorre uma maior quantidade de chuvas, ou seja, o campo rupestre e as áreas com florestas estacionais semidecíduais submetidas a uma pluviosidade acima de 1.000mm. Nas áreas com menor precipitação, essa acidez é bem menor como mostram os dados da caatinga, da mata seca entre caatinga-cerrado, do campo limpo e do campo cerrado. Isto está de acordo com Kiehl (1979), de que solos ácidos são mais comuns em regiões onde chove muito, removendo, por lixiviação contínua, as bases trocáveis do complexo coloidal dos horizontes superiores e deixando em substituição, íons hidrogênio. Em regiões secas, onde a pluviosidade é baixa ocorre o contrário, havendo pouca perda ou mesmo acúmulo de sais de cálcio, magnésio, potássio e carbonato de sódio, que saturam o complexo coloidal e dando como resultado solos alcalinos. Também se observa na tabela 04 uma diminuição dos valores dessa acidez na medida em que o solo fica mais profundo, exceto para o campo rupestre, caatinga e o campo limpo que mostram seus maiores valores no horizonte em torno de 25cm.

A matéria orgânica dos solos estudados também variou muito de uma fitofisionomia para outra, como mostra a tabela 04. O campo rupestre e as florestas estacionais tiveram os maiores valores de matéria orgânica, seguindo-se, o carrasco e o campo sujo com valores próximos. A caatinga e o campo limpo mostraram os menores valores. Observa-se também que a concentração de matéria orgânica diminui muito com a profundidade, sendo mais do que o dobro, da superfície até os 50cm.

TABELA 04 – PH, acidez potencial e matéria orgânica dos solos no sudeste da Chapada Diamantina – BA.

FITOFISIONOMIA	Prof. cm	pH CaCl2	H + Al mmolc/dm ³	Matéria Orgânica g/dm ³
C. Rupestre	0 – 5	2.9	337.0	127.0
	20	2.5	429.0	112.0
C. Limpo	0 – 5	4.1	50.3	30.3
	25	4.0	53.7	25.7
	50	4.0	41.0	20.7
C. Sujo	0 – 5	3.6	180.0	61.3
	25	3.7	135.3	41.7
	50	3.8	94.7	29.7
C. Cerrado	0 – 5	4.0	62.3	41.0
	25	3.8	47.3	23.0
	35	3.9	29.5	18.0
Caatinga	0 – 5	4.9	17.7	23.3
	25	4.0	28.0	17.0
	50	4.0	28.0	14.0
Mata seca caat./cerrado	0 – 5	3.7	80.0	47.7
	25	3.4	67.3	25.0
	50	3.5	44.0	18.0
Carrasco	0 – 5	3.6	130.0	61.3
	25	3.7	89.3	34.3
	50	3.8	56.0	20.7
Capão (Flor. est.. sem.)	0 – 5	3.1	297.0	116.0
	25	3.3	179.0	55.6
	50	3.7	118.0	32.3
Floresta Est. Sem.	0 – 5	3.5	180.0	69.0
	25	3.9	89.7	33.7
	50	3.9	80.0	24.3

Os teores dos macronutrientes dos solos nas diferentes fitofisionomias também variaram muito como mostra a tabela 05. O fósforo (P) mostrou seus maiores índices no campo rupestre e nas florestas estacionais semideciduais com resultados considerados médio e baixo (entre 7 a 40mg/dm³ - Malavolta, 1992). Em todos os outros solos os teores de fósforo foram muito baixos (abaixo de 6) principalmente os solos do campo limpo e do campo cerrado. Já o potássio (K) teve valores

considerados altos (acima de 0.60 mmolc/dm³ - Malavolta, 1992) na maioria dos ecossistemas, principalmente na caatinga e no ecótono caatinga/cerrado (mata seca). Os menores valores de potássio foram observados no campo limpo e no campo sujo. O cálcio (Ca) apresentou os melhores valores na caatinga e no ecótono caatinga/cerrado e os piores no campo sujo e no campo cerrado. Quanto ao magnésio (Mg) apresentou teores considerados bons (acima de 0.8mmolc/dm³) em todos as fitofisionomias (Malavolta, 1992), principalmente na caatinga. Os menores valores desse macronutriente ficou com o campo sujo. Os dados da tabela informam também que há uma diminuição nos valores de todos esses macronutrientes na medida em que aumenta a profundidade do solo.

TABELA 05 – Macronutrientes, soma das bases (sb), capacidade de troca catiônica (t) e saturação em bases (v) dos solos do sudeste da Chapada Diamantina – BA.

VEGETAÇÃO	Prof. Cm	P 18G/dm ³	K mmolc/dm ³	Ca mmolc/dm ³	Mg mmolc/dm ³	SB mmolc/dm ³	T mmolc/dm ³	V %
C. Rupestre	0 – 5	23.0	2.5	9.6	7.3	19.5	356.5	6.6
	20	22.0	1.4	1.0	2.0	4.4	433.4	1.0
C. Limpo	0 – 5	5.0	1.1	4.3	3.3	8.8	59.1	14.7
	25	3.7	0.5	2.7	2.3	5.8	59.5	9.7
	50	2.3	0.2	1.7	1.7	3.6	44.6	8.3
C. Sujo	0 – 5	6.3	0.7	1.3	1.3	4.1	184.1	2.3
	25	4.7	0.5	1.0	1.0	2.5	137.8	2.0
	50	3.3	0.3	1.0	1.0	2.3	96.9	2.0
C. Cerrado	0 – 5	5.0	1.5	4.3	3.3	9.2	71.5	15.3
	25	4.3	0.8	1.0	1.0	2.8	50.2	6.3
	35	3.5	0.7	1.5	1.0	3.2	32.7	9.5
Caatinga	0 – 5	5.7	3.2	21.7	9.3	34.2	51.8	66.0
	25	4.0	2.2	9.3	4.3	15.9	43.9	33.7
	50	4.0	1.9	5.0	2.0	8.9	36.9	24.0
Mata seca Caat./Cerrado.	0 – 5	5.3	3.3	7.0	3.3	13.6	93.6	14.7
	25	3.7	1.8	4.3	2.3	11.1	75.8	10.7
	50	3.0	1.1	1.3	1.0	3.4	47.4	7.3
Carrasco	0 – 5	6.3	1.3	7.0	5.0	13.3	143.6	9.0
	25	4.3	0.6	1.7	1.7	3.9	93.2	4.0
	50	2.7	0.2	1.0	1.0	2.2	58.2	4.0
Capão (Flor. est. sem.)	0 – 5	14.0	1.6	5.0	6.5	13.1	310.1	4.0
	25	7.7	1.0	2.7	3.0	6.7	185.4	3.7

	50	4.3	0.5	1.7	1.7	3.8	121.8	3.0
Floresta Est. Sem.	0 – 5	9.7	2.2	8.0	6.0	16.2	196.2	8.3
	25	4.7	0.9	1.7	1.3	3.9	93.6	4.3
	50	3.7	0.6	1.7	1.7	4.3	84.3	5.3

Observando a tabela 05, verifica-se que os solos que apresentaram maiores somas das bases (SB) foram os da caatinga e os da mata seca entre caatinga/cerrado, enquanto que, os menores, ficaram com os 3 tipos de campo cerrado, com valores próximos. Já com relação a capacidade de troca de cátions (T ou CTC), os solos com maior capacidade dessa troca, são os do campo rupestre e o da floresta estacional semidecídua e, os menores, nos ambientes mais secos como o da caatinga, por exemplo. A elevada capacidade de troca catiônica dos solos do campo rupestre se deve ao alto teor de matéria orgânica presente neles (Tab. 04), uma vez que a argila é pouco expressiva nesses solos.

O valor de saturação das bases (V) é um dos mais importantes para medir tanto a acidez como a fertilidade de um solo, além da fiabilidade, dispersão e floculação de argilas e sua influência na disponibilidade de *Ca*, *Mg* e *K* às plantas. Quanto menor o valor de *V%*, mais ácido, portanto, com menos bases e mais *H* e *Al* e, dessa forma, menos fértil (Kiehl, 1979; Malavolta, 1992). Sendo assim, percebe-se nitidamente pelos números das tabelas, que os solos mais férteis são encontrados na caatinga e os menos férteis estão no campo sujo. Em seguida, os mais férteis estão no ecótono caatinga/cerrado e campo limpo e, os menos férteis nas florestas estacionais e no campo rupestre. Isto mostra que existe uma coincidência entre climas mais secos e solos mais férteis na área em estudo. Também, observa-se que, de modo geral, quanto maior o valor de *H* e *Al*, menor o valor de *V%*. Esse valor em *V%* diminui progressivamente na proporção que o solo fica mais profundo em quase todos os ecossistemas.

Estudo realizado por Silva et al. (1981) próximo a Guiné, município de Mucugê (Pediaplano Central), indica um valor para saturação das bases de aproximadamente 27%, portanto mais elevado comparado com os dados dos solos para esta mesma unidade geomorfológica deste estudo. A média de valores para saturação em bases encontrada na área variou de 2,2 a 11%, dependendo da localidade. Talvez uma das causas dessa diferença considerável sejam as precipitações que são distintas. Na região de Guiné a precipitação é menor, ficando em torno de 600mm, enquanto na área em estudo fica em torno de 800mm. Já um estudo dos solos litólicos álicos feito para um local próximo à Barra da Estiva (Silva et al., 1981), mostra que a saturação em bases daquele solo foi de 7%, estando de acordo com o valor encontrado na área de estudo, equivalente na serra do Sincorá (6,6%).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A heterogeneidade fitofisionômica da região num espaço relativamente reduzido é consequência de mudanças bruscas de fatores topográficos e litológicos, resultando em tipos de solos distintos e em áreas diferenciadas quanto a precipitação e temperatura.

Os solos dos campos rupestres são muito rasos e muito ácidos, sendo os mais rasos e ácidos da região, a ocorrência desta fitofisionomia parece estar relacionada principalmente ao tipo de solo litólico, pouco profundo e à altitude acima de 1.000m.

A ocorrência das florestas estacionais semidecíduas está condicionada principalmente ao fator água, seja por causa de uma precipitação acima de 1.000mm, ou então no caso dos capões de mata no Pediplano Central, por causa da água no solo. Foi mostrado que os solos destas áreas são muito ácidos e com baixa saturação em bases, ou seja, os solos são pobres quanto a fertilidade.

Os solos do campo sujo foram os mais pobres encontrados na região, enquanto os solos do campo limpo e do campo cerrado são um pouco mais férteis e muito semelhantes quanto a composição química.

Quanto a caatinga, os solos foram os que apresentaram as melhores condições de fertilidade, no entanto, quanto as características físicas, são muito rasos e pedregosos. São os únicos solos da região derivados de rochas magmáticas.

Os tipos ecotonais de vegetação, mata seca entre a caatinga e o cerrado e o carrasco, apresentam solos pobres quanto a fertilidade.

REFERÊNCIAS

- Furley, p. A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. Blackwell science ltd. *Global ecology and biogeography*, 1999. P. 223-241.
- Goudsmith, f. B.; harrisson, c. M. Description and analysis of vegetation. In: *methods in plant ecology*. London: blackwell scientific publications, 1976. P. 85-152.
- Grillo, a. A. S. *Aspectos pedológicos, ecológicos e florísticos de uma área de cerrado no município de palmeiras, chapada diamantina – ba*. São paulo, usp. 225 p. Dissertação (mestrado em botânica), 2000.
- Malavolta, e. *Abc da análise de solos e folhas: amostragem, interpretação e sugestões de adubação*. São paulo: agronômica ceres, 1992. 124 p.
- Misi & silva. *Chapada diamantina oriental – ba: geologia e depósitos minerais*. Salvador: sgm, 1996. 194 p.
- Mueller-dombois, d.; ellenberg, h. *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley international edition, 1974. 574 p.
- Nóbrega, m. A. & meguro, m. (2003). Diversidade de fitofisionomias e aspectos fisiográficos da região sudeste da chapada diamantina – ba. São paulo: usp.
- Nóbrega, m. A.; vilas boas, m. A. Soil/phytofisionomy relationship in southeast of chapada diamantina, bahia, brazil. *International journal of geological and environmental engineering*. V. 14, n. 12, 2020.
- Palmieri, f.; larach, j. O. I. Pedologia e geomorfologia. In: *geomorfologia e meio ambiente*. Rio de janeiro: bertrand brasil, 1995. P. 59-122.
- Santos, v. J. D.; nóbrega, m. A. Physiomic classification of vegetation in the municipality of vitória da conquista – bahia. Seven editora, [s. L.], 2023. Disponível em: <http://sevenpublicacoes.com.br/index.php/editora/article/view/850>. Acesso em: 10 may. 2023.
- Sema. Secretária do meio ambiente da bahia. <Http://www.seia.ba.gov.br/institucional/sema-secretaria-do-meio-ambiente>. 2023.
- Silva, g. B.; santos, j. H. G.; corrêa, p. R. S. Pedologia. In: *brasil, p. Radambrasil. Folha sd 24 salvador*. Rio de janeiro: min. Minas e energia, 1981. P. 277-391.
- Stevens, g. C. The elevational gradient in altitudinal range: an extension of rapoport's latitudinal rule to altitude. *Am. Nat.*, 1992. 140(6): 893-911.
- Vilas boas, a. M.; nobrega, m. A. & santos, b. L. A monocultura cacaueteira e o bioma mata atlântica no município de gandu, baixo sul baiano. *Brazilian journal of development*. Curitiba, v.7, nº 10, p 99088-99109, 2021.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-035>

Layse Félix Oliveira

Graduada em História pela UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo estabelecer diálogos entre a historiografia e a literatura utilizando-se conceitos como; representação de

Roger Chartier (1991) e Imaginário de Sandra Pesavento (1995), bem como as noções de cultura e consciência histórica a partir do pensamento de Jörn Rüsen (2010) e Agnes Heller (1993) aproximando e distanciando as duas formas de escrita ao mesmo tempo em que se levanta reflexões sobre o uso da literatura como fonte para a historiografia.

Palavras-chave: Representação, Imaginário, Cultura e consciência histórica.

1 INTRODUÇÃO

Para fazermos uma interpretação histórica de um texto literário, mais precisamente compreender os elementos históricos que podem ser esmiuçados e extraídos de sua narrativa é necessário que façamos também uma reflexão das possibilidades de diálogos entre a história e a literatura, principalmente quando pensamos o romance histórico, do qual falaremos adiante de forma mais aprofundada.

Quando nos referimos a elementos que se atravessam, pensamos nos pontos em comuns que existem entre eles, naqueles fragmentos em que as afinidades se tocam, coincidem, e se tornam semelhantes. Neste artigo, buscaremos compreender não somente os aspectos transversais entre a historiografia e a literatura, mas também analisar como podemos nos apropriar da literatura para transformá-la em um objeto de pesquisa ou fonte histórica no campo da pesquisa historiográfica.

Foi a partir de inícios do século XX, com a crítica à forma rígida da produção histórica positivista feita por aqueles que compunham o grupo dos Annales, que a historiografia passou a utilizar outros materiais além de textos oficiais e expandir suas fontes para materiais que antes não tinham tanta importância enquanto vestígios que poderiam levar os historiadores à interpretação das sociedades no tempo. Em particular, a partir dos anos 1970, com a chamada “terceira geração dos annales”, o diálogo com outros campos disciplinares, marca da geração de Marc Bloch e Febvre, foi intensificado. Com isso, desenvolveram-se novas percepções sobre a história que iam além da análise das estruturas e das classes sociais, surgindo, os primeiros estudos da História Cultural. (SIRQUEIRA, 2009).

Marc Bloch e Lucien Febvre defendiam que a história deveria adotar um caráter interdisciplinar, não se isolando como disciplina, mas estabelecendo uma postura que permitisse um diálogo com as Ciências Sociais (COELHO, 2009).

Ciro Flamarion Cardoso, na obra “Domínios da História”, coloca como uma das principais características da primeira geração dos Annales: “O debate crítico permanente com as ciências sociais, sem reconhecer fronteiras entre elas que sejam estritas e definitivas; sendo menos estruturada que tais ciências, a história delas importou problemáticas, conceitos, métodos e técnicas...” (p. 28)

A interdisciplinaridade com as outras ciências possibilitou a historiografia a expansão e o debate crítico mediante o uso de métodos e temáticas abordadas nas disciplinas das ciências humanas, a partir disso, a historiografia pôde se afastar da pesquisa factualista, focada nos feitos dos grandes homens e em suas relações políticas. É a abertura da pesquisa para uma nova fase, voltada para os debates de problemáticas, como pontua Hebe Castro em seu texto sobre a História Social:

...propunham uma história-problema, viabilizada pela abertura da disciplina às temáticas e métodos das demais ciências humanas, num constante processo de alargamento de objetos e aperfeiçoamento metodológico. A interdisciplinaridade serviria, desde então, como base para a formulação de novos problemas, métodos e abordagens... (p. 76-77)

ALMEIDA e AMADOR conceituam as características do que podemos compreender como um processo de interdisciplinaridade:

“...A interdisciplinaridade se caracteriza como a interligação de saberes entre diferentes disciplinas e áreas de conhecimento. Essa interligação implica em um método de estudo e pesquisa que busca romper com as limitações trazidas por um modelo antigo: o modelo disciplinar, considerado tradicional, o qual consiste na delimitação do conhecimento em disciplinas isoladas e independentes.” (2019, p. 2).

Com a terceira geração dos Annales, onde nomes como Le Goff, Roger Chartier e Michel de Certeau emergiram, as pesquisas tomaram rumos mais aprofundados, englobando temas muito diversificados como a História do Amor, da Loucura, da Doença... (FILIPIM, 2013).

A nova gama de possibilidades para o historiador se inicia a partir da crise dos paradigmas na década de 1960, naquele momento um primeiro movimento começou a se traçar no campo da historiografia, isto porque os trabalhos surgidos na época começaram a reforçar as problemáticas a partir do campo das construções sociais, em detrimento das abordagens que focalizavam nas posições e estruturas sociais, por exemplo, essa vertente historiográfica influenciou diretamente a história-social, com uma aproximação com a antropologia se deixou para trás as abordagens socioeconômicas para se privilegiar as socioculturais. (CASTRO, 1997) Era o início da ruptura com as estruturas gerais de interpretações até então dominantes.

Levando em consideração nosso diálogo com a Literatura, é oportuno observar a fala de um dos grandes nomes do dito Romance Histórico Contemporâneo, José Saramago (MENDONÇA e ALVES, 2003):

(...) parece legítimo dizer que a História se apresenta como parente próxima da ficção, dado que, ao rarefazer o referencial, procede a omissões, portanto a modificações, estabelecendo assim com os acontecimentos relações que são novas na medida em que incompletas se estabeleceram. É interessante verificar que certas escolas históricas recentes sentiram como que uma espécie de inquietação sobre a legitimidade da História tal qual vinha sendo feita, introduzindo nela, como forma de esconjuro, se me é permitida a palavra, não apenas alguns processos expressivos da ficção, mas da própria poesia. Lendo esses historiadores, temos a impressão de estar perante um romancista da História, não no incorreto sentido da História romanceada, mas como o resultado duma insatisfação tão profunda que, para resolver-se, tivesse de abrir-se à imaginação.¹ (SARAMAGO, 1990 apud MENDONÇA e ALVES, 2003, p. 9)

Para Peter Burkler (2004, p. 69), o termo “Nova História Cultural” difundido e adotado a partir do final da década de 1980, define-se desta forma: “A palavra ‘Cultural’ distingue-se da história intelectual, sugerindo uma ênfase em mentalidades, suposições, e sentimentos e não em ideias e sistemas de pensamentos”, Lopes e Galvão, complementam esse pensamento:

(...) muitos dos pressupostos da história positivista passaram a ser criticados e a História, não mais restrita à política, interessa-se também por aspectos econômicos, sociais e culturais da sociedade. Mais recentemente, sobretudo nos últimos quarenta anos, passa-se cada vez mais a valorizar os sujeitos “esquecidos” da História, como as crianças, as mulheres e as camadas populares. Sentimentos, emoções e mentalidades também passam a fazer parte da História e fontes até então consideradas pouco confiáveis e científicas também passam a constituir indícios para a reconstrução de um passado. (Lopes e Galvão, 2001, p. 39-40 apud FILIPIM, 2013, p. 6)

Na tentativa de entendermos melhor como funciona a História Cultural, acho interessante que façamos também uma visita ao conceito de *Cultura* e a sua definição, para isso utilizaremos José Luiz dos Santos, fazendo um movimento interdisciplinar com nossos vizinhos da Antropologia:

Cultura é uma dimensão do processo social, da vida de uma sociedade. Não diz respeito apenas a um conjunto de práticas e concepções, como por exemplo se poderia dizer da arte. Não é apenas uma parte da vida social como por exemplo se poderia falar da religião. Não se pode dizer que cultura seja algo independente da vida social, algo que nada tenha a ver com a realidade onde existe. Entendida dessa forma, cultura diz respeito a todos os aspectos da vida social, e não se pode dizer que ela exista em alguns contextos e não em outros. (LUIZ, 1983, p. 31)

Assim, situando a Nova História Cultural como possibilitadora para entender o mundo por meio de outras fontes e também de outros grupos ignorados pela historiografia tradicional seguimos para o pensamento de Chartier, que muito nos interessa em nosso diálogo com a literatura, mais especificamente em seu trabalho intitulado *O Mundo como Representação*² (1991).

¹ SARAMAGO, José. "História e ficção". In: *Jornal de Letras, Artes e Idéias*. Lisboa: s/e, 1990, pp. 7- 19.

² “Chartier e Bourdieu entendem as representações como construções sociais das experiências históricas, em que os indivíduos e os grupos prestam suas visões de mundo.” (COELHO, 2009, p. 87)

2 HISTÓRIA E LITERATURA COMO FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

Filipim, 2013, p.1 Apresenta uma das definições de representação abordadas por Chartier como “um instrumento de conhecimento imediato que o faz ver um objeto ausente através da sua substituição. Isso ocorre por meio de uma espécie de imagem, a qual o sujeito é capaz de reconstruir em memória e de figurar tal como é”³.

Etimologicamente, ‘representação’ provém da forma latina ‘repraesentare’ – fazer presente ou apresentar de novo. Fazer presente alguém ou alguma coisa ausente, inclusive uma ideia, por intermédio da presença de um objeto. Tal seria, por exemplo, o sentido da afirmação de que o Papa e os cardeais ‘representam’ Cristo e os Apóstolos. (MAKOWIECK 2003, p. 3)

Ou seja, se a representação se baseia naquilo que está ausente e que é evocado no momento em que se pensa, pela memória, como podemos refletir sobre a historiografia e também sobre a literatura a partir desse conceito? Ainda em Filipim (2013):

A noção de representação abordada por Chartier nos leva à reflexão da produção da escrita historiográfica. A reconstrução de um fato, não é a sua reprodução, mas a sua representação, em que é criada uma inteligibilidade possível do existido. Neste sentido, no texto historiográfico uma determinada realidade é construída e pensada pelo seu produtor, o historiador. (FILIPIM, 2013, p. 7)

Quando o historiador produz a sua escrita, ele não está, neste momento, traduzindo para a linguagem a reprodução do que aconteceu, já que isso não é possível, uma vez que nós não podemos reviver um tempo que já passou em sua totalidade. (PESAVENTO, 1995). É claro que, a partir do momento em que o historiador escreve, ele busca dentro das metodologias que compõem a prática historiográfica, descrever e interpretar o acontecido com a maior verossimilhança possível, ainda que, essa descrição não deixe de ser no final das contas uma representação:

Todo fato histórico – e, como tal, fato passado – têm uma existência lingüística, embora o seu referente (o real) seja exterior ao discurso. Entretanto, o passado já nos chega enquanto discurso, uma vez que não é possível restaurar o já vivido em sua integridade. Neste sentido, tentar reconstituir o real é reimaginar o imaginado, e caberia indagar se os historiadores, no seu resgate do passado, podem chegar a algo que não seja uma representação (PESAVENTO, 1995, p 17).

Ora, a história enquanto ciência não pode existir sem aquele que a produz, assim como a literatura também não pode existir sem que o escritor dê forma a sua narrativa; para que as duas existam é necessário que alguém as signifique, e, neste processo, que faça as escolhas representativas. Hoje em dia é comum que não pensemos mais a história como aquela que vai apresentar uma verdade absoluta, não compreendemos uma verdade, mas sim “verdades”.

³ Essa é uma das definições apresentadas por Chartier nos primeiros capítulos do livro “História Cultural: entre práticas e representações”

Se o literato escolhe um personagem com determinada característica inserido em determinado cenário o historiador passa por um processo de escolha, essa escolha, claro, não pode ser imaginada além daquilo que existe ou existiu, mas, no processo de escrita, a história também está sujeita a omissões e a significações. Vale reforçar que, o historiador pode se apropriar de determinado esteticismo artístico para a elaboração da sua escrita, no entanto, não pode abrir mão das evidências e dos documentos. Assim sendo, a dimensão artística pode atravessar ambos os textos, mas, como na historiografia a literatura não têm a obrigação de evidenciar suas fontes, mesmo que seja feita o uso delas.

Tomemos um exemplo: se penso no recorte da Revolução Industrial eu posso, enquanto historiadora, tanto perceber essa temporalidade a partir da ótica proletária, dos trabalhadores, como a partir da visão burguesa, dos detentores dos meios de produção, o recorte seria o mesmo, mas a partir da minha escolha historiográfica eu teria duas narrativas diferentes. Sobre esse discurso, Araujo (2006), em seu trabalho sobre a história da historiografia, afirma:

Assumir o caráter parcial e interpretativo da verdade não significa abandonar o princípio constitutivo da historiografia – dizer do que aconteceu —, mas apenas liberá-la de seus conteúdos congelados, de seus métodos que pretendem substituir e rotinizar a disposição inicial que a motiva. Toda interpretação histórica mostra e oculta a verdade do que aconteceu, porque dessa verdade terá sempre e apenas uma parte. O problema dos grandes sistemas do século XIX foi imaginar que essas partes poderiam ser totalizadas de modo harmônico. Sabemos hoje que podemos retomar esses momentos de verdade, mas que nossa inevitável situação histórica nos ocultará muitos outros. Além disso, esses momentos de revelação não podem ser considerados momentos estáticos, eles mesmos dependem de um esforço de escuta e um trabalho de continuidade por sob a descontinuidade histórica. (ARAUJO, 2006, p. 10)

Segundo Chartier as representações são sempre produtos de uma prática, e, neste sentido a literatura também é uma forma de representação, já que ela é produto de uma prática simbólica, que uma vez produzida vai se transformar em outras representações (CHARTIER, apud MAKOWIECKY, 2003, p. 4) Transformada em outras representações na medida em que consideramos o livro em sua fluidez, na relação escritor e leitor; durante o processo de escrita o autor utilizará de determinadas representações que dizem respeito tanto ao gênero do livro que se escreve quanto aos eventos representados na narrativa, na mesma medida no momento em que o leitor é colocado diante dessa narrativa esse passa a desenvolver novas representações a partir dela, essas representações tanto podem ser de ordem individual quanto coletiva, e serão influenciadas por uma série de fatores: A forma com que se lê o livro, o grau de proximidade com a leitura, o lugar social que o indivíduo ocupa, a finalidade da leitura, formas de pensar e sentir...

(...) a leitura de um livro também gera práticas criadoras, podendo produzir concomitantemente práticas sociais. Será o livro lido em leitura silenciosa, em recinto privado, em uma biblioteca, em praça pública? Sabemos que sua leitura poderá ser individual ou coletiva (um letrado, por exemplo, pode ler o livro para uma multidão de não-letrados), e que o seu conteúdo poderá ser

imposto ou rediscutido. Por fim, a partir da leitura e difusão do conteúdo do livro, poderão ser geradas inúmeras representações novas sobre os temas que o atravessam, que em alguns casos poderão passar a fazer parte das representações coletivas. (BARROS, 2005, p. 134)

Outro detalhe muito importante e que muitas vezes não é lembrado nos trabalhos que se propõem a debater sobre história e literatura é o fato de que ambas possuem uma relação muito antiga e enraizada, afinal, tanto a narrativa histórica quanto a narrativa literária desabrocharam e se transmutaram a partir de um tronco em comum: a Epopeia Clássica. (MATIAS, 2017)

Utilizando o texto literário como uma fonte e levando em consideração o pensamento de Chartier sobre *aquela* que escreve, o historiador pode refletir:

Sendo a literatura uma forma de ler, interpretar, dizer e representar o mundo e o tempo, possuindo regras próprias de produção e guardando modos peculiares de aproximação com o real, de criar um mundo possível por meio da narrativa, ela dialoga com a realidade a que refere de modos múltiplos, como a confirmar o que existe ou propor algo novo, a negar o real ou reafirmá-lo, a ultrapassar o que há ou mantê-lo. Ela é uma reflexão sobre o que existe e projeção do que poderá vir a existir; registra e interpreta o presente, reconstrói o passado e inventa o futuro por meio de uma narrativa pautada no critério de ser verossímil, da estética clássica, ou nas notações da realidade para produzir uma ilusão de real. Como tal é uma prova, um registro, uma leitura das dimensões da experiência social e da invenção desse social, sendo fonte histórica das práticas sociais, de modo geral, e das práticas e fazeres literários em si mesmos, de forma particular. (REZENDE, 2010, p. 5-6.)

Quando nos deparamos com um texto literário devemos sempre lembrar que, ainda que as representações que a literatura tenta propor não sejam um reflexo do real, elas não deixam de ser “representações historicamente construídas”, como pontua Sena Júnior⁴ (2010) e que, enquanto construídas, acabam definindo o “imaginário acerca do real como construção social”. (Sena Júnior, 2010, p. 8 apud ALMEIDA e AMADOR, 2019, p. 8)

Dessa forma, cabe ao historiador, como lembra Capraro⁵ “compreender como tal contexto social foi incorporado pelo autor e manifestado esteticamente na sua produção artística/literária” (CAPRARO, 2014, p. 4 apud ALMEIDA e AMADOR, 2019, p. 9) Por ora, nos deteremos ainda a compreender um pouco melhor as proximidades e as diferenças entre a historiografia e a literatura a partir de uma reflexão sobre o chamado *Imaginário*.

⁴ SENA JUNIOR, Gilberto Ferreira. Realidade versus ficção: a literatura como fonte para a escrita da História. 2010, p. 01-12. Disponível em: <<http://www.historia.uff.br/estadoepoder/6snepc/GT13/GT13-GILBERTO.pdf>> (Este artigo se trata de um trabalho publicado por Gilberto Ferreira Sena Júnior nos Anais do evento “VI SIMPÓSIO NACIONAL DE ESTADO E PODER: CULTURA” ocorrido em 2010.)

⁵ CAPRARO, André Mendes. História e Literatura: proximidades na fronteira. Disponível em: <http://www.pgdf.ufpr.br/downloads/Artigos%20PS%20Mest%202014/Andre%20Capraro/Historia_e_Literatura_-_Andre_Capraro.pdf>

3 O IMAGINÁRIO: UM LUGAR EM COMUM

Para o antropólogo e cientista social Gilbert Durand, o imaginário é composto por um conjunto de elementos utilizados pelo ser humano para desenvolver atitudes imaginativas que negam a realidade e a transferem para um lugar mais reconfortante, sendo esses elementos: a percepção, produção e reprodução de símbolos, imagens e mitos. (DURAND, 1991 apud ANAZ et al, 2014, p.6)

Aquilo que chamamos de imaginário faz parte das representações evocadas pelo pensamento e que se traduzem mentalmente em imagens, mesmo que o objeto desse pensamento não esteja no nosso campo de visão, a nossa memória é capaz de produzir essas imagens que são conectadas a outras que podem remeter a outros tempos, traduzindo pelo nosso pensamento até mesmo as formas, cores e cheiros, o imaginário se faz entre interconexões. (SIRQUEIRA, 2009).

Sandra Pesavento reforça: “o imaginário faz parte de um campo de representação e, como expressão do pensamento, se manifesta por imagens e discursos que pretendem dar uma definição da realidade”. (PESAVENTO, 1995, p. 15)

Ainda que o imaginário não esteja ligado ao campo da realidade, e sim do pensamento, é importante lembrarmos, que como pontua Pesavento (2006) é na realidade que ele constitui o seu significado, ou melhor, é a partir da realidade⁶ que nós lhe atribuímos significação:

Ao construir uma representação social da realidade, o imaginário passa a substituí-la, tomando o seu lugar. O mundo passa a ser tal como nós o concebemos, sentimos e avaliamos. Ou, como diria Castoriadis, a sociedade, tal como é enunciada, existe porque eu penso nela, porque eu lhe dou existência - ou seja, significação - através do pensamento. (PESAVENTO, 2006, p. 13)

Se o imaginário faz parte daquilo que compreendemos antes ser uma representação, então, chega-se à conclusão de que ele é comum a história e a literatura, já que ambas buscam representar alguma coisa, entretanto, essas representações se diferem em virtude das diferenças entre os ofícios do historiador e do literato. Há limitações que são impostas ao ofício do historiador que não pode criar acontecimentos que não existiram e deve partir das evidências que reportam aquilo que aconteceu. A busca do seu trabalho é tentar se aproximar com a maior riqueza possível daquilo que *foi*: “mais do que construir uma representação, que se coloca no lugar do passado, ele é marcado pela vontade de atingir este passado. Trata-se de uma militância no sentido de atingir o inatingível, ou seja, o que um dia se passou no tempo físico já escoado.” (PESAVENTO, 2006, p. 14)

⁶ Fazemos a diferenciação de real e realidade, para Laplantine: “O imaginário possui um compromisso com o real e não com a realidade. A realidade consiste nas coisas, na natureza, e em si mesmo o real é interpretação, é a representação que os homens atribuem às coisas e à natureza. Seria, portanto, a participação a intenção com as quais os homens de maneira subjetiva ou objetiva se relacionam com a realidade, atribuindo-lhe significados. Se o imaginário recria e reordena a realidade, encontra-se no campo da interpretação e da representação, ou seja, do real.” (LAPLANTINE, p. 28)

Pesavento ainda coloca a narrativa histórica como aquilo que ela chama de “ficção controlada”, e esclarece: “Ficção controlada porque a História aspira a ter, em sua relação de ‘representância’ com o real, um nível de verdade possível. Se não mais aquela verdade inquestionável, única e duradoura, um regime de verdade que se apoie num desejável e íntimo nível de aproximação com o real.” (PESAVENTO 1999, p. 820 apud ALMEIDA e AMADOR, 2019, p. 7)

A literatura por sua vez não se trata de uma ficção sem fundos de verdade, mas ela não tem, como na historiografia, as imposições que são próprias do fazer historiográfico. A literatura não é movida pela vontade de chegar lá, ainda que ela busque em seu texto alcançar uma estética linguística que nos dê a impressão de verossimilhança com aquilo que narra, ativando nosso imaginário. Contudo, vale-nos ponderar que a partir do momento em que eu dou “vida” a uma imagem por meio da escrita, nesse processo eu estarei significando o imaginário daquele que lê:

Mesmo que os literatos a tenham sempre produzido sem um compromisso com a verdade dos fatos, construindo um mundo singular que se contrapõe ao mundo real, é inegável que, através dos textos artísticos, a imaginação produz imagens, e o leitor, no momento em que, pelo ato de ler, recupera tais imagens, encontra uma outra forma de ler os acontecimentos constitutivos da realidade que motiva a arte literária. (MENDONÇA E ALVES, 2019, p. 3)

A ficção desempenha um papel importante na legitimação e na desmistificação de conceitos acerca de determinadas culturas e determinados grupos sociais (SICSÚ, 2014, p. 3), isso porque uma vez representando determinada cultura ela permite uma construção imaginária, que pode ser utilizada por exemplo, para reflexão, transcendendo seu caráter ficcional:

Pelinsler e Arendt (2009) evidenciam que a literatura é um processo de identificação de determinada sociedade por meio de representações simbólicas presentes na história, que moldam cultura e passam a ser por elas moldadas. De posse desses elementos, ela vai construindo seu imaginário numa relação inter e transdisciplinar, dialogando com outras áreas do conhecimento humano e extrapolando o simples deleite, pois leva o leitor a transcender da ficção para a reflexão (SICSÚ, 2014, p. 4)

Essa relação da literatura com o leitor, ou melhor, com a sociedade, e também a sua *impressão de verdade* não é recente, como pontua Santana (2010):

Quando se fala em literatura e sociedade é quase inevitável desprezar a relação entre literatura e realidade. Essa relação é, desde a Poética de Aristóteles, como se sabe, conhecida como *mimêsis*⁷. A literatura, para Aristóteles, é representação do real, tendo que atender, portanto, ao princípio da verossimilhança, isto é, deve ter uma coerência tal que pareça real. Isso era tão importante para o filósofo grego que é, em sua Poética, um critério para considerar como gêneros maiores a epopéia e a tragédia, gêneros da narração ou da representação das ações humanas. (SANTANA, 2010, p. 7)

⁷ “Aristóteles vê a imitação (*mimêsis*) de modo positivo. Para ele, trata-se de um processo que é compartilhado tanto pela natureza, como pela arte; é dessa forma que interpretamos a famosa afirmação de que “a arte imita a natureza”. LEMOS, Carlos de Almeida. A Imitação em Aristóteles. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/FilosofiaClassica/article/view/16970#:~:text=Em%20oposi%C3%A7%C3%A3o%20a%20seu%20mestre,a%20arte%20imita%20a%20natureza%E2%80%9D>> Acesso em 05 de Junho de 2022

Segundo o antropólogo Laplantine (2017), o imaginário científico por sua vez é limitado pelas razões conceituais, uma vez que o imaginário se constitui por meio de expressões simbólicas, aquele que o expressa pode manobra-lo a direções bem definidas, no caso dos acadêmicos, ao campo das limitações formais. Luís Fernando Tosta Barbato interpretando Chartier, diz:

Chartier argumenta que a escrita da história passa por toda uma série de etapas características, marcadas por procedimentos próprios da escrita da história, e que escapam ao romancista, como análise de dados, a formulação de hipóteses, a crítica e verificação de resultados, além de uma articulação entre o discurso do historiador e de seu próprio objeto de pesquisa. (BARBATO, 2014, p. 8)

Agora que entendemos um pouco melhor as aproximações e distanciamentos entre a literatura e a história por meio de discussões sobre os conceitos de imaginário e representação, somos capazes de avançar para conhecer um gênero específico da literatura, o romance histórico, foco de nossa ótica analítica.

4 NOTAS SOBRE O ROMANCE HISTÓRICO, A CONSCIÊNCIA E A CULTURA HISTÓRICAS

O historiador húngaro referência nos estudos sobre o gênero, George Lukács, argumenta que o Romance Histórico surgiu no início do século XIX a partir do romancista escocês Walter Scott, ao mesmo tempo em que chegava ao fim a era de Napoleão (WEINHARDT, 1997). Neste período, com a influência do iluminismo, cujos filósofos, no geral, acreditavam que o progresso só seria possível por meio da construção da Nação, vemos a literatura ganhar lugar privilegiado na constituição da história nacional. Isso porque a partir das narrativas produzidas na época era possível reconstituir determinados acontecimentos. Esse modelo ficou conhecido nos estudos de Lukács como “Romance Histórico Clássico” (LAVORATI e TEIXEIRA, 2010). Antônio Esteves⁸ sintetizou em um esquema, as principais características encontradas nesse tipo de escrita:

1-A ação do romance ocorre num passado anterior ao presente do escritor, tendo como pano de fundo um ambiente histórico rigorosamente reconstruído, onde figuras históricas ajudam a fixar a época, agindo conforme a mentalidade de seu tempo. 2- Sobre esse pano de fundo histórico situa-se a trama fictícia, com personagens e fatos criados pelo autor. Tais fatos e personagens não existiram na realidade, mas poderiam ter existido, já que sua criação deve obedecer a mais estrita regra de verossimilhança. (ESTEVES, 1998, p. 129 apud LAVORATI e TEIXEIRA, 2010, p. 2)⁹

⁸ ESTEVES, Antonio R. Considerações sobre o romance histórico (No Brasil, no limiar do séc. XXI). Revista de Literatura, História e Memória. Vol.4, nº4, p. 53-66, 2008.

⁹ Trata-se da explicação das principais características de um romance histórico clássico presente no texto de Lavorati e Teixeira, sintetizada por Antônio Esteves a partir dos estudos da obra de Georg Lukács.

Como vimos anteriormente, a História começou a expandir seus horizontes abarcando um modelo interdisciplinar a partir da Escola dos Annales, que não focalizava mais nos modelos clássicos de interpretação da Historiografia Tradicional ou de recontar o feito de “Grandes Homens”, como o exemplo do próprio Napoleão, mas em uma história que pudesse abranger também as mentalidades, os sentimentos, a cultura humana. É claro que, diante das transformações que ocorreram nas últimas décadas, com esse gênero literário que se compõe em hibridismo, o romance histórico, não seria diferente, e ele desabrochou, passando por um processo de desvinculação ou subversão total ao modelo dito “tradicional”, como bem disse Altamir Botoso (2010, p. 10): “o romance histórico evoluiu e, nessa evolução, incorporou as inovações e ousadias da pós-modernidade.”

A partir do modelo scottiano, o romance histórico evoluiu largamente, passou por inúmeras transformações e, com variações nas técnicas narrativas levantadas por Seymour Menton (1993) tais como o emprego da intertextualidade, da carnavalização, da metaficção, da distorção da história e da caracterização dos personagens, continua sendo cultivado até a atualidade, com grande êxito. A ficção histórica atual mantém uma estreita relação com a história, cujo material é sempre seu ponto de partida, mas, opõe-se ao esquema composicional de Scott, subvertendo-o quase que completamente (ibdi, 2010, p. 5)

Lavorati e Teixeira (2010) pontuam que o “Novo Romance Histórico” assumiu uma roupagem diferente do Romance Histórico Clássico pois este apresentou narrativas que passaram a explorar as possibilidades que as utilizações dos fatos históricos poderiam lhe proporcionar e, por meio dessa dinâmica, até mesmo questionar a construção da História Oficial.

São narrativas que optam pela pluralidade discursiva e dão voz a outra história que foi ignorada, ou mesmo manipulada, pela história oficial e, dessa forma, também contribuem para a construção de uma identidade nacional, mas agora por meio de uma subversão do discurso dominante num processo conduzido pelas diferentes releituras que são produzidas. (LAVORATI e TEIXEIRA, 2010, p. 8)

Vale também pontuar como a construção da narrativa, ao se livrar do vínculo com a retratação da História Oficial teve uma maior liberdade constitutiva:

Eles podem recriar, reinventar personagens na busca de melhor representar suas ideias. Não há mais a necessidade de se criar ou identificar o patriotismo ou a nacionalidade como nos romances históricos do século XIX e, por isso, cabe ao autor adentrar na História e tirar dela o que de melhor houver para a representação ficcional, sem compromisso com a História oficial. (César Gomes da Silva 2007, p. 43 apud LAVORATI e TEIXEIRA, 2010, p. 6)

Quando dizemos que o Novo Romance Histórico tem a capacidade até mesmo de questionar a história oficial podemos utilizar como exemplos os romances produzidos aqui, na América Latina, muitos desses romances utilizam de recursos linguísticos paródicos para subverter o fato histórico, assim, por meio dessa distorção o fato histórico é revisitado, e seus silêncios e lacunas são investigados.

Portanto, esse gênero literário tem a capacidade de reler a história, desconstruir e reavaliar a história oficial. (BOTOSO, 2010). Fernando Aínsa, pontua os pontos positivos desse tipo de narrativa:

A escritura paródica nos dá, talvez, a chave na qual se pode sintetizar a nova narrativa histórica. A historiografia, ao ceder ao olhar demolidor da paródia ficcional, à distância crítica da descrença romanesca que transpareça o humor, quando não o grotesco, permite recuperar a esquecida condição humana. Graças à ironia, a “irrealidade” dos homens convertidos em símbolos nos manuais de história recobram sua realidade autêntica. A desconstrução paródica reumaniza personagens históricos transformados em “homens de mármore”. (AINSA, 1991, p. 85 apud BOTOSO, 2010, p. 43).

Detalhe importante para aqueles que se aventuram a estudar o subgênero é que o Novo Romance Histórico, a partir da classificação pensada por Fernando Aínsa, teria duas particularidades fundamentais, a primeira delas já foi citada anteriormente que é o fato da narrativa ser contada a partir de uma paródia; e o segundo aspecto diz respeito ao protagonismo da obra: esse tem de ser feito por uma personagem histórica real, e não uma figura fictícia imaginada, como no modelo clássico de Lukács.

Mas, afinal, o que determina o Romance Histórico? Para Marilene Weinhardt, “importa para um romance ser histórico não o fato histórico em si, e sim as transformações que ele provocou na vida de uma determinada sociedade numa determinada época, ou seja, que a ‘especificidade histórica do tempo da ação condicione o modo de ser e agir das personagens’ (WEINHARDT, 1995, p. 53 apud SANTOS, 2012, p. 2). Para George Lukács, aquilo que ele considerava um “verdadeiro Romance Histórico” possuiria:

As grandes transformações da história como transformações da vida do povo. Seu ponto de partida está sempre na apresentação das influências na vida cotidiana do povo por parte das importantes modificações históricas, e na apresentação das modificações materiais e psíquicas provocadas por elas nos seres humanos que, sem dar-se conta de suas causas, reagem sem embargo a elas de forma imediata e veemente. Partindo dessa base, elabora as complicadas correntes ideológicas, políticas e morais que por força surgem nessas transformações (LUKÁCS, 1966, p. 52-53 apud SANTOS, 2012, p. 1)

COSSON e SCHWANTES (2005, p. 31), também pontuam: “o que enseja o uso do adjetivo histórico em um romance é a presença da história como parte constitutiva da obra, isto é, a certeza de que sem a presença daqueles personagens que são pessoas e sem os episódios conhecidos como históricos o romance seria outro”. Mediante isto, podemos resumir que, para que um Romance seja considerado “histórico” os seus personagens devem conversar diretamente com a temporalidade histórica que ele projeta. Como ela age e exerce influência sobre seus narradores, é importante fazermos esse apontamento para contextualizar o gênero, pois, ao final das contas, toda Literatura é “histórica”, seja ela uma representação do seu tempo ou uma tentativa de reproduzir um tempo escapado, haja vista que tudo que é produzido em sociedade pelos seres humanos é história, mas,

percebendo a partir da ótica que delimita o gênero somos capazes de compreender que nem todo romance pode ser enquadrado no gênero “romance histórico”.

Em verdade, todo romance, como produto de um ato de escrita é sempre histórico, uma vez que revelador de, pelo menos, um tempo a que poderíamos chamar de tempo da escrita ou da produção do texto. Contudo, tal definição, por mais verdadeira que possa ser, não serve para o que comumente nomeamos de romance histórico no plano dos estudos literários. Nesse âmbito, romance histórico corresponde àquelas experiências que têm por objetivo explícito a intenção de promover uma apropriação de fatos históricos definidores de uma fase da História de determinada comunidade humana. (BAUMGARTEN, 2016, p. 1)

Quando conhecemos o romance histórico pensamos em um gênero que é híbrido, não somente literário no sentido artístico e imaginário da coisa, mas que também é carregado de elementos históricos na sua articulação. Se a História pode se apropriar do uso da literatura como fonte para perceber elementos da sociedade, do pensamento, da cultura, porque a literatura não haveria de se apropriar de alguns elementos da História/Ciência, para dar corpo a sua arte? São nesses processos de diálogos que reside a interdisciplinaridade, diálogos caros às produções do século XX que parecem buscar cada vez mais avançar fronteiras, visitar outras ciências, gêneros...

Isto posto, é crucial aproveitar esse espaço de debate para levantar algumas reflexões sobre o uso do romance histórico feito pelo leitor, quais experiências nascem e são compartilhadas nesse jogo de ler e escrever? Se faz necessário entendermos que um livro não pode ser somente um objeto de análise no qual buscaremos encontrar elementos históricos e representativos. Quando nos propormos a fazer esse tipo de estudo temos que levar em conta a fluidez da arte, a recepção por parte dos leitores e pensar no grau de influência que esse livro pode ter em suas vivências reais; será ele apenas um meio de lazer? Que tipos de experiências surgem a partir dessa leitura? E questionamentos? Nesta medida o romance histórico seria não somente uma forma de representação desse passado, mas uma maneira de *interpretação* produzida tanto pelo produtor da narrativa quanto pelo receptor. Para compreender melhor essa narrativa literária com potencialidade de aguçar o pensamento histórico façamos uma visita ao conceito de *Consciência Histórica*.

Jörn Rüsen¹⁰ e Agnes Heller¹¹, estudiosos que se dedicaram a conceituar e explorar a noção de consciência histórica nos trazem importantíssimas contribuições para estabelecer esse diálogo. Para Rüsen, a consciência histórica seria um conjunto de operações mentais com as quais os seres humanos são capazes de orientar e interpretar as suas experiências reais no seu tempo e espaço, enquanto Heller entende que ela é um meio possibilitador da busca por respostas às perguntas e problemas que a cotidianidade impõe ao ser humano. (HELLER, 1993 apud BONETE, 2013).

¹⁰ RÜSEN, Jörn. O desenvolvimento da competência narrativa na aprendizagem histórica: uma hipótese ontogenética relativa a consciência moral. In: SCHMIDT, Maria; BARCA, Isabel; MARTINS, Estevão (Org.). Jörn Rüsen e o Ensino de História. Curitiba: Editora UFPR, 2010, p. 51-77.

¹¹ HELLER, Agnes. Uma teoria da história. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1993.

Tanto Heller quanto Rüsen são autores bastante utilizados em trabalhos que se propõem a estudar o ensino da história, e podemos estabelecer que o pensamento dos dois se conecta como pontua Wilian Junior Bonete na medida em que “para ambos a consciência histórica não está restrita a períodos da história, grupos sociais ou indivíduos aptos e privilegiados ao desenvolvimento intelectual histórico. Ao contrário disso, a consciência histórica é uma das condições primordiais do pensamento histórico e nasce a partir das experiências dos seres humanos no tempo e no espaço, em suas circunstâncias de vida.” (BONETE, 2013, p. 3)

Para Heller (1993), tal como Rüsen, a consciência histórica é inerente a existência humana, sua experiência histórica é intrínseca a sua própria historicidade, presente no cotidiano mediante a necessidade da transformação e manutenção de identidades. O ser humano é um ser de questionamentos e respostas. Sua ação difere de outros seres, pois não procura superar apenas suas necessidades biológicas. Silva (2007: 16)¹² salienta que o homem é um ser na consciência e constrói, nas suas relações com os outros homens, sua própria história e a história da humanidade, tenham disso consciência ou não, em qualquer tempo e espaço que ocuparem. (ibid, 2013, p. 8)

O conceito de consciência histórica, trabalhado e desenvolvido por Rüsen e Heller, nos é interessante porque ele coloca a história em seu lugar de aplicabilidade prática na vida das pessoas; esse processo de associação do mundo feito pelos indivíduos a partir das suas experiências no presente para refletir sobre o passado, e captar até mesmo as continuidades e discontinuidades é feito por meio das *narrativas* estabelecidas em seu tempo, o tempo em que se vive.

Podemos entender segundo este raciocínio, que as narrativas adquirem um fator de extrema importância no agir histórico. Para Rüsen elas são a face material da consciência histórica (RUSEN in BARCA et al. 2010, p. 12). Ou seja, toda a forma de interpretação do indivíduo sobre sua experiência do tempo, que é capaz de orientar suas ações e permitir a atribuição de sentido às relações cotidianas. Essa visão é esclarecedora à medida que podemos entender a história não como exclusiva dos bancos escolares ou acadêmicos, mas presente no curso dos dias, nas relações mundanas, através das inúmeras narrativas que se estabelecem diariamente. (MARRERA e SOUZA, 2013, p. 3)

Para esses autores, as narrativas que são capazes de dar ao ser humano as suas interpretações no mundo vão muito além da historiografia oficial, mas abarcam a cotidianidade, as ações do dia a dia, como parte fundamental dessa ação, e é aí que podemos pensar nos usos do romance histórico, que afinal, é uma narrativa estabelecida pelos sujeitos e para os sujeitos, não pelos historiadores como uma narrativa oficial da ciência, mas não menos capaz de ter potencialidade como agente da consciência histórica dos indivíduos.

Se a consciência histórica está presente e se é inerente a todos os indivíduos e pode ser resumida, como pontuou BONETE (2013, p. 18), como “uma operação mental que articula passado,

¹² SILVA, Sérgio Rodrigues. Aprender a História, Aprender com a História. (Dissertação de Mestrado em Educação), UNISO, Sorocaba, 2007

presente e futuro na compreensão das experiências vividas pelos homens e que as interpreta com a finalidade de orientar as expectativas em relação ao futuro”, então não podemos descartar o romance histórico, as mídias, os filmes, séries, e todos os demais conteúdos que o mundo contemporâneo oferece a um clique de distância como narrativas que podem e vão, levantar reflexões ao receptor.

Destarte, não podemos compreender esses conteúdos como meramente estéticos; é necessário pensar e repensar sua fluidez, seu alcance. No âmbito da compreensão histórica, ressaltamos que aqui não estamos de forma alguma retirando a historiografia do seu lugar de produção científica; o debate que levantamos diz respeito às múltiplas possibilidades que existem socialmente para constituir reflexões históricas pelas experiências reais do cotidiano e que não são restritas à historiografia oficial e acadêmica, a qual, nos vale lembrar, nem todos têm acesso.

Rüsen define que os usos do passado na sociedade pelas *artes* se trata de uma “dimensão estética da Cultura Histórica”. A *Cultura Histórica*, em síntese, é “uma categoria de análise que permite compreender a produção e usos da história no espaço público na sociedade atual.” (RÜSEN 1994 apud SCHMIDT 2014). Essa dimensão social da Cultura Histórica estaria dividida em três âmbitos: “a partir das funções da cultura histórica em determinadas sociedades, Rüsen (1994) apresenta suas três dimensões principais: a dimensão estética, a política e a cognitiva. Na dimensão estética da cultura histórica, as memórias históricas se apresentam, sobretudo, sob a forma de criações artísticas, como as novelas e dramas históricos” (SCHMIDT, 2014, p. 4)

O grande problema quando pensamos a história fora da academia e as maneiras como ela pode ser percebida na cotidianidade vem muito do seu contexto de constituição da ciência, o que acabou gerando uma certa desvinculação entre a disciplina e o seu sentido prático (SCHMIDT, 2014):

Segundo Rüsen (2010), a consolidação da História como ciência excluiu a Didática da História do centro da reflexão do historiador sobre sua própria profissão, sendo substituída pela metodologia da pesquisa histórica, provocando uma separação entre o ensino da História e a sua pesquisa. Durante o processo de ‘cientificação’ da História o ensino passou a ser visto como atividade de menor valor, secundária, de mera reprodução do saber acadêmico, com objetivo de cumprir as finalidades pressupostas nos processos e formas de escolarização de cada sociedade. Ao ato de ensinar História e ao produto de tal ato não se atribuía o status de ciência, pois, enquanto o conhecimento científico era produzido exclusivamente pelos profissionais da História, “a tarefa da didática da História era transmitir este conhecimento sem participar da criação do discurso” (RÜSEN, 2010, p. 27). Essa separação acabou deixando um vazio para o conhecimento histórico acadêmico, o vazio de sua função, pois a partir do “século dezenove, quando os historiadores constituíram sua disciplina, eles começaram a perder de vista um princípio importante, qual seja, que aquela História precisa estar conectada à necessidade social de orientação da vida dentro da estrutura temporal.” (RÜSEN, 2010, p. 31, apud SCHMIDT, 2014, p. 6)

A partir dessa consolidação da disciplina e até os dias atuais podemos ousar dizer que o ensino de história vive uma verdadeira crise já que as possibilidades de transformá-lo em ferramenta para a

vida prática acabaram sendo de certa forma secundarizadas pela historiografia ao desvincular a “pesquisa” e a “educação”. Segundo Maria Auxiliadora Moreira dos Santos Schmidt:

Nesse processo, as questões relacionadas à aprendizagem histórica e, portanto, ao seu ensino, saíram da pauta dos historiadores e entraram, prioritariamente, na pauta das teorias educacionais e, portanto, das formas e funções da escolarização. Em decorrência, pode-se afirmar que as problemáticas e crises que ocorrem na dimensão cognitiva da cultura histórica passam a pertencer mais ao âmbito das crises da escolarização do que da própria ciência. (2014, p. 7)

Uma vez pontuado a origem dessa problemática existente na aplicabilidade prática da história, podemos retornar ao nosso debate entre história e ficção, ou melhor, romance histórico! Para o filósofo francês Jacques Rancière, que se debruçou sobre o caráter político da arte, as práticas artísticas (inclusive visuais) teriam o poder de:

...exemplaridade política sobre as demais práticas e isso nos faz pensar o quanto o exercício de julgar esteticamente nos prepara para estabelecer juízos também noutras esferas da atuação humana. E o estético é indissociável do político, uma vez que ambos são maneiras de organizar o sensível: de dar a entender, de dar a ver, de construir a visibilidade e a inteligibilidade dos acontecimentos. (RANCIÈRE apud KAMINSKI, 2013, p. 13)

Esse pensamento de Rancière é fundamental nas reflexões sobre a importância do impacto das artes na cotidianidade, na medida em que:

Segundo ele, é a arte que força “a linguagem a penetrar na materialidade dos traços através dos quais o mundo histórico e social se torna visível a si mesmo, ainda que sob a forma da linguagem muda das coisas e da linguagem cifrada das imagens”. Nesse sentido, o estudo das produções ficcionais – no cinema, na literatura, no teatro e nas artes em geral – propõe possibilidades para se pensar a história, uma vez que o “real precisa ser ficcional para ser pensado (KAMINSKI, 2013, p. 17)

Assim, refletimos em último ponto, como coloca Rosane Kaminski que:

todos podem ser vistos como potenciais agentes históricos, na medida em que todos ‘partilham’ a experiência sensível comum, mas aqueles que escrevem a ‘história’ e aqueles que produzem ficção, são, de fato, agentes, pois são ‘seres falantes’, ao construir enunciados que serão postos em circulação no espaço público e, por conseguinte, terão efeitos no real. (2013, p. 18)

Nossa proposta com a breve exposição dos conceitos até agora apresentados teve por objetivo explicitar nossa percepção de que a literatura não tem apenas uma função estética, mas também política, uma vez que é capaz de produzir efeitos no real, de alcançar as cotidianidades, de gerar interpretações e transformações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegado ao fim de nossa discussão, concluímos nosso objetivo ao longo do debate de estabelecer as possibilidades que o historiador tem em seu encontro com a Literatura e o seu uso como fonte, fazendo também o movimento contrário nas apropriações da Literatura em relação as práticas da historiografia e seu processo de pesquisa, distanciando e aproximando as duas escritas, sempre com a compreensão de que a literatura é uma manifestação artística que tanto nos faz ter contato com aquilo que é esteticamente belo e criativo, mas também atua com potencialidade na formação de sujeitos sociais a partir da sensibilidade para compreensão de realidades (FREITAS, 2020, p. 99) Pontuamos, que nossa proposta com a breve exposição dos conceitos até agora colocados, é claro, não foi com o intuito de trabalhá-los de forma aprofundada, mas inseri-los no debate de maneira que, mediante o discorrido, passemos a identificar e refletir sobre a literatura não apenas em sua função estética, mas também em sua potencialidade política, capaz de produzir efeitos no real, atingindo assim as cotidianidades uma vez que a literatura no seu âmbito comercial circula dentro da sociedade, sendo ela, produção cultural dos sujeitos.

REFERÊNCIAS

- Almeida, simone garcia; amador, kassandra thamyris maciel. A interdisciplinaridade no ensino de história: relações possíveis entre a história e a literatura. *Fronteiras & debates macapá*, v. 6, n. 2, jul./dez. 2019.
- Araujo, valdei lopes de. 2006. Sobre o lugar da história da historiografia como disciplina autônoma. *Locus: revista de história*. Disponível em: <<https://periodicos.ufjf.br/index.php/locus/article/view/20629>> acesso em: 05 de maio de 2022.
- Bonete, wilian junior. Notas sobre o conceito de consciência histórica e narrativa em jörn rüsen e agnes heller. *Revista eletrônica história em reflexão*: vol. 7 n. 14 – ufgd – dourados, jul/dez – 2013
- Botoso, altamir. Romance histórico e pós-modernidade. *Revista de letras da universidade católica de Brasília*. Volume 3 – número 1/2 – ano iii – dez/2010
- Burke. Peter. *O que é história cultural?*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 2005.
- Cardoso, ciro flamarion. História e paradigmas rivais. In: Cardoso, ciro flamarion; Vainfas, Ronaldo (orgs.). *Domínios da história: ensaios de teoria e metodologia*. Rio de Janeiro: Campus, 1997. P. 1-23.
- Chartier, Roger. O mundo como representação. *Estud. Av.*, abr 1991, vol.5, no.11, issn 0103-4014.
- Coelho, Fabiano. Conceitos “cultura” e “representação”: contribuições para os estudos históricos. *Fronteiras: revista de história dourados*, ms. V. 16. N. 28. P. 87 – 99, 2014
- Cosson, Rildo; Schwantes, Cíntia. Romance histórico: as ficções da história. *Tinerários*, Araraquara, 23, 29-37, 2005
- Filipim, Priscila Viviane de Souza; Rossi, Ednéia Regina. Nova história cultural e história da educação: rompendo paradigmas no ofício de historiar - notas de um percurso. XI Congresso de Educação Educere 2013. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Curitiba, 2013.
- Kaminski, Rosane. Reflexões sobre a pesquisa histórica, a ficção e as artes. In: Freitas, A.; Kaminski, R. (orgs.). *História e arte: encontros disciplinares*. São Paulo: Intermeios, 2013, p.65-93.
- Laplantine, François; Trindade, Liana. *O que é imaginário?* Editora Brasilense, 2017.
- Lavorati, Carla; Teixeira, Nírcia Cecília Ribas Borges. Diálogos entre ficção e história: do romance histórico clássico ao novo romance histórico. *Revista Odisseia – PPGEL / UFRN* n°6, jul – dez 2010
- Lopes, Eliane Marta Teixeira; Galvão, Ana Maria de Oliveira. *História da educação*. Rio de Janeiro: DP&A, 2001.
- Luiz, José dos Santos. *O que é cultura*. Tatuapé, São Paulo: Editora e Livraria Brasileira, 2007.
- Makowiecky, Sandra. Representação: a palavra, a idéia, a coisa. *Cadernos de pesquisa interdisciplinar em ciências humanas (Pgich)*. N° 57 – dezembro de 2003.
- Marrera, Fernando Milani; Souza, Uirys Alves. A tipologia da consciência histórica em Rüsen. *Revista Latino-Americana de História* vol. 2, n° 6 – agosto de 2013 – edição especial © by PPGH-UNISINOS

Pesavento, sandra. Em busca de uma outra história: imaginando o imaginário. Revista brasileira de história, são paulo; v.15, nº29, p. 9-27

Pesavento, sandra. História e literatura: uma velha nova história in história e literatura: identidades e fronteiras. Edufu, 2006.

Pesavento, sandra j. Representações. Revista brasileira de história. São paulo: anpuh/ contexto, vol.15, nº 29, 1995.

Rezende, valdeci borges. História e literatura: algumas considerações. Revista de teoria da história ano 1, número 3, junho/ 2010. Universidade federal de goiás issn: 2175-5892

Santana, ana souza. História e literatura: notas para um diálogo. Mneme – revista de humanidades, 11(28), 2010 – ago / dez. Disponível em: < <http://www.periodicos.ufrn.br/ojs/index.php/mneme>> acesso em: 05 de maio de 2022.

Santos, donizeth. O romance histórico e a problemática do distanciamento temporal entre o fato narrado e o período de vida do autor. Língua e letras, v, 13. Nº 25, p. 187-203

Schmidt, maria auxiliadora moreira dos santos. Cultura histórica e aprendizagem histórica. Revista nupem, campo mourão, v. 6, n. 10, jan./jun. 2014

Sicsú, delma pacheco. O imaginário na literatura. Relem – revista eletrônica mutações, agosto – dezembro, 2014

Sirqueira, jacqueline vigário. História e imaginário. Ii seminário de pesquisa da pós-graduação em história ufg/ucg. Goiânia-goiás, 2009.

Vinícius, carlos; santos, gabriela, da alegria e da angústia de diluir fronteiras: o diálogo entre a história e literatura. Disponível em: < www.historia.uff.br/cantareira issn 1677-7794 >acesso em 01, de maio de 2022.

Weinhardt, marilene. Considerações sobre o romance histórico. Letras, curitiba, n.43, p. 11-23, 1994. Editora da ufpr

Freitas, angela maria xavier. A importância do uso da literatura como recurso facilitador no processo de aprendizagem. Perspectivas sociais, pelotas, vol. 06, nº 01, p. 98-110, 2020

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-036>

Délio Guerra Drummond Júnior

Acadêmico de Medicina
Universidade Federal do Oeste da Bahia
Orcid : 0000-0002-2901-9763

Tainá Rodrigues Toqueton

Acadêmica de Medicina
Unicid - pinheiros
Orcid: 0000-0002-7568-5572

Igor Costa Santos

Acadêmico de Medicina
Universidade Federal de Jataí
Orcid : 0000-0002-5637-7750

Lethícia Mariah Marchi Bertin

Médica
E-mail: lemariah@icloud.com

Ariane Simião Garcia

Médica
E-mail: ariane_sg@hotmail.com

Bianca Macedo Guimarães

Acadêmica de Medicina
E-mail: marbijean@gmail.com

Jéssica de Vasconcelos Oliveira Viégas

Médica
Universidade de Vassouras - Vassouras, RJ
E-mail: jessicaoviegas@yahoo.com.br

Ana Carolina Campos Moraes Guimarães

Médica
Universidade de Rio Verde campus Rio Verde
E-mail: anacmguimaraes@hotmail.com

Francisco Rodrigues Nascimento Junior

Médico
Centro Universitário Tiradentes /afya
E-mail: francisco.rnascimento@souunit.com.br

RODRIGO DANIEL ZANONI

Mestre em Saúde Coletiva pela Faculdade São Leopoldo
Mandic Campinas
ORCID: 0000-0001-7641-2851

RESUMO

O avanço das tecnologias médicas tem proporcionado melhorias significativas nas cirurgias ginecológicas, especialmente para mulheres idosas. Este artigo tem como objetivo explorar as inovações tecnológicas recentes e seu impacto nas cirurgias ginecológicas em mulheres idosas, destacando os benefícios e desafios associados a essas inovações.

Uma das principais inovações tecnológicas é o uso de técnicas minimamente invasivas, como a laparoscopia e a robótica. Esses procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos são menos traumáticos para o paciente, resultando em menor tempo de recuperação, menor risco de complicações e menor tempo de internação hospitalar. Além disso, eles oferecem melhores resultados estéticos, o que é especialmente relevante para mulheres idosas que se preocupam com sua aparência.

Outra inovação tecnológica importante é a aplicação de dispositivos cirúrgicos avançados, como os instrumentos laparoscópicos articulados e as pinças robóticas. Essas ferramentas permitem que os cirurgiões realizem movimentos precisos e complexos, aumentando a eficiência e a segurança das cirurgias. Além disso, a visualização em alta definição proporcionada por sistemas de vídeo laparoscópicos avançados facilita a identificação de estruturas anatômicas importantes durante a cirurgia.

A utilização de técnicas de imagem, como a ultrassonografia intraoperatória e a ressonância magnética, também tem contribuído para a melhoria das cirurgias ginecológicas em mulheres idosas. Essas técnicas permitem uma avaliação mais precisa das lesões e das estruturas adjacentes, auxiliando os cirurgiões na tomada de decisões durante o procedimento.

No entanto, apesar dos benefícios das inovações tecnológicas, existem desafios a serem enfrentados. Um dos principais desafios é a curva de aprendizado associada ao uso dessas novas tecnologias. Os cirurgiões precisam adquirir habilidades específicas e passar por treinamentos adequados para dominar essas técnicas avançadas. Além disso, o custo dessas tecnologias pode ser um obstáculo para a sua adoção generalizada.

Em conclusão, as inovações tecnológicas têm revolucionado as cirurgias ginecológicas em

mulheres idosas, proporcionando benefícios significativos em termos de resultados clínicos, tempo de recuperação e qualidade de vida. No entanto, é importante que os profissionais de saúde estejam preparados para enfrentar os desafios associados à implementação dessas tecnologias,

garantindo que sejam utilizadas de forma segura e eficaz para o benefício das pacientes idosas.

Palavras-chave: Inovações tecnológicas, Cirurgias ginecológicas, Mulheres idosas, Técnicas minimamente invasivas, Resultados clínicos.

1 INTRODUÇÃO

As cirurgias ginecológicas são procedimentos comuns realizados em mulheres, incluindo aquelas na faixa etária idosa. Essas intervenções visam tratar uma variedade de condições, como miomas uterinos, endometriose, prolapso genital e câncer ginecológico. No entanto, mulheres idosas apresentam desafios únicos relacionados a alterações fisiológicas, comorbidades e fragilidades, que podem aumentar o risco de complicações pós-operatórias.

As complicações pós-operatórias mais comuns em mulheres idosas submetidas a cirurgias ginecológicas incluem infecções, sangramento excessivo, lesões de órgãos adjacentes, disfunção intestinal e complicações específicas relacionadas à cirurgia realizada. Prevenir essas complicações é essencial para promover uma recuperação adequada e melhorar os resultados cirúrgicos.

A introdução de inovações tecnológicas na cirurgia ginecológica tem proporcionado avanços significativos. Essas inovações incluem o uso de técnicas minimamente invasivas, como a laparoscopia e a robótica, bem como a aplicação de dispositivos cirúrgicos avançados, como a energia eletrotermal e os sistemas de sutura automatizada. Além disso, o desenvolvimento de dispositivos cirúrgicos avançados e o uso de tecnologias emergentes, como a impressão 3D e a realidade aumentada, estão transformando a prática cirúrgica ginecológica. Essas tecnologias têm o potencial de melhorar a precisão, a segurança e os resultados pós-operatórios em mulheres idosas submetidas a cirurgia ginecológica.

Compreender o panorama atual das inovações tecnológicas em cirurgias ginecológicas em mulheres idosas é fundamental para promover melhores resultados cirúrgicos, reduzir complicações pós-operatórias e aprimorar a qualidade de vida dessas pacientes. A revisão sistemática de literatura visa fornecer uma análise abrangente e atualizada das evidências disponíveis, fornecendo insights valiosos para profissionais de saúde, pesquisadores e formuladores de políticas, no sentido de promover a adoção adequada e efetiva das inovações tecnológicas nesse contexto cirúrgico específico.

2 OBJETIVO

O objetivo desta revisão sistemática de literatura é avaliar as inovações tecnológicas utilizadas nas cirurgias ginecológicas em mulheres idosas e examinar sua eficácia na prevenção de complicações pós-operatórias, bem como no manejo dessas complicações, quando ocorrem.

3 METODOLOGIA

Esta revisão de literatura foi conduzida de acordo com os critérios do PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). A busca foi realizada nas bases de dados PubMed, Embase, Scopus e Web of Science, utilizando os seguintes descritores: "elderly", "gynecologic surgery", "postoperative complications", "innovations", "technology". Os critérios de inclusão foram: estudos publicados nos últimos 10 anos, escritos em inglês, que abordassem inovações tecnológicas em cirurgias ginecológicas em mulheres idosas, complicações pós-operatórias, medidas preventivas e estratégias de manejo. Estudos de revisão, estudos duplicados e estudos que não atenderam aos critérios de inclusão foram excluídos.

4 RESULTADOS/DISCUSSÃO

Foram selecionados um total de 20 artigos relevantes para a realização desta revisão sistemática de literatura. Esses artigos abordam as inovações tecnológicas aplicadas nas cirurgias ginecológicas em mulheres idosas, seus benefícios e impacto na segurança e eficácia dos procedimentos.

As principais cirurgias ginecológicas realizadas em mulheres idosas incluem histerectomia, cirurgia de reparação do prolapso genital, tratamento de endometriose e cirurgias relacionadas ao câncer ginecológico. Esses procedimentos podem apresentar desafios específicos devido às condições de saúde pré-existentes e à fragilidade associada à idade.

Diversas inovações tecnológicas têm sido desenvolvidas para melhorar os resultados cirúrgicos em mulheres idosas. A laparoscopia e a cirurgia robótica são técnicas minimamente invasivas que permitem uma abordagem cirúrgica precisa com incisões menores, resultando em menor trauma cirúrgico, menor perda de sangue e recuperação mais rápida. Além disso, o uso de tecnologias avançadas, como a impressão 3D, tem permitido a criação de modelos anatômicos personalizados para um planejamento pré-operatório mais preciso.

Ao longo dos anos, várias tecnologias foram desenvolvidas com o objetivo de melhorar os resultados cirúrgicos, reduzir complicações e promover uma recuperação mais rápida e segura.

Um marco importante na história das inovações tecnológicas em cirurgias ginecológicas foi a introdução da laparoscopia. Essa técnica minimamente invasiva revolucionou a abordagem cirúrgica, substituindo a necessidade de grandes incisões abdominais por pequenas incisões e a utilização de um laparoscópio, uma câmera com visualização ampliada, para realizar a cirurgia. A laparoscopia permitiu procedimentos mais precisos, reduziu o tempo de internação e acelerou a recuperação pós-operatória.

Posteriormente, o desenvolvimento da cirurgia robótica trouxe ainda mais avanços para as cirurgias ginecológicas em mulheres idosas. Essa tecnologia utiliza um sistema robótico controlado pelo cirurgião, oferecendo uma precisão e destreza aprimoradas. Com o auxílio de braços robóticos e

instrumentos cirúrgicos miniaturizados, a cirurgia robótica permite uma visualização tridimensional e uma maior mobilidade dos instrumentos, facilitando procedimentos complexos. Essa abordagem tem sido especialmente benéfica em casos de câncer ginecológico, onde é necessário um alto grau de precisão e preservação dos órgãos adjacentes.

Além disso, a evolução dos dispositivos cirúrgicos tem contribuído para melhorar os resultados e reduzir as complicações. Os avanços nessa área incluem o desenvolvimento de seladores de tecidos, que permitem a hemostasia eficiente e segura, minimizando o sangramento durante a cirurgia. Bisturis de energia eletrotermal têm sido utilizados para cortes precisos e coagulação adequada, reduzindo o risco de sangramento excessivo e complicações relacionadas.

Outra inovação tecnológica importante é a impressão 3D, que tem sido utilizada para o planejamento pré-operatório. Com base em imagens de tomografia computadorizada ou ressonância magnética, modelos tridimensionais dos órgãos e estruturas anatômicas podem ser criados, permitindo uma visualização mais precisa e um planejamento cirúrgico mais detalhado. Isso auxilia os cirurgiões na identificação e preservação adequada das estruturas importantes durante a cirurgia, resultando em melhores resultados e menor risco de complicações.

É importante ressaltar que essas inovações tecnológicas não substituem a habilidade e a experiência do cirurgião, mas sim complementam o seu trabalho, fornecendo ferramentas avançadas para aprimorar a precisão e a segurança dos procedimentos. Portanto, a capacitação e o treinamento adequados dos profissionais de saúde são essenciais para garantir o uso adequado e eficaz dessas tecnologias.

Logo, as inovações tecnológicas têm desempenhado um papel fundamental no avanço das cirurgias ginecológicas em mulheres idosas. Ao longo dos anos, essas inovações têm proporcionado melhorias significativas nos resultados cirúrgicos, na segurança dos pacientes e na qualidade de vida pós-operatória.

No entanto, é importante ressaltar que cada inovação tecnológica passa por um processo de desenvolvimento e aprimoramento contínuo. Os avanços na área das cirurgias ginecológicas são resultado de extensas pesquisas, estudos clínicos e colaborações entre profissionais de saúde, engenheiros biomédicos e empresas de tecnologia médica.

À medida que novas técnicas e tecnologias emergem, é essencial avaliar sua eficácia e segurança por meio de estudos clínicos rigorosos. A pesquisa clínica desempenha um papel fundamental na identificação das melhores práticas, na validação das inovações e na determinação de como elas podem ser aplicadas de forma ideal em diferentes contextos clínicos.

É importante destacar que as inovações tecnológicas não são um fim em si mesmas, mas uma ferramenta para melhorar os resultados cirúrgicos. O objetivo principal é otimizar a segurança e a

eficácia dos procedimentos, minimizando as complicações e proporcionando uma recuperação mais rápida e menos dolorosa para as mulheres idosas submetidas a cirurgias ginecológicas.

As complicações pós-operatórias são uma preocupação importante nessas cirurgias ginecológicas em mulheres idosas. As principais complicações incluem infecção, sangramento excessivo, lesão de órgãos adjacentes e problemas respiratórios. No entanto, as inovações tecnológicas têm desempenhado um papel significativo na redução dessas complicações. Por exemplo, o uso de dispositivos cirúrgicos avançados, como seladores de tecido e bisturis de energia eletrotermal, permite um controle mais preciso dos tecidos, reduzindo o risco de sangramento e lesões inadvertidas. Além disso, a visualização aprimorada proporcionada pela laparoscopia e cirurgia robótica auxilia na identificação e preservação adequada das estruturas anatômicas, reduzindo o risco de complicações.

Outra área de inovação é o desenvolvimento de técnicas de sutura automatizada, que proporcionam uma sutura mais precisa e rápida, reduzindo o risco de vazamento ou fístulas. Além disso, a utilização de abordagens multidisciplinares, envolvendo profissionais de enfermagem especializados, fisioterapeutas e nutricionistas, tem sido eficaz na redução de complicações pós-operatórias e na melhoria da recuperação cirúrgica em mulheres idosas.

Em suma, as inovações tecnológicas têm desempenhado um papel crucial nas cirurgias ginecológicas em mulheres idosas, proporcionando benefícios significativos. A laparoscopia, a cirurgia robótica, os dispositivos cirúrgicos avançados e as abordagens multidisciplinares têm demonstrado eficácia na redução de complicações, no melhor controle dos tecidos e na aceleração da recuperação cirúrgica. Essas inovações são fundamentais para melhorar os resultados cirúrgicos, minimizar o tempo de internação hospitalar e promover uma melhor qualidade de vida pós-operatória para mulheres idosas.

No entanto, apesar dos avanços tecnológicos, é importante destacar que as inovações devem ser implementadas com cautela e consideração aos fatores individuais de cada paciente. Uma abordagem personalizada, levando em consideração a condição de saúde geral, comorbidades e fragilidades específicas da paciente idosa, é fundamental para garantir a segurança e eficácia dos procedimentos cirúrgicos.

Além disso, é necessário um contínuo acompanhamento e atualização dos profissionais de saúde envolvidos nessas cirurgias, para garantir a adoção adequada das inovações tecnológicas e a manutenção de altos padrões de qualidade e segurança.

Nesta revisão sistemática de literatura, foram identificados resultados consistentes em relação ao benefício das inovações tecnológicas para cirurgias ginecológicas em mulheres idosas. No entanto, é importante ressaltar a necessidade de mais estudos e evidências de qualidade para avaliar a eficácia e a segurança a longo prazo dessas inovações.

Portanto, as inovações tecnológicas desempenham um papel fundamental na melhoria dos resultados cirúrgicos em mulheres idosas submetidas a cirurgias ginecológicas. As técnicas minimamente invasivas, o uso de dispositivos cirúrgicos avançados e as abordagens multidisciplinares têm mostrado resultados promissores na redução de complicações pós-operatórias e na aceleração da recuperação cirúrgica. No entanto, é essencial que os profissionais de saúde estejam atualizados e capacitados para utilizar essas inovações de forma adequada e personalizada. A implementação responsável e o acompanhamento contínuo são cruciais para garantir a segurança e o sucesso desses procedimentos cirúrgicos em mulheres idosas.

5 CONCLUSÃO

Este artigo revisou a literatura sobre as inovações tecnológicas para cirurgias ginecológicas em mulheres idosas, destacando as principais cirurgias realizadas, as complicações associadas e como as inovações têm contribuído para reduzir essas complicações e melhorar a recuperação cirúrgica.

As principais cirurgias ginecológicas em mulheres idosas incluem histerectomia, cirurgia de reparação do prolapso genital, tratamento de endometriose e cirurgias relacionadas ao câncer ginecológico. Esses procedimentos podem apresentar desafios devido à fragilidade e às condições de saúde pré-existentes das pacientes idosas.

Diversas inovações tecnológicas têm sido desenvolvidas para aprimorar essas cirurgias. A laparoscopia e a cirurgia robótica têm permitido abordagens minimamente invasivas, resultando em menor trauma cirúrgico, menor perda de sangue e recuperação mais rápida. Além disso, o uso de tecnologias avançadas, como a impressão 3D, tem possibilitado um planejamento pré-operatório mais preciso.

As complicações pós-operatórias são uma preocupação nessas cirurgias, incluindo infecções, sangramento excessivo, lesões de órgãos adjacentes e problemas respiratórios. As inovações cirúrgicas têm desempenhado um papel fundamental na redução dessas complicações. O uso de dispositivos cirúrgicos avançados, como seladores de tecido e bisturis de energia eletrotermal, permite um controle mais preciso dos tecidos, minimizando o risco de sangramento e lesões inadvertidas. Além disso, a visualização aprimorada proporcionada pela laparoscopia e cirurgia robótica auxilia na identificação e preservação adequada das estruturas anatômicas.

As inovações também incluem técnicas de sutura automatizada, que proporcionam suturas precisas e rápidas, reduzindo o risco de vazamentos ou fístulas. Além disso, abordagens multidisciplinares, envolvendo profissionais especializados, têm demonstrado eficácia na redução de complicações pós-operatórias e na melhoria da recuperação cirúrgica em mulheres idosas.

Em suma, as inovações tecnológicas têm desempenhado um papel crucial na melhoria dos resultados cirúrgicos em mulheres idosas submetidas a cirurgias ginecológicas. Essas inovações, como a laparoscopia, cirurgia robótica, dispositivos cirúrgicos avançados e abordagens multidisciplinares, têm demonstrado eficácia na redução de complicações, melhor controle tecidual e aceleração da recuperação cirúrgica. No entanto, é fundamental que essas inovações sejam utilizadas com cautela e consideração às características individuais de cada paciente idosa. A implementação responsável, a atualização contínua dos profissionais de saúde e a individualização dos cuidados são essenciais para garantir a segurança e o sucesso desses procedimentos cirúrgicos em mulheres idosas.

REFERÊNCIAS

- Gargiulo ar, bhagavath b. Reproductive surgery: decreasing skills and advancing technology-an existential conundrum. *Fertil steril.* 2019;112(2):211-218. Doi:10.1016/j.fertnstert.2019.06.034
- Clair kh, tewari ks. Robotic surgery for gynecologic cancers: indications, techniques and controversies. *J obstet gynaecol res.* 2020;46(6):828-843. Doi:10.1111/jog.14228
- Guo n, liu h. Robotic laparoendoscopic single-site gynecologic surgery. *Asian j surg.* 2022;45(8):1644-1645. Doi:10.1016/j.asjsur.2022.03.065
- Mezes c, klebanoff js, grebenyuk e, et al. Virtual postoperative visits following robotic gynecologic surgery: a study of patient satisfaction, safety, and feasibility. *J robot surg.* 2022;16(5):1193-1198. Doi:10.1007/s11701-021-01354-w
- Shin hj, yoo hk, lee jh, lee sr, jeong k, moon hs. Robotic single-port surgery using the da vinci sp® surgical system for benign gynecologic disease: a preliminary report. *Taiwan j obstet gynecol.* 2020;59(2):243-247. Doi:10.1016/j.tjog.2020.01.012
- Swartz az, novoa y arruga novoa v, hassoun js, crispens ma, prescott ls. Robotic-assisted gynecologic surgery associated tympanic membrane perforation: a report of two cases and review of the literature. *Gynecol oncol rep.* 2023;46:101151. Published 2023 feb 22. Doi:10.1016/j.gore.2023.101151
- Capozzi va, scarpelli e, armano g, et al. Update of robotic surgery in benign gynecological pathology: systematic review. *Medicina (kaunas).* 2022;58(4):552. Published 2022 apr 17. Doi:10.3390/medicina58040552
- Koo yj. Recent advances in minimally invasive surgery for gynecologic indications. *Yeungnam univ j med.* 2018;35(2):150-155. Doi:10.12701/yujm.2018.35.2.150
- Scheib sa, fader an. Gynecologic robotic laparoendoscopic single-site surgery: prospective analysis of feasibility, safety, and technique. *Am j obstet gynecol.* 2015;212(2):179.e1-179.e1798. Doi:10.1016/j.ajog.2014.07.057
- Choi sh, won s, lee n, et al. Coaxial-robotic single-site myomectomy: surgical outcomes compared with robotic single-site myomectomy by propensity score matching analysis. *J pers med.* 2022;13(1):17. Published 2022 dec 22. Doi:10.3390/jpm13010017
- Li cb, hua kq. Transvaginal natural orifice transluminal endoscopic surgery (vnotes) in gynecologic surgeries: a systematic review. *Asian j surg.* 2020;43(1):44-51. Doi:10.1016/j.asjsur.2019.07.014
- Williamson t, song se. Robotic surgery techniques to improve traditional laparoscopy. *Jsls.* 2022;26(2):e2022.00002. Doi:10.4293/jsls.2022.00002
- Youssef y, afaneh h, borahay ma. Strategies for cost optimization in minimally invasive gynecologic surgery. *Jsls.* 2022;26(3):e2022.00015. Doi:10.4293/jsls.2022.00015
- Sudol nt, brueseke tj, lo a, noblett kl. Concomitant sacral neuromodulation and gynecologic surgery: a single-institution experience. *Neuromodulation.* 2020;23(8):1215-1219. Doi:10.1111/ner.13087

Yang c, xia br, zhang zc, zhang yj, lou g, jin wl. Immunotherapy for ovarian cancer: adjuvant, combination, and neoadjuvant. *Front immunol.* 2020;11:577869. Published 2020 oct 6. Doi:10.3389/fimmu.2020.577869

Chlebowski rt, anderson gl, aragaki ak, et al. Association of menopausal hormone therapy with breast cancer incidence and mortality during long-term follow-up of the women's health initiative randomized clinical trials. *Jama.* 2020;324(4):369-380. Doi:10.1001/jama.2020.9482

Huang h, feng yl, wan t, et al. Effectiveness of sequential chemoradiation vs concurrent chemoradiation or radiation alone in adjuvant treatment after hysterectomy for cervical cancer: the stars phase 3 randomized clinical trial. *Jama oncol.* 2021;7(3):361-369. Doi:10.1001/jamaoncol.2020.7168

Zhang q, liu z, wang y, et al. The impacts of minimally invasive surgery on intermediate- or high-risk cervical cancer patients received adjuvant radiotherapy. *World j surg oncol.* 2022;20(1):372. Published 2022 nov 28. Doi:10.1186/s12957-022-02820-x

Coyne kd, chung rk, flyckt r, petrozza jc, lindheim sr. On the shoulders of giants: perspectives in minimally invasive reproductive surgery. *Fertil steril.* 2022;117(2):459-460. Doi:10.1016/j.fertnstert.2021.11.017

Sammarco ag, morgan dm, kamdar ns, swenson cw. Documenting pessary offer prior to hysterectomy for management of pelvic organ prolapse. *Int urogynecol j.* 2019;30(5):753-759. Doi:10.1007/s00192-018-3696-1

 <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-037>

Maria Deyse Silva dos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: lisboardayse383@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3710302718646466>

José Adelson Santos Barreto

Engenheiro Agrônomo, UFAL – Campus Arapiraca, Autônomo
E-mail: adeilsonufal10@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8250694145601698>

Maria Damiana Rodrigues Araujo

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: rmariadamiana2@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0082341300679911>

Larissa Vasconcelos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: larissavasconcelos18@outlook.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4944948235337443>

Thallita Nayanna Bezerra Alves

Mestranda em Agricultura e Ambiente, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: nayanathalita@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1836223317459000>

Kivia Caroline da Costa

Mestranda em Agricultura e Ambiente, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: kiviacaroline1@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2503819449986860>

Daniella Pereira dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola, UFRPE
E-mail: daniellapsantos@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0994067308793874>

Marcilio de Souza Barbosa

Professor Doutor em Agronomia, IFAL – Campus de Santana do Ipanema
Instituição: Instituto Federal de Alagoas (IFAL)
E-mail: marcilio.barbosa@ifal.edu.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8917018101872409>

Cinara Bernardo da Silva

Mestra em Agricultura e Ambiente, UFAL – Campus Arapiraca
E-mail: cinara_cbs@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8352850076657006>

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Professor Doutor em Agronomia, UFAL – Campus Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0192590447392368>

RESUMO

O cultivo do milho verde é uma atividade de grande valor econômico para os produtores. Sua variada forma de utilização, assim como, a demanda de mercado do grão leitoso, possibilita um crescente aumento dessa atividade no Brasil. Entretanto, assim como qualquer outra cultura, o cultivo do milho requer alguns cuidados em seu manejo, principalmente no que a respeito ao manejo de água e de nitrogênio nesta cultura. Identificar a quantidade de água suficiente para a cultura, assim como, a dose de nitrogênio ideal para seu ótimo desenvolvimento, significa ter altos valores de produtividade e também a garantia de oferta do produto. Desta forma, objetivou-se neste trabalho avaliar o efeito da aplicação diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na cultura do milho (*Zea mays* L.) cultivar AG 1051. O estudo foi realizado na área experimental do Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em um esquema de parcelas subdivididas 3 x 5 x 5, correspondente três blocos, cinco lâminas de irrigação (0; 50, 100, 150 e 200% da ETc.) e cinco doses de nitrogênio aplicado na cobertura na forma de ureia nos seguintes percentuais (0, 50, 100, 150 e 200% da dose recomendada, 60 kg ha⁻¹). Após a colheita foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de inserção do pendão (AIP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do caule (DC), diâmetro da espiga com palha (DECP), diâmetro da espiga sem palha (DESP), comprimento da espiga com palha (CECP), comprimento da espiga sem palha (CESP), peso da espiga com palha (PECP), peso da espiga sem palha (PESP). Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste de Tukey (p<0,05) para comparação das médias entre os

blocos, e a análise de regressão linear e polinomial para os fatores lâmina de irrigação, doses de nitrogênio e suas respectivas interações. Verificou-se a não interação entre os fatores lâmina de irrigação e doses de nitrogênio. A adubação nitrogenada isolada, não proporcionou incremento

na produção do milho verde. A Irrigação proporcionou maiores respostas aos componentes de produção do milho verde.

Palavras-chave: *Zea mays* L., Água, Adubação

1. INTRODUÇÃO

A produção de milho verde sempre foi uma tradição no Brasil e, se tornou uma alternativa de grande valor econômico para pequenos e médios agricultores, em razão da boa aceitação de mercado e da demanda pelo produto *in natura*.

O grão leitoso do milho pode ser utilizado de diversas maneiras, seja no consumo *in natura*, nas formas cozida e assada, ou quando processado, usado para a fabricação de bolos, mingau, sorvetes e outros derivados. Além disso, o grão quando seco, é matéria-prima fundamental para elaboração de rações usadas na alimentação animal, destacando-se na produção de aves e suínos.

Produtores de milho também utilizam a planta para produção de silagem, alimento oriundo do processo de fermentação que é bastante consumido por bovinos e equinos nos períodos mais secos do ano.

Devido à importância econômica dessa cultura, seu manejo produtivo deve ser feito com objetivo de se obter o máximo rendimento, de forma a minimizar os custos e de garantir a sustentabilidade dos recursos disponíveis para a produção. Fatores como água e adubo, são indispensáveis para que o milho possa produzir em níveis satisfatórios de comercialização.

O cultivo do milho verde na região Nordeste, em especial no Estado de Alagoas é feito predominante em condições de sequeiro, o que em alguns casos limita a produtividade da cultura, devido à má distribuição de chuvas durante o ciclo da planta. Além disso, outra limitação é a ausência de um adequado programa de adubação durante o manejo da cultura.

A irrigação apresenta-se como uma alternativa para aumentar a produção de milho verde em regiões com baixa disponibilidade hídrica. Seu uso possibilita uma produção viável o ano todo e, garantia do produto principalmente nos períodos secos do ano. Entretanto, o manejo da irrigação deve ser entendido como elemento determinante do sucesso produtivo, pois, quando feito de forma incorreta acarreta em custos de produção e queda de receita.

O manejo da irrigação consiste em determinar a quantidade ideal de água requerida pela planta, em seus diferentes estágios de desenvolvimento, favorecendo assim o ótimo rendimento da cultura.

O conhecimento de componentes de clima e solo e suas interações com a planta são fundamentais para o sucesso no manejo da irrigação.

Determinar a lâmina de irrigação através de parâmetros como: Evapotranspiração da Cultura (ETc), Evapotranspiração de Referência (ETo) e Coeficiente de Cultivo (Kc) é uma prática fundamental para o sucesso na condução de lavouras irrigadas de milho, pois além evitar o desperdício desse recurso essencial para a vida, possibilita ganhos significativos na produção.

Assim como a insuficiência água, a adubação deficitária também pode apresentar-se como fator limitante a produção de milho verde. Entre os nutrientes que pode trazer essa queda de rendimento na produtividade do milho verde, pode-se destacar o nitrogênio (N), que participa diretamente no metabolismo celular vegetal, compondo enzimas e proteínas. A aplicação de doses ideais desse nutriente possibilita ao produtor maiores respostas em termos de produtividade, assim como diminuí o custo com a aquisição desse insumo.

Identificar a quantidade ideal de água requerida pela cultura, assim como, as doses adequadas de nitrogênio durante seu ciclo, permite ao produtor não só uma maior produtividade, mas também o uso eficiente e racional dos fatores de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar o efeito da aplicação de diferentes lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na cultura do milho verde (*Zea mays L.*) nas condições edafoclimáticas do município de Arapiraca-AL.

2.2 ESPECÍFICOS

- a) Avaliar o efeito de cinco doses de nitrogênio no desenvolvimento da cultura do milho verde;
- b) Verificar a influência da interação das lâminas de irrigação e da adubação nitrogenada no crescimento e desenvolvimento de plantas de milho verde;
- c) Obter a evapotranspiração da cultura (ETc) durante a condução do experimento;
- d) Obter a evapotranspiração de referência (ETo) durante a condução do experimento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA

O experimento foi realizado na área experimental do Grupo de Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica em Manejo de Água para Irrigação (Grupo IRRIGA) do *Campus* de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas, região Agreste de Alagoas, localizado entre as coordenadas geodésicas 09° 48' 40,3'' S e 36° 37' 19,7'' W, altitude de 245 m. Esta região é de transição entre a Zona da Mata e o Sertão Alagoano. Foi realizado em condições de campo, durante os meses de Abril

a Junho de 2016. O solo do local da pesquisa é caracterizado como Argissolo Vermelho Distrófico (EMBRAPA, 2006). As propriedades físicas e químicas do solo estão apresentadas na (Tabela 2).

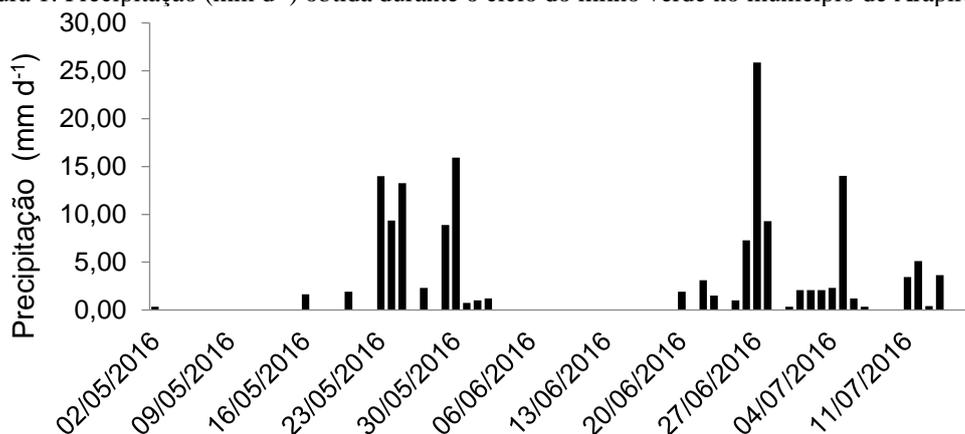
Tabela 2: Componentes químicos e físicos do solo da área experimental da UFAL- *Campus* de Arapiraca-AL.

ATRIBUTOS QUÍMICOS											
Ph	K ⁺	P	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺
-----ppm-----			-----mg dm ⁻³ -----				-----ppm-----				
5,3	70	7	14	0,7	0,5	0,0	3,5	92,70	1,49	1,55	14,66
CTC efetiva		V (%) (Sat. De Bases)			Matéria Orgânica Total (%)						
1,44		29,2			0,57						
ATRIBUTOS FÍSICOS											
Areia	Silte	Argila	Porosidade	Classificação Textural			Densidade				
-----%-----				Areia Franca			Solo		Partícula		
							-----g /cm ⁻³ -----				
82,6	7,05	10,39	38,1				1,33		2,72		

3.2 CARACTERIZAÇÃO PLUVIAL OBTIDA DURANTE O PERÍODO DO EXPERIMENTO, ARAPIRACA-AL

Os dados de chuva foram obtidos em uma estação do INMET, (Instituto Nacional de Meteorologia) situada em Arapiraca, estando aproximadamente há uma distancia de 8,1 km da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) *Campus* de Arapiraca. Na Figura 1 encontram-se os valores de chuva obtidos durante o ciclo da cultura, destacando-se os dias 30/05/2016 e 27/06/2016 como os mais chuvosos, 15,92 e 25,87 mm respectivamente. A precipitação total foi 157,64 mm, com uma média de 1,75 mm dia⁻¹.

Figura 1: Precipitação (mm d⁻¹) obtida durante o ciclo do milho verde no município de Arapiraca-AL.



Fonte: Autor, 2017.

3.3 PREPARO DA ÁREA

O preparo da área foi feito com uma capina manual, e em seguida com passagem do trator acoplado, a uma grade niveladora, executando a aração a uma profundidade de 0, 20 m da superfície do solo, (Figura 2).

A marcação da área foi feita com auxílio de piquetes e barbantes, delimitando suas extremidades, assim como o alinhamento dos sulcos.

Figura 2: limpeza da área (A), gradagem da área (B) e abertura dos sulcos (C).



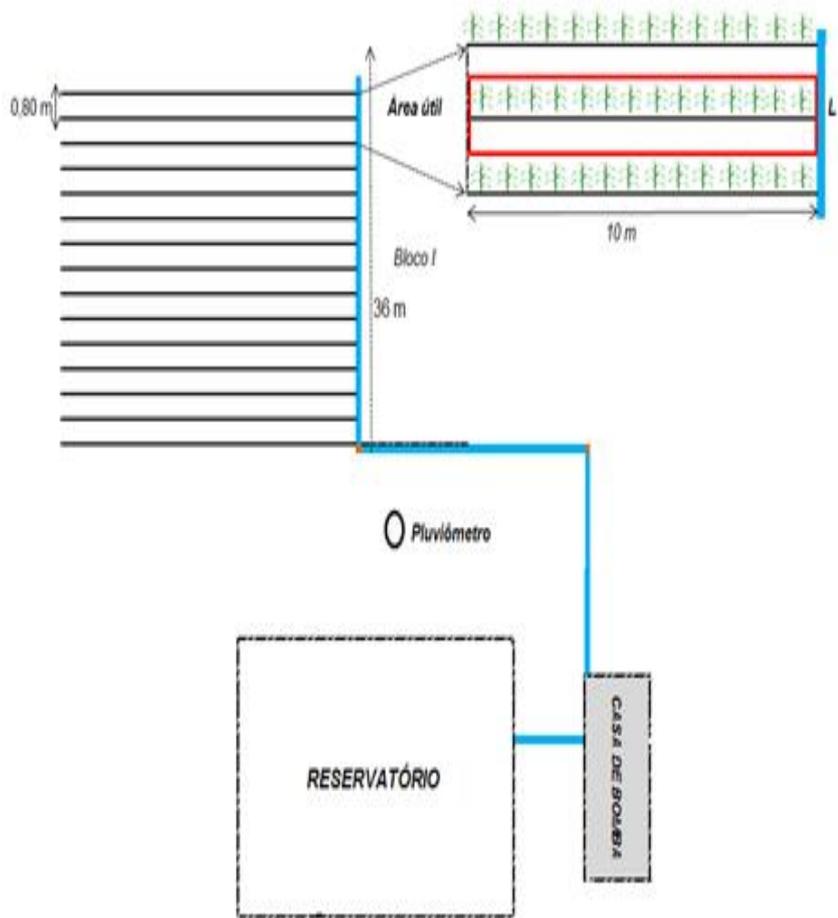
Fonte: Autor, 2017.

3.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida 3 x 5, sendo três blocos, cinco lâminas de irrigação (50, 100, 150 e 200 da ETc), além da testemunha sem irrigação, e cinco doses de adubação nitrogenada (0, 50, 100, 150 e 200% de N na cobertura, ou seja, percentuais aplicados a dose de 60 kg ha⁻¹).

O experimento foi realizado em uma área de 360 m². Cada bloco foi constituído por 15 linhas de irrigação, espaçadas em 0,80 m e medindo 10 m de comprimento, sendo avaliada a linha central para cada conjunto de três linhas. A cada 2 m⁻¹ das linhas de irrigação foram aplicadas doses de nitrogênio (Figura 3).

Figura 3: Representação da área experimental, parcelas e área útil.



Fonte: Autor, 2017.

3.5 ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO

Na adubação de fundação foram utilizados: Fósforo (P_2O_5), 60 kg ha^{-1} Nitrogênio (N) 30 kg ha^{-1} e Potássio (K_2O) 40 kg ha^{-1} , sendo as fontes desses elementos a Ureia (45,8% N), Superfosfato Triplo (45% P_2O_5) e Cloreto de Potássio (57,8% K_2O). A quantidade de adubo a ser utilizado foi determinada por meio da análise química do solo (Tabela 2), e da recomendação de adubação para o cultivo do milho verde, de acordo com o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008).

Conforme a recomendação do IPA (2008) e a análise de solo foram incorporadas ao solo $5,33 \text{ g m}^{-1}$ de ureia, $26,67 \text{ g m}^{-1}$ de superfosfato triplo e $5,54 \text{ g m}^{-1}$ de cloreto de potássio, lançado nos sulcos e incorporado a $0,15 \text{ m}$ de profundidade, com o auxílio de enxadas (Figura 4).

Figura 4: Realização da adubação de fundação, com aplicação do adubo a lanço nos sulcos (A) e cobertura dos sulcos(B).



Fonte: Autor, 2017.

3.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação utilizado foi localizado por gotejamento, composto por fitas gotejadoras AMANCO DRIP, com diâmetro interno de 16,1 mm, espessura de 8 mm, gotejadores espaçados a cada 0,20 m e vazão nominal de 1,6 L/H. O sistema foi alimentado através de uma bomba de 0,5 cv, a qual bombeava água de uma cisterna com capacidade de armazenamento de 22 m³. As Linhas laterais tinham 10 metros de comprimento e a principal composta por tubos de plásticos de 32 mm com extensão de 36 m (Figura 5).

Depois de instalado o sistema de irrigação, foi realizado o teste de eficiência de aplicação (Ea), aferida a vazão (L/h) e obtido o coeficiente de uniformidade de distribuição de água (CUD%), respeitando a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975), (Equação 1):

$$CUD = 100 \left(\frac{q_{25\%}}{q_m} \right) \quad (1)$$

Em que:

$q_{25\%}$ = média dos 25% menores valores das vazões coletadas (L/h)

q_m = média de todos os valores das vazões coletadas (L/h)

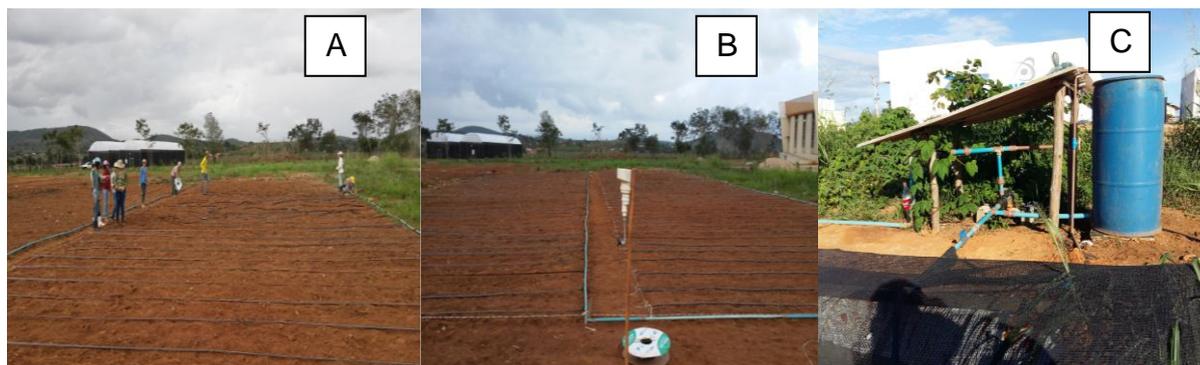
A eficiência de aplicação (Ea) foi obtida através da equação (2), proposta por Merriam e Keller (1978):

$$Ea = 0,9 \times CUD \quad (2)$$

Em que:

CUD = coeficiente de uniformidade de distribuição de água (%)

Figura 5: Montagem do sistema de irrigação (A), verificação do funcionamento do sistema (B) e sistema de pressurização (C).



Fonte: Autor, 2017.

3.7 SEMEADURA

No dia 18 de abril de 2016 foi realizada a semeadura manual do milho verde, utilizando-se as sementes do Híbrido duplo AG 1051 da empresa Agroceres. Para tal procedimento, foi aberta uma cova de 0,5 m no solo, utilizando-se de um tubo de plástico e uma régua para marcar a distância entre as covas, sendo em seguida depositadas as sementes nas linhas dos sulcos (Figura 6). A cultura foi espaçada em 0,25 m entre plantas e 0,80 m entre linhas, correspondente a 4 plantas/m⁻¹ e uma população equivalente a 50.000 plantas/ha.

Figura 6: Abertura de covas para o semeio (A) e semeadura da cultura do milho (B).



Fonte: Autor, 2017.

3.8 DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA (ETC) E APLICAÇÃO DA IRRIGAÇÃO

A estimativa da Evapotranspiração da cultura (ETc) foi feita diariamente, utilizando os valores diários da Evapotranspiração de referência (ETo) estimada pelo método padrão FAO Penman-Monteith que pode ser representada como segue na (Equação 3) (ALLEN et al., 1998). Os Dados meteorológicos utilizados para compor a equação de Penman-Monteith, foram obtidos diariamente estação INMET, (Instituto Nacional de Meteorologia) situada em Arapiraca-AL. Já o coeficiente de

cultivo (Kc) utilizado para a cultura do milho foi o recomendado pela FAO 98, sendo 0,3 (inicial) 1,15 (intermediário) e 1,05 (final).

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{(Rn - G)}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{900}{T + 273,15} U_2 \quad (3)$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm dia⁻¹;

δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa°C⁻¹;

λ = calor latente de evaporação, MJ kg⁻¹.

r_c = resistência do dossel da planta, s m⁻¹;

r_a = resistência aerodinâmica, s m⁻¹;

Rn = saldo de radiação à superfície, kJ m⁻² s⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, kJ m⁻² s⁻¹;

γ = constante psicrométrica, kPa °C⁻¹;

T = temperatura média do ar, °C;

U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m s⁻¹;

900 = fator de transformação de unidades, kJ⁻¹ kg K.

A evapotranspiração da cultura foi calculada de acordo com a seguinte (Equação 4):

$$ET_c = L_b = (ET_o \times K_c) / E_a \quad (4)$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹);

K_c = adimensional;

E_a = Eficiência de aplicação, (decimal).

As lâminas de irrigação foram aplicadas conforme os percentuais em estudo, 0, 50, 100, 150 e 200% da Evapotranspiração da Cultura (ET_c). Para o controle da aplicação de cada lâmina, foi conectado um registro 16 mm no início das linhas de irrigação.

Os valores de coeficientes de cultivo (K_c) eram corrigidos conforme as fases fenológicas da cultura do milho verde. A metodologia seguida para esta mudança foi à proposta por Doorenbos e Pruitt (1977), que estabelece o seguinte critério: para a colheita do grão seco, (duração de 125 a 180 dias), divide-se o ciclo da planta nas fases 1, 2, 3, e 4, correspondente a 17, 28, 33 e 22%, respectivamente do ciclo total. No entanto, quando o objetivo é colher o milho como grão verde, o

autor considera inexistentes a fase 4, e que a fase 3 é reduzida de 33% para 27%. Desta forma, a colheita do milho verde corresponde a 72% do ciclo completo do milho comum (da semeadura até a maturação fisiológica).

Neste estudo, a fase 1 teve duração de 19 dias ($Kc = 0,3$), a fase 2 de 30 dias ($Kc = 1,15$) e a fase final teve duração de 29 dias ($Kc = 1,03$).

3.9 APLICAÇÃO DAS DOSES DE NITROGÊNIO.

A aplicação da adubação nitrogenada nos percentuais de; (0, 50% 100%, 150% e 200% da dose recomendada, ou seja, 60 kg/ha^{-1}) foi aplicada na cobertura em dois momentos; sendo a primeira aplicação feita aos (27 dias DAE), correspondente à fase V4 da cultura, na dose de (30 kg ha^{-1}), ou seja, $5,33 \text{ g m}^{-1}$ de ureia, e a segunda (45 dias DAE) correspondente a fase V8, também (30 kg ha^{-1}) equivalente a $5,33 \text{ g m}^{-1}$ de ureia, aplicado em sulcos de 0,15 m de profundidade abertos a 0,10 m próximo à planta (Figura 7).

Figura 7: Adubação nitrogenada na fase V4 (A) e aplicação de nitrogênio na fase V8 (B).



Fonte: Autor, 2017.

3.10 TRATOS CULTURAIS EMPREGADOS

Durante a condução do ensaio foi necessário realizar a capina manual e o controle de pragas. No início do seu desenvolvimento, o milho foi acometido por uma praga vulgarmente conhecida como lagarta-do-cartucho, (*Spodoptera frugiperda*) qual não trouxe danos severos que viessem a comprometer o estudo. Esse inseto foi controlado com a aplicação do inseticida Brilhante em uma dose equivalente a $0,6 \text{ L/ha}$ (Figura 8).

Figura 8: Capina manual de plantas invasoras (A) e controle de (*Spodoptera frugiperda*) (B).



Fonte: Autor, 2017.

3.11 COLHEITA E VARIÁVEIS ANALISADAS

A colheita foi realizada manualmente aos 90 dias após a semeadura (DAS) (Figura 9). Após a colheita foi realizada a avaliação das seguintes variáveis: altura de inserção do pendão (AIP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), diâmetro do caule (DC), diâmetro de espiga com palha (DECP), diâmetro de espiga sem palha (DESP), comprimento de espiga com palha (CECP), comprimento de espiga sem palha (CESP), peso de espiga com palha (PECP), peso de espiga sem palha (PESP).

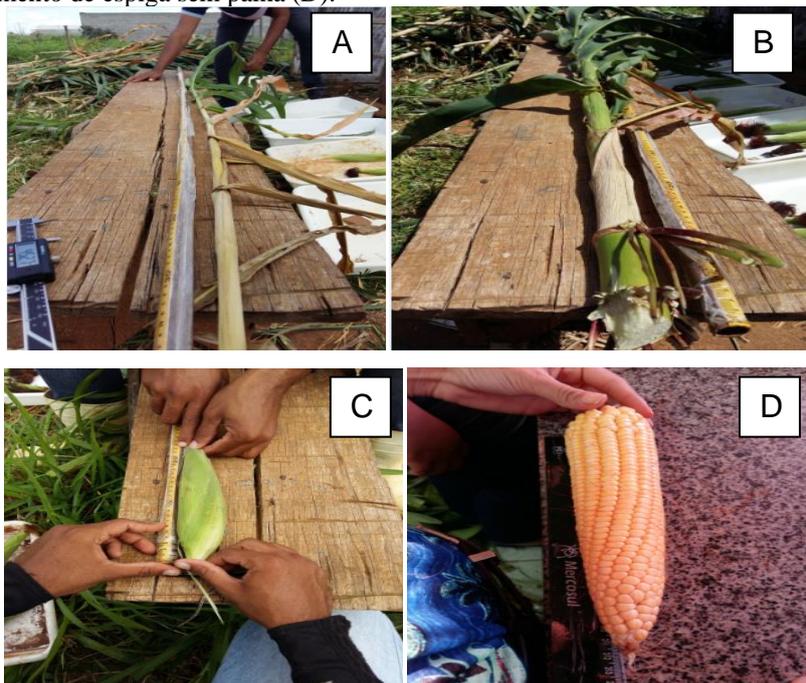
Figura 9: Colheita do milho (A) e área útil colhida para avaliação(B).



Fonte: Autor, 2017.

As variáveis alturas de inserção do pendão (AIP), altura de inserção da primeira espiga (AIE), comprimento de espiga com palha (CECP), foram avaliadas ainda em campo com o auxílio de uma régua. O comprimento de espiga sem palha (CESP) foi avaliado no laboratório de química do solo da UFAL- *Campus* de Arapiraca, também com o auxílio de uma régua (Figura 10).

Figura 10: Avaliações realizadas: altura de inserção do pendão (A), altura de inserção da espiga (B), comprimento de espiga com palha (C), comprimento de espiga sem palha (D).

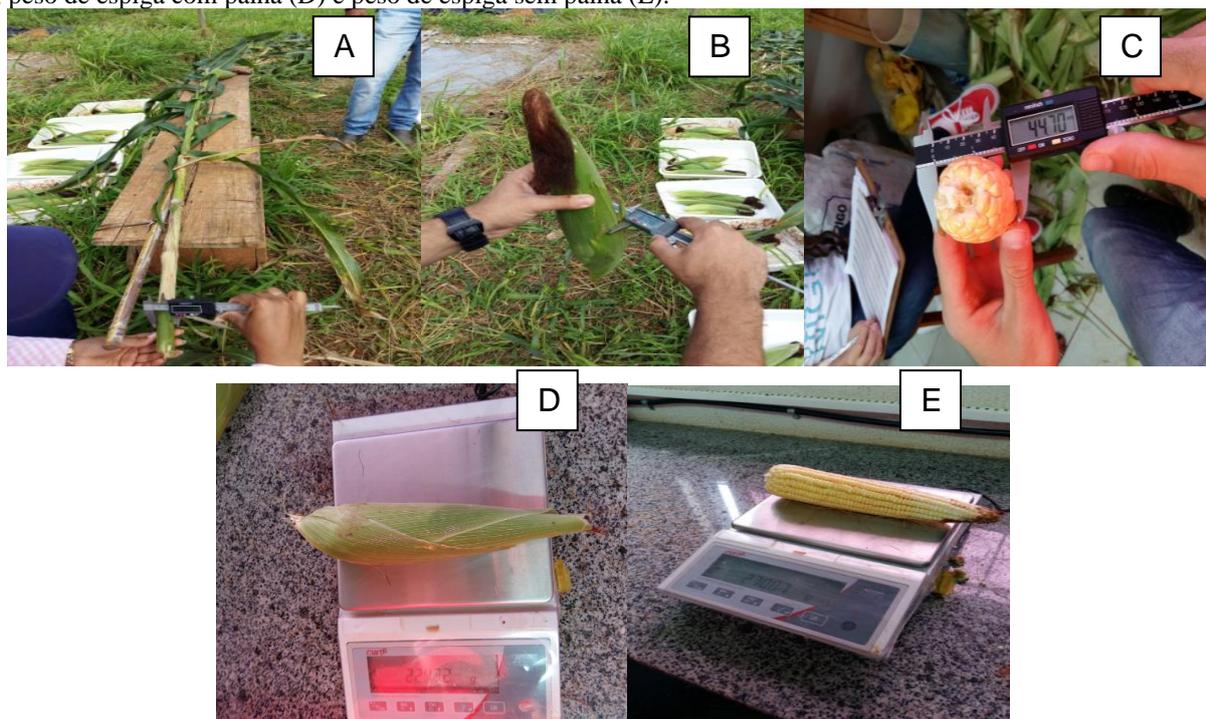


Fonte: Autor, 2017.

Com auxílio de um paquímetro digital foi avaliado o diâmetro do caule (DC), diâmetro de espiga com palha (DECP), e o diâmetro de espiga sem palha (DESP), sendo posicionando o equipamento no centro da espiga. Utilizou-se de uma balança de precisão para pesar em laboratório às espigas com palha e despilhadas colhidas da área útil do ensaio (Figura 11).

Para às variáveis peso de espigas com palha (PECP) e peso de espigas sem palha (PESP) foi obtida produtividade média para cada lâmina aplicada, sendo estimada pela relação entre o peso médio de espigas e a população de plantas equivalente a um hectare (50000 plantas).

Figura 11: Avaliações realizadas: diâmetro do caule (A), diâmetro de espiga com palha (B), diâmetro de espiga sem palha (C), peso de espiga com palha (D) e peso de espiga sem palha (E).



Fonte: Autor, 2017.

3.12 ANÁLISE ESTATÍSTICA

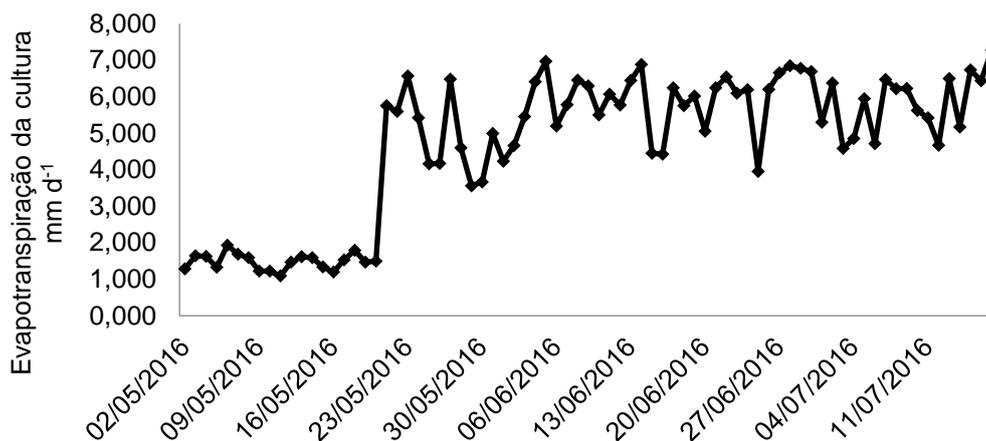
Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias entre os blocos. Para determinar o efeito dos tratamentos lâminas de irrigação e doses de adubação nitrogenada, bem como suas interações, foi aplicado o teste F ($p < 0,05$) e a análise de regressão linear e polinomial para o desdobramento dos tratamentos. Para auxílios dos cálculos foi utilizado o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VALORES DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA (ETC), EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO)

A evapotranspiração da cultura do milho verde (tratamento de 100% ETc) obtida durante o experimento pode ser observada na (Figura 12). Percebe-se também, que o valor máximo aferido foi de 7,27 mm (17/07/2017), e o mínimo 1,28 mm, este último nas primeiras fases de desenvolvimento da cultura (02/05/2017).

Figura 12: Evapotranspiração diária da cultura do milho verde obtida durante o estudo



Fonte: Autor, 2017.

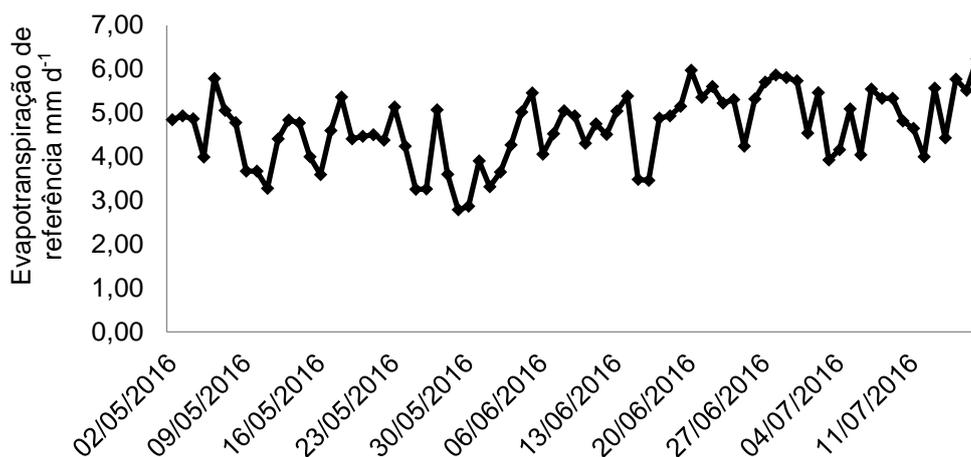
O volume total aplicado correspondente a cada lâmina de água foi de; (L1= Chuva - 157,64 mm), (L2= 50% da ETc - 177,93 mm), (L3=100% da ETc - 357,78 mm), (L4=150 % da ETc - 537,63 mm) e (L5=200% da ETc - 717,47 mm), com uma média de 4,64 mm dia no tratamento de 100% da (ETc).

Santos (2012), encontrou valores para a evapotranspiração total da cultura (ETc) do milho verde de 300,54 mm para um ciclo de 77 dias, com valor médio diário de 3,90 mm, um valor mínimo de 1,94 mm e o valor máximo chegando a 5,68 mm, valor esse obtido na fase de floração. Os valores estão próximos aos encontrados nesse estudo considerando a lâmina recomendada 100% (ETc).

As lâminas de L1=157,64 mm e L2= 177,93 mm ficaram abaixo da faixa proposta por **Dourado Neto (2004)** que sugerem uma exigência hídrica mínima de 300 a 350 mm de água para uma produção satisfatória sem o uso de irrigação.

Os valores diários da evapotranspiração de referência (ETo), obida durante o período do experimento pode ser observada na (Figura 13). A ETo acumulada foi de 359,06 mm, com uma média diária de 4,66 mm.

Figura 13: Evapotranspiração de referência (ET_o), obida durante ciclo da cultura estudada.



Fonte: Autor, 2017.

Durante o experimento, a temperatura média do ar observada foi de 25,7°C , com média das máximas de 30°C e média das mínimas de 21,5°C, e a umidade relativa média de 73,5%. Os valores obtidos durante este estudo não limita o pleno desenvolvimento da cultura do milho, conforme os critérios proposto por (FANCELLI; DOURADO NETO, 1996).

4.2. NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA DOS FATORES LÂMINAS DE ÁGUA (L), ADUBAÇÃO NITROGENADA (A) E SUA INTERAÇÃO L X A, NO DESEMPENHO DO MILHO VERDE

A interação entre lâminas de água e adubação nitrogenada não apresentaram efeito significativo para as variáveis avaliadas (Tabela 3 e 4). O fator doses de Nitrogênio (N), analisado isoladamente, não influenciou no crescimento do milho verde. Já o fator lâminas de irrigação surtiu efeito significativo para as variáveis alturas de inserção da espiga (AIE), diâmetro de espiga sem palha (DESP), peso de espiga com palha (PECP) e peso de espiga sem palha (PESP), (Tabela 4).

Tabela 3: Resumo da análise de variância para altura de inserção do pendão (AIP), diâmetro do caule (DC), diâmetro de espiga com palha (DECP), comprimento de espiga com palha (CECP), comprimento de espiga sem palha (CESP).

Fontes de Variação	GL	Valores de quadrados médios				
		AIP (m)	DC (mm)	DECP (mm)	CECP (cm)	CESP (cm)
Lâminas (L)	4	0,089 ns	23937,79 ns	43105,95 ns	0,026 ns	9373,85 ns
Adubo (A)	4	0,566 ns	22230,52 ns	2606,82 ns	0,009 ns	0,936 ns
L X A	16	0,332 ns	12756,24ns	9602,75 ns	0,007 ns	2464,70 ns
Blocos	2	1,022 ns	20806,53 ns	105782,16 ns	0,015 ns	20319,20 *
Resíduo	40	0,321	16,797	11,658	0,010	2,397
CV% (L)		30,5	10,7	11,0	52,0	12,42
CV% (A)		24,5	15,6	6,1	32,0	9,25

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade e ns - Não significativo.

Tabela 4: Resumo da análise de variância para altura de inserção da espiga (AIE), diâmetro de espiga sem palha (DESP), peso de espiga com palha (PECP), peso de espiga sem palha (PESP).

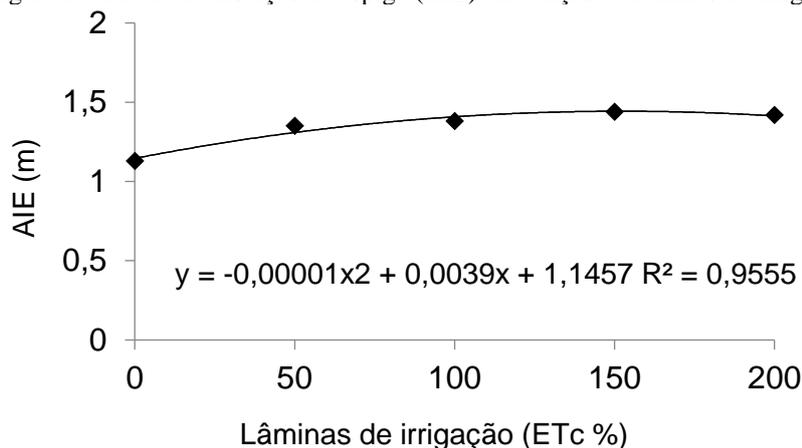
Fontes de Variação	GL	Valores de quadrados médios			
		AIE (m)	DESP (mm)	PECP (g)	PESP (g)
Lâminas (L)	4	0,228*	24602,54**	12658,14 *	90748,12 **
Adubo (A)	4	0,030 ns	9907,22 ns	715587,32 ns	75378,70 ns
L X A	16	0,022 ns	1591,64 ns	119743,97 ns	35195,78 ns
Blocos	2	0,165*	16345,96*	41722,21**	31447,85 ns
Resíduo	40	0,023	5,353	2,156,9	1,047,13
CV% (L)		13,9	3,2	14,99	10,83
CV% (A)		11,4	4,8	11,77	12,62

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade e ns- Não significativo.

4.3 ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA (AIE)

Em relação à lâmina aplicada nota-se um comportamento quadrático sobre altura de inserção da primeira espiga (AIE), ou seja, inicialmente aumentou conforme a aplicação crescente das lâminas de irrigação, de modo que seu ápice de crescimento constatado através da derivação da equação de regressão foi na lâmina de 197% da Evapotranspiração da cultura, correspondendo á 696,15 mm, chegando o valor de 1,5302 m, e a partir daí decrescendo conforme a (Figura 14).

Figura 14: Altura de inserção da espiga (AIE) em função de lâminas de irrigação.



Fonte: Autor, 2017.

Os resultados confrontam com os encontrados em estudo realizado por Prado (2013), que examinando a aplicação de lâminas de irrigação e doses de nitrogênio na cultura do milho verde em Rio Verde-GO, obteve um comportamento linear e crescente em função do aumento da aplicação das lâminas de irrigação.

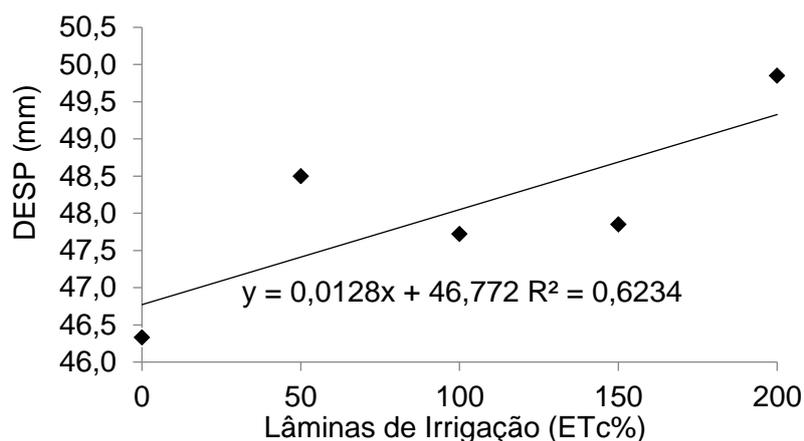
De acordo com Silva (2000), plantas mais alta resultam em maiores alturas de inserção da espiga, sendo as diferenças relacionadas a fatores genéticos, ocorrendo também comportamento similar nestas duas características.

Plantas com menores alturas de inserção de espigas tenderiam evitar acamamento, no entanto, para facilidade de colheita mecanizada, aumento do rendimento desta operação no campo e maior limpeza dos grãos seriam desejáveis plantas mais alta e com maiores alturas de inserção, características essas encontradas em campo com o tratamento aplicado.

4.4 DIÂMETRO DE ESPIGA SEM PALHA (DESP)

O Diâmetro de espiga sem Palha (DESP) sofreu influência da aplicação de diferentes lâminas de irrigação, representado por um comportamento linear na (Figura 15). O acréscimo para o diâmetro das espigas despalhadas foi de 0,012 mm para cada mm de lâmina acrescentada.

Figura 15: Diâmetro de espiga sem palha (DESP) em função das lâminas de irrigação aplicadas.



Fonte: Autor, 2017.

Em todas as lâminas os valores dos diâmetros de espigas sem palha (DESP) foram superiores a 30 mm, (Figura 15), sendo estas consideradas comercializáveis de acordo com (ALBURQUERQUE et al. 2008).

O diâmetro de espigas despalhadas é uma característica muito importante, pois é avaliada pelo consumidor na escolha da espiga do milho verde.

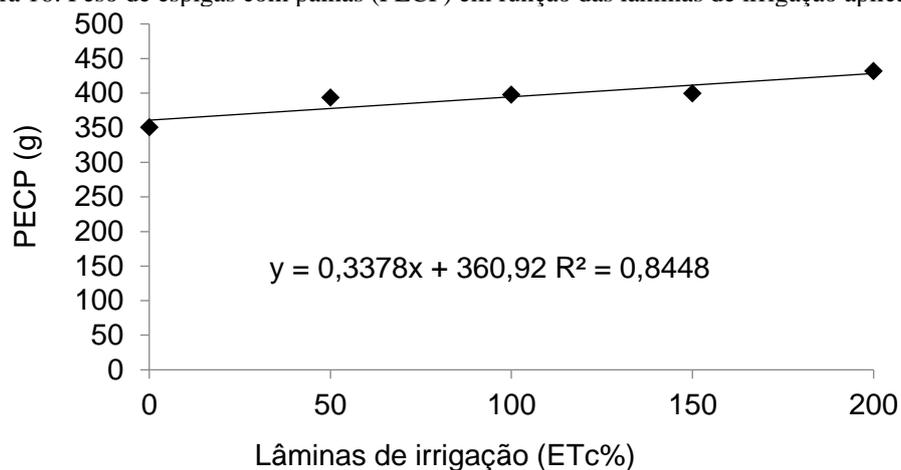
A aplicação de doses de nitrogênio não surtiu efeito significativo no diâmetro das espigas sem palha (DESP) pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Em pesquisa realizada por Freire et al. (2010) no município de Prudente de Moraes - MG, utilizando irrigação por aspersão convencional com o nível de esgotamento da água de 30% e cinco doses de nitrogênio (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹ N), verificou-se influencia significativa das doses de (N) no componente diâmetro de espiga sem palha com valores médios entre 4,65 cm e 4,95 cm, fato este não observado neste trabalho.

4.5 PESO DE ESPIGAS COM PALHAS (PECP)

O peso médio de espigas com palha aumentou de forma linear em função das lâminas de irrigação aplicadas, atingindo valores variando de 350 g, na condição de sequeiro (Chuva=157,64 mm) a 432,1 g para o tratamento de 200% da ETc, (717,47 mm). O incremento no peso de espigas com palhas foi de 0,337 g para cada mm de lâmina acrescentada, (Figura 16).

Figura 16: Peso de espigas com palhas (PECP) em função das lâminas de irrigação aplicadas.



Fonte: Autor, 2017.

Prado (2013) encontrou um efeito linear para as lâminas irrigação aplicada (50 mm, 200 mm, 480 mm, e 700 mm), obtendo um incremento de 5,383 g no peso médio das espigas com palha com o acréscimo das lâminas. Esse resultado se assemelha com os obtidos neste estudo, porém com um incremento maior.

Trabalhando com a aplicação de lâminas de irrigação na produção de minimilho em Vitória da Conquista-BA, Neto (2012), em resultados divergentes a este estudo, obteve um efeito quadrático no peso de espiguetas empalhadas, de modo que atingiu a produção máxima de 15.457,73 kg ha⁻¹ com a lâmina de 101,86% da (ETc).

Araújo et al., (1999), verificou um efeito linear para rendimento de grão na relação entre lâminas de irrigação e doses de N, sendo que o maior rendimento constatado foi de 4900 kg ha⁻¹, para 519,9 mm de lâmina total e 150 kg ha⁻¹.

Neste estudo as doses de nitrogênio não influenciaram no peso de espigas com palhas, resultado este contrário ao obtido por Prado (2013), que encontrou um pequeno efeito de 0,0181 g para cada kg ha⁻¹ N aplicado.

Respostas à aplicação de doses de N (0, 60, 120, 180 e 240 kg ha⁻¹) também foram verificadas por Freire et al, (2010), obtendo para a produção de espigas comerciais com palha, uma produtividade máxima de 13,52 t ha⁻¹, com a dose de 157 kg ha⁻¹.

Outros autores também obtiveram resultados diferentes a este estudo, é o que podemos perceber em Silva et al. (2000) que encontraram produtividade máxima de 11,7 t ha⁻¹ de espigas verdes comerciais com palha com a aplicação de 151 kg ha⁻¹ de N.

O peso de espigas com palha é uma importante características para produtor de MV que comercializa a produção junto a revendedores que adquirem o milho com palha, a prática mais recorrente no mercado, uma vez que a comercialização é feita baseada neste atributo.

A produtividade média estimada de espigas empalhadas em função da aplicação das lâminas de irrigação pode ser observada na (Tabela 5).

Tabela 5. Produtividade média de espigas empalhadas para o período estudado, em função da aplicação de lâminas de irrigação no município de Arapiraca-AL.

Tratamento	Volume aplicado (mm)	Produtividade de espigas empalhadas (Kg ha⁻¹)
Sequeiro	157,64	17533,1
50% (ETc)	177,93	19682,5
100% (ETc)	357,78	19888,5
150% (ETc)	537,63	19978,3
200% (ETc)	717,47	21607,2

Fonte: Autor, 2017.

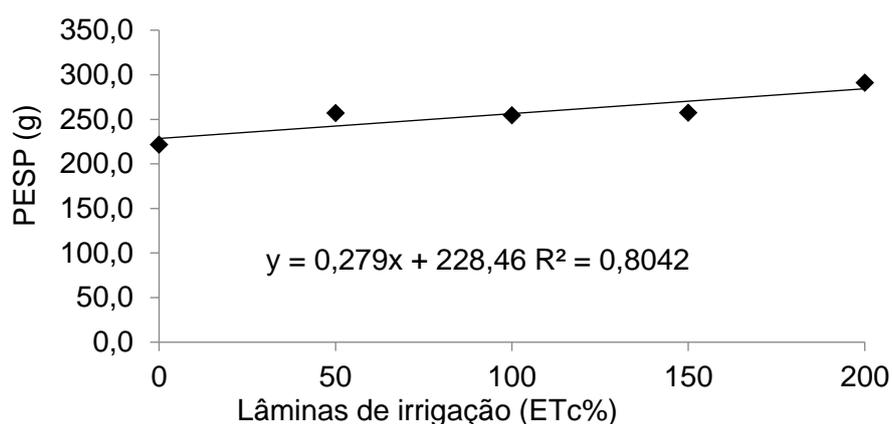
Blanco et al. (2009), trabalhando com aplicação de diferentes lâminas de irrigação no milho verde cultivar AG 1051 consorciado com feijão caupi, em Teresina-PI, obteve o valor de produtividade de espigas com palha de 14369 kg ha⁻¹, quando aplicou 465 mm de água. Esse resultado foi inferior aos obtidos nesse estudo, provavelmente devido às condições de plantio adotado, assim como também devido o coeficiente de cultivo utilizado e as condições edafoclimáticas.

Percebe-se na (Tabela 5), um incremento de 2355,4 kg ha⁻¹ na produtividade de espigas empalhadas, comparando a condição de sequeiro com o a aplicação da lâmina de irrigação equivalente a 100% da (ETc). Esses resultados comprovam a importância da irrigação quando se pretende obter retornos físicos, porém o produtor deve-se também atentar-se a viabilidade econômica dessa técnica, sendo este outro aspecto para a realização de futuras pesquisas a respeito do uso da irrigação na cultura do milho verde em Arapiraca-AL.

4.6 PESO DE ESPIGAS SEM PALHAS (PESP)

O peso de espigas sem palhas foram influenciados pela aplicação das lâminas de irrigação, não ocorrendo esse mesmo resultado para a aplicação das doses de nitrogênio. Essa característica aumentou conforme o aumento das lâminas de irrigação, tendo um incremento de 0,279 g para cada mm de lâmina aplicada (Figura 17).

Figura 17: Peso de espigas com palhas (PESP) em função das lâminas de irrigação aplicadas.



O menor peso ocorreu com a cultura submetida às condições de sequeiro, ou seja, com (157,64 mm) o peso médio de espigas sem palhas foi de 221,1 g. Já para o tratamento de 200% da ETc, que correspondeu a (717,7 mm) o peso das espigas sem palhas atingiu o valor de 291,1 g.

A produtividade estimada foi de 11080,8 kg ha⁻¹ nas condições de sequeiro e 14555,7 kg ha⁻¹ com a aplicação da lâmina de 200% da (ETc). Este resultado comprova a importância da irrigação no cultivo do milho verde, uma vez que os acréscimos na produtividade são visíveis, (Tabela 6).

Tabela 6. Produtividade média de espigas sem palhas para o período estudado, em função da aplicação de lâminas de irrigação no município de Arapiraca-AL.

Tratamento	Volume aplicado (mm)	Produtividade de espigas sem palha (Kg ha ⁻¹)
Sequeiro	157,64	11080,8
50% (ETc)	177,93	12854,7
100% (ETc)	357,78	12730,7
150% (ETc)	537,63	12878,8
200% (ETc)	717,47	14555,7

Fonte: Autor, 2017.

Em pesquisa realizada por Nascimento (2012), a produtividade de espigas verdes despalhadas aumentou em função do acréscimo de lâminas de irrigação, sendo este incremento de 22,31 % quando se aumentou a lâmina de 165,51 mm para 208,85 mm, de 76,77 % quando a lâmina passou de 208,85 mm para 255,32 mm, de 255,32 mm para 304,39 mm o aumento foi 14,18% e de 304,39 mm para 340,57 mm o aumento foi igual a 23,08%. Estes resultados condizem com os encontrados neste estudo.

O peso de espigas sem palha (PESP) tem mais importância para o varejista, que comumente comercializa o produto já despalhado, sendo esta uma importante característica no momento da aquisição das espigas.

O incremento no peso das espigas com e sem palha pode está atribuído a maior disponibilidade hídrica nas maiores lâminas, de modo que a água pode induzir um maior desenvolvimento foliar e conseqüentemente uma maior produção de fotoassimilados resultando em uma maior produção de espigas.

Araújo (1999), afirma que a redução da extensão da área foliar que permanece fisiologicamente ativa, pode influenciar na eficiência da produção.

Quanto a influência do nitrogênio no peso de espigas sem palha (PESP), o resultado obtido neste experimento foi confrontante com de Ferreira et al. (2009), que pesquisando o efeito de doses de N (0, 70, 140 e 210 kg ha⁻¹ de N) em cobertura nas características agronômicas do milho, encontraram que o peso da matéria seca da espiga foi positivamente influenciado pelo incremento nas doses de N, originando uma equação de regressão quadrática.

Esse resultado pode está atribuído à resposta da cultura a adubação nitrogenada de fundação, assim como também a disponibilidade desse elemento na área de cultivo.

Souza et al. (2011) avaliou os efeitos da aplicação de N em dose única (150 kg ha⁻¹ de N) ou parcelada em diferentes épocas (estádio V4 e V8), na forma de sulfato de amônio, e verificou que a produtividade de grãos não apresentou diferenças significativas para as épocas de aplicação, bem como o parcelamento do N.

5 CONCLUSÕES

1. A Irrigação proporcionou maiores respostas aos componentes de produção do milho verde, obtendo-se melhores respostas nas maiores lâminas aplicadas;
2. Não houve efeito significativo para as doses de nitrogênio aplicadas no cultivo do milho verde;
3. As características diâmetro de espiga sem palha, peso de espiga com palha e peso de espiga sem palha foram influenciadas significativamente apenas para as lâminas aplicadas, apresentando um comportamento linear;
4. A lâmina de 197% da Evapotranspiração da cultura, correspondendo á 696,15 mm, foi a que representou o maior valor para altura de inserção da espiga atingindo 1,5302 m;
5. As características diâmetro do colmo, diâmetro de espiga com palha, comprimento de espiga com e sem palha não foram influenciada pelas lâminas de irrigação e doses de nitrogênio, assim como pela a interação entre esses fatores.

REFERÊNCIAS

- Allen, r.g.; snyder, r; smith, m. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. Fao. Irrigation and drainage paper, no. 56, fao, rome. 1998.
- Allen, r. G.; pruit, w. O.; wright, j. L.; howell, t. A.; ventura, f.; snyder, r.; itenfisu, d.; steduto, p.; berengena, j.; yrisarry, j. B.; smith, m.; pereira, l. S.; raes, d.; perrier, a.; alves, i.; walter, i.; elliot, r. A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference eto by the fao56 penmanmonteith method. Agricultural water management, amsterdam, v. 81, p. 1-22, 2006.
- Albuquerque, c. J. B.; von pinho, r. G.; borges, i. D. ; sousa filho, a. X. De; fiorini, i. V. A. Desempenho de híbridos experimentais e comerciais de milho para produção de milho-verde. Rev. Ciência e agrotecnologia., lavras, v. 32, n. 3, p. 768-775, 2008.
- Albuquerque, p. E. P de. Irrigação para o cultivo do milho verde. In. O cultivo do milho-verde. Brasília: embrapa, 2002. Cap. 6, p. 93 -114.
- Araujo, w. F.; sampaio, r. A.; medeiros, r. D. Irrigação e adubação nitrogenada em milho. Rev. Scientia. Agrícola. V. 56 n.4 p. 63-74, piracicaba-sp. 1999.
- Barros, j. F. C; calado, j. G. A cultura do milho. Évora: portugal, 2014. Disponível em: <<http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>>. Acesso em 01 de novembro de 2016.
- Biscaro, a. G; maia, s. C m; silva, t. R. B. Influência da aplicação de água no milho verde irrigado na região do cerrado sul-mato-grossense. Rev. Agrarian, v.1, n.1, p. 67-77, jul. 2008.
- Bergamaschi, h. Bergonci. J. I. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. Brasília, pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.39, n. 9, p. 831-839, 2004.
- Bergonci. J. I; bergamaschi, h. Ecofisiologia do milho. In: congresso nacional de milho e sorgo. Florianópolis, anais abms, florianópolis 2002.
- Bernardo, s.; soares, a. A; mantovani, e. C. Manual de irrigação. 8. Ed. Viçosa, mg: ufv, 2006. P. 625.
- Biscaro, a. G.; maia, s. C m; silva, t. R. B. Influência da aplicação de água no milho verde irrigado na região do cerrado sul-mato-grossense. Rev. Agrarian, v.1, n.1, p. 67-77, jul. 2008.
- Blanco, f. F; veloso, m. E. C; cardoso, m. J. Crescimento e produção do milho verde sob lâminas de irrigação e doses de fósforo. Rev. Horticultura brasileira v. 27, n. 2 p. 40-45, 2009.
- Bobato, a. Índice nutricional do nitrogênio: uma ferramenta para o diagnostico do estado nutricional da cultura do milho. Dissertação (mestrado em agronomia) – universidade federal do paraná, Curitiba. 2006.
- Bottini, p. R; tsunehiro, a; costa, f. A. G. Da. Viabilidade da produção de milho verde na “safrinha”. Informações econômicas, são paulo, v. 25, n. 3, p. 49 - 53,1995.
- Borém, a. Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: mg. 2005. 2. Ed. Editora da ufv.

Cardoso, m. J.I; andrade, j. A. C. Produtividade de espigas verde de milho relacionada a níveis de nitrogênio, densidade de plantas e a irrigação. In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 31. Anais... Salvador: sbea. Cdrom. 2002.

Chaves, I. H. Comparação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Jaboticabal- sp. 2015.

Conselho de informações sobre biotecnologia (cib). Guia do milho, tecnologia do campo a mesa. São paulo: 2006. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_cib.pdf>. Acessado em 23 de outubro de 2016.

Doorenbos, j; kassan, a. H. Efeitos da água no rendimento das culturas. Roma: fao, 1997. 212 p. (estudos fao: irrigação e drenagem, 33).

Doorenbos, j.; pruit, w. O. Crop water requirements. Rome: fao, 1977. 144p. (irrigation and drainage paper, 24).

Embrapa. Centro nacional de pesquisa de solos (rio de janeiro, rj). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. Ed. Rio de janeiro : embrapa-spi, 2006.

Fancelli, a. L; dourado, n. D. Produção de milho. Rev. Agropecuária, p. 360, Guaíba, 2004.

Fancelli, a. L.; dourado neto, d. Milho: fisiologia da produção. In: seminário sobre fisiologia da produção e manejo de água e de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade, Piracicaba, 1996. Anais. Piracicaba: esalq, depto. De agricultura, 1996. P.1-29.

Fancelli, a. L.; dourado, n. D. Ecofisiologia e fenologia. In: produção de milho. Guaíba: rev. Agropecuária, p. 21-53, 2000.

Food and agriculture organization of the united nations - fao [2010]. Disponível em:<<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/854301/>> acesso em: 26/11/2016.

Fernandes, f. C. S; buzetti, s; arf, o.; andrade, j. A. C. Doses, eficiência e uso de nitrogênio por seis cultivares de milho. Rev. Brasileira de milho e sorgo, v. 4, n. 2, p. 195-204, 2005.

Ferreira, d. F. Manual do sistema sisvar para análises estatísticas. Lavras: editora da ufla, 2000. P.66.

Ferreira, r; gardingo, j. R; matiello, r. R. Seleção de progênies de irmãos germanos destinadas á produção de milho-verde. Scientia agraria, curitiba, v.10. N.1, p. 023 – 030, 2009.

Fornasieri, f. D. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: funep, 2007. P. 576.

Freire, f. M.; santos, v. B. Produtividade econômica e componentes da produção de espigas verdes de milho em função da adubação nitrogenada. Rev. Brasileira de milho e sorgo, v.9, n.3, p. 213-222, 2010.

Gomes, e. P.; testezlaf, r. Manejo de irrigação na tomaticultura de mesa. 2004. Disponível em <http://www.agr.unicamp.br/tomates/irrigacaoerecursos_hidricos.htm> acessado em: 17/12/2016.

Gross, m. R.; von pinho, r. G.; brito. A. H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. Rev. Ciência e agrotecnologia, v. 30, p. 387-393, 2006.

Gurgel f. L.; silva p. S. L. Efeitos do nitrogênio e da sua aplicação parcelada sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. Rev. Ciência agrônômica. V. 32, nº 1/2. 2001.

Hernandez, f. B. T. Manejo da irrigação. In: curso de capacitação em agricultura irrigada, 1, 1999, ilha solteira. Anais. Ilha solteira: unesp – área de hidráulica de irrigação, p.19-26, 1999. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso3.htm>>. Acessado em: 17/03/2017.

Ipa – recomendação de adubação para o estado de pernambuco: 2º aproximação – recife – pernambuco -2008 p.175.

Ibge (rio de janeiro, r.j.) censo agropecuário 2006. Brasil. Rio de janeiro, 2006.

Keller, j.; karmeli, d. Trickle irrigation desing. Glendora: rain bird sprinkler manufacturing, 1975.

Klein, v. A. Uma proposta de irrigação automática controlada por tensiômetros. Rev. Brasileira de agrociência, pelotas, v.7, n.6, p. 231- 234 set./dez. 2001.

Lopes, o. D. Desenvolvimento, determinação e coeficiente de cultura (kc) e da eficiência do uso da água do alecrim-pimenta (*lippia sidoides* cham.) Na região de montes claros. 2010 70 p. Dissertação (mestrado em produção vegetal no semiárido) – universidade estadual de montes claros, janaúba, mg. 2010.

Magalhães, p. C.; paiva, e. Fisiologia da produção de milho. In: empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Brasília: embrapa, spi, p. 65-92, 1993.

Malavolta, e. Manual de nutrição mineral de plantas. São paulo. Ceres. 2006. 638 p.

Matos, e. H. Cultivo do milho verde. Dossiê técnico. Centro de apoio desenvolvimento tecnológico unb. Brasília, df, 2007.

Melo, t. K.; medeiros, j. F.; sobrinho, j. E.; figueiredo, v. B.; souza, p. S. Evapotranspiration and crop coeficientes of melon plants measured by lysimeter and estimated according to fao 56 methodology engenharia. Agrícola, jaboticabal, v.34, n.5, p. 929-939, set./out. 2013.

Meneghetti, a. M.; nóbrega, l. H. P.; santos, r. F.; manejo da irrigação para produção de minimilho por evapotranpiração. Rev. Engenharia na agricultura, viçosa, mg, v.16, n.3, p. 351-358, 2008.

Merrian, j.l.; keller, j. Form irrigation system evaluation a guide for management. Logan agricultural an irrigation engineering department, 1978, 271p.

Oliveira, l. F.c.; planejamento e manejo da água na agricultura irrigada. Viçosa, mg. P.240. Editora da ufv, 2012.

Nascimento, f. N.; características agrônômicas do milho verde sob diferentes regimes hídricos. 81f. : il. Dissertação (mestrado em agronomia) – universidade federal do piauí, teresina, 2012.

Neto, i. J. S. Cultivares de milho e lâminas de irrigação para produção de minimilho em vitória da conquista – ba. Dissertação. (mestrado em fitotecnia) - universidade estadual do sudoeste da bahia, (2012).

Paiva junior, m. C; pinho, r. G; resende, s. G. Viabilidade técnica de produção de milho verde na região de lavras, mg. In: congresso nacional de milho e sorgo, 22.,1998. Recife. Anais.... Recife: 1998.

Pereira f. I. A; queiroz, v. A. V. (2008) milhos especiais garantem renda extra. Disponível em:<www.portaldogronegocio.com.br;> acessado em 28/11/2016.

Pereira filho, i. A; oliveira, a. C; cruz, j. C. Milho-verde: espaçamentos, densidades de plantas, cultivares e épocas de semeadura influenciando o rendimento e algumas características de espigas comerciais. In: congresso nacional de milho e sorgo, 22.,1998. Recife. Resumos... Recife, p. 255, 1997.

Pereira filho, i. A. O cultivo do milho-verde. Brasília, df, embrapa, 2003. P. 204.

Pereira, a. R; angelocci, l. R; sentelhas, p. C. Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas, guaíba: rev. Agropecuária. P. 478, 2002.

Pinho, r. G; rivera, a. A. C; brito, h. N; lima, t. G. Avaliação agrônômica do cultivo de milho em diferentes níveis de investimento. Rev. Ciência e agrotecnologia, lavras, v.33, n.1, p. 39-46, 2009.

Prado, l. V. Lâminas de irrigação e doses de nitrogênio no rendimento da cultura do milho verde. Dissertação (mestrado em agronomia), fesurv- universidade de rio verde, rio verde, 2013.

Raij, b; feitosa, c. T. Cantarella, h. A análise de solo para discriminar respostas à adubação para a cultura do milho.rev. Bragantia, v.40, n.6, p. 57-75, 1981.

Ruviaro, c.; manejo da irrigação e viabilidade econômica para a produção de silagem de milho e sorgo. Santa maria, 2003. 117p. Tese (doutorado em agronomia – biodinâmica do solo), universidade federal de santa maria, ufms.

Santos, w. O. Necessidades hídricas, desenvolvimento e análise econômica do milho nas condições do semiárido brasileiro. Dissertação apresentada á universidade federal rural do semi-árido, como parte das exigências para obtenção do título de mestre em irrigação e drenagem. Mossoró-rn. 2012.

Searsbrook, c. E; boss, b. D. Leaf area index and radiation as related to corn yield. Agronomy journal, madison, v.57, p. 459-471, 1973.

Secretaria do estado e do meio ambiente e dos recursos hídricos de alagoas (semarh). Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/tempo-e-clima/banco-de-dados/precipitacao-mensal/dados-de-precipitacao-mensal>>. Acesso: novembro de 2016.

Silva, p. S. Oliveira, s. G. Efeitos de níveis de nitrogênio e da aplicação de deltametrina sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. Rev. Ceres, viçosa, mg, v. 47, p. 75-87, 2000.

Silva, e. C; lima, j. C. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho em plantio direto sobre latossolo vermelho. Rev. Brasileira de ciência do solo, v.29, p. 353-362, 2005.

Silva, r. R; santos, i. M. S; oliveira, g. M; carvalho, a. R. P; santos júnior, p. P; gonçalves, i. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. Rev. Brasileira de agricultura irrigada, fortaleza – ce, v. 9, n. 6, p. 392-399, 2015.

Shaw, r.h. climate requirement. In: sprague, g.f. corn and corn improvement. Madison: american society of agronomy, 1977. P. 599-617.

Souza, j. A. P; buzetti, s; teixeira filho, m. C. M. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha irrigado em plantio direto. Rev. Bragantia, v. 70, p. 447-454, 2011.

Taiz, l; zeiger, e. Fisiologia vegetal. 4. Ed. Porto alegre, artmed, p. 848. 2009.

Tsunechiro, a; miúra, m. Caracterização técnico-econômica da cultura do milho verde no brasil em 2006. In: xxix congresso nacional de milho e sorgo - águas de lindóia - 26 a 30 de agosto de 2012 (2012).

Tsunechiro, a; duarte, j. O; mattoso, m. J. Aspectos econômicos da comercialização e custo de produção do milho verde. In: pereira filho, i. A. (ed.téc.). O cultivo do milho verde. Brasília: embrapa informação tecnológica, 2002, p. 179-191.

Waston, s. A. Description, development, structure and composition of the corn kernel. In: white, p. J.; jhonson, l. A. (ed.) Corn chemistry and technology. 3 ed. St. Paul: american association of cereal chemister, 2005. P. 69-106.

Valente, l. A. L. Água na cultura do milho. In: reunião técnica anual do milho 4., reunião técnica do sorgo, 24., anais... Passo fundo, embrapa-cntp, p. 224-231, 1996.

Vasconcellos, c. A.; viana, m. C. M; ferreira, j. J. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em milho cultivado no período inverno-primavera. Rev. Pesquisa agropecuária brasileira, v.33, p.1835-1945, 1998.

Villa nova, n. A.; pedro jr., m. J; pereira, a. R.; ometto, j. C. Estimativas de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função de temperaturas máximas e mínimas. São paulo: usp, instituto de geografia, 1972. P. 8 (caderno de ciência da terra).

Análise econômica e produtiva da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-038>

Maria Damiana Rodrigues Araújo

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: rmariadamiana2@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0082341300679911>

Julianna Catonio da Silva

Doutoranda em Agronomia, UFAL, CECA
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: julianna.silva@ceca.ufal.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6065558821008136>

Luis Felipe Ferreira Costa

Engenheiro Agrônomo, Autônomo
E-mail: lferreiracosta1@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1159841220981746>

Maria Deyse Silva dos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: lisboadayse383@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3710302718646466>

Larissa Vasconcelos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: larissavasconcelos18@outlook.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4944948235337443>

Thallita Nayanna Bezerra Alves

Pós-Graduanda em Agricultura e Ambiente, UFAL,
Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: nayanathalita@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1836223317459000>

Daniella Pereira dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola, UFRPE
E-mail: daniellapsantos@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0994067308793874>

Lúcia Jacinta da Silva Santos

Graduada em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: luciajacintasilva@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1976319773052798>

Cícero Gomes dos Santos

Professor Doutor em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: cgomes@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1756791175395693>

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Professor Doutor em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0192590447392368>

RESUMO

A análise conjunta dos fatores de produção, tais como a quantidade de água e a dose de adubação necessária para que a cultura da cenoura possa mostrar seu máximo potencial produtivo ao longo do ciclo e que, por sua vez, representem melhor retorno econômico é de elevada importância. Objetivou-se avaliar a resposta da cenoura à lâminas de água e doses de adubação sintética (NPK). O experimento foi desenvolvido na área experimental da Universidade Federal de Alagoas, Campus de Arapiraca, no período de abril a julho de 2016. Adotou-se o delineamento estatístico em blocos ao acaso, num esquema fatorial 6x4, com 3 repetições, totalizando 72 unidades experimentais. Os tratamentos foram representados por 6 lâminas de irrigação, equivalentes a: 50, 75, 100, 125, 150 e 175% da Evapotranspiração da cultura (ET_c), obtida diariamente através de 6 lisímetros de drenagem. O segundo tratamento foi representado por 4 doses de adubação química NPK, equivalentes a: 50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação para a cultura da cenoura. A unidade experimental foi representada por uma área de 1,0 m². As lâminas de irrigação foram realizadas diariamente, assim como a adubação, via fertirrigação. No final do ciclo, foram coletadas quatro raízes de cenoura/ parcela para estimar a produtividade/ ha. O rendimento máximo estimado da cenoura foi de 95,85 t ha⁻¹, a ser obtido com o emprego de 478,25 mm e 541,93 kg ha⁻¹ de adubação.

Palavras-chave: Água, *Daucus carota* L, Nutrição mineral, Rendimento.

1 INTRODUÇÃO

A cenoura (*Daucus carota* L.) é a principal hortaliça do grupo das raízes tuberosas com área média de 22 mil ha plantados (RESENDE et al., 2016) e consumo per capita de 1,75 kg/hab/ano (IBGE, 2010). Possui alto valor econômico e é consumida de forma in natura ou processadas, onde a raiz, parte comestível é considerada importante fonte de vitamina A e potássio na dieta humana (FILGUEIRA, 2013), cultivada em larga escala nas regiões Centro-Oeste, Sudeste, Nordeste e Sul do Brasil (CARVALHO et al., 2017).

Para garantir um rendimento economicamente viável de uma cultura agrícola, principalmente em regiões áridas e semiáridas, a irrigação é indispensável devido ao fato das chuvas serem insuficientes e mal distribuídas para manter a umidade do solo adequada durante o ciclo da cultura (CARVALHO et al., 2000). No Agreste alagoano, a produção de cenoura encontra condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento (SILVA et al., 2018), porém, com a estação seca de longa duração, torna-se essencial o cultivo irrigado, com manejo racional da água (LUCENA et al., 2016).

Outro fator que interfere na produtividade das culturas agrícolas é a adequada adubação, esta ainda representa em torno de 45% do custo de produção da cenoura (CEPEA, 2010) e tem importante influência na produtividade (MENEGAZZO, 2010), na qualidade da raiz (LUZ et al., 2009).

O potássio (K) é considerado o primeiro nutriente em ordem de extração da cenoura, contribuindo na formação e translocação de carboidratos, uso eficiente da água pelas plantas, equilibra a aplicação de nitrogênio e facilita a absorção de outros nutrientes (RABELO, 2015). O nitrogênio (N) é o segundo nutriente mais exigido pela cultura da cenoura (FILGUEIRA, 2012) e doses adequadas de nitrogênio promovem maior resistência ao armazenamento, porém quando se força um maior crescimento da raiz com doses excessivas, o produto final perde resistência no armazenamento (COLOMBARI, 2015). Já o fósforo (P) atua no processo de transferência de energia, assim, é indispensável para fotossíntese, translocação dentre outros processos metabólicos de relevância (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Embora exigidos em menores quantidades, se comparado com N e K, o fósforo é um dos nutrientes que mais limita a produtividade da cultura, em solos não adubados (NASCIMENTO et al., 2015). O fornecimento adequado de fósforo para a planta proporciona a utilização mais eficiente da água e, conseqüentemente, dos demais nutrientes (GUIMARÃES et al., 2011).

Neste sentido, o manejo adequado da irrigação associado a fertilidade do solo geralmente são feitos para atender plenamente à demanda hídrica e nutricional das plantas, com a finalidade da maximização da produção. Entretanto, estudos têm demonstrado que o manejo deve contribuir para o máximo rendimento econômico e não para a máxima produtividade da cultura (BLANCO et al., 2011).

Objetivou-se avaliar a análise econômica e produtiva da cenoura sob diferentes lâminas de irrigação e doses de adubação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido no Campus de Arapiraca da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), na área experimental do Grupo de Pesquisa, Extensão e Inovação Tecnológica em Manejo de Água para a Irrigação (Grupo Irriga), localizada na mesorregião Agreste do Estado de Alagoas (Figura 1), com coordenadas geodésicas 9° 45' 09" de latitude sul e 36° 39' 40" de longitude oeste e altitude de 325 m, no período de março a julho de 2016.

Figura 1 - Localização da área experimental da cultura da cenoura, na Universidade Federal de Alagoas – Campus de Arapiraca, desenvolvido no período de março a julho de 2016.



Fonte: Google Earth (2019).

Esta região é de transição entre a Zona da Mata e o Sertão alagoano, seu clima é classificado como do tipo 'As' tropical com estação seca de Verão, pelo critério de classificação de Köppen (1948). De acordo com Xavier; Dornellas (2010), a estação chuvosa tem início no mês de maio e se estende até a primeira quinzena de agosto, com precipitação média de 854 mm ano⁻¹, sendo os meses de maio a julho os mais chuvosos e setembro a dezembro os mais secos, o solo é classificado como LATOSSOLO AMARELO VERMELHO Distrófico (EMBRAPA, 2018). Os dados da análise química do solo da área experimental estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo utilizado na área experimental.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS									
pH (H ₂ O)	M.O. (%)	P		K		Ca	Mg	Al	H+Al
		(mg dm ⁻³)				(cmolc dm ⁻³)			
5,3	0,57	7		70		0,7	0,5	0,00	3,5

Fonte: Autor (2019).

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC) em esquema fatorial 6x4, com 3 repetições, totalizando 72 parcelas experimentais (Figura 2). Os tratamentos foram representados por 6 lâminas de irrigação (50, 75, 100, 125, 150 e 175% da Evapotranspiração da Cultura (ET_c), obtida diariamente através de lisímetros de drenagem) e 4 doses de adubação química (50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação), aplicadas via fertirrigação.

Figura 2 - Representação sistemática do sorteio dos tratamentos (lâminas de irrigação, L e níveis de adubação química, A) para cada respectivo bloco.

Bloco 1				Bloco 2				Bloco 3			
L5 F4	L1 F1	L1 F4	L2 F3	L3 F3	L4 F1	L5 F2	L3 F4	L5 F2	L1 F4	L2 F3	L1 F1
L6 F3	L2 F2	L5 F3	L6 F1	L6 F4	L3 F2	L2 F4	L5 F1	L3 F2	L6 F2	L6 F1	L4 F3
L4 F2	L4 F4	L3 F1	L1 F2	L1 F3	L2 F1	L6 F2	L4 F3	L2 F1	L4 F1	L1 F2	L3 F4
L1 F3	L6 F2	L5 F2	L2 F1	L4 F4	L4 F2	L6 F1	L2 F2	L5 F1	L3 F3	L6 F3	L2 F4
L3 F2	L3 F4	L4 F1	L6 F4	L5 F3	L5 F4	L3 F1	L1 F2	L1 F3	L6 F4	L2 F2	L5 F3
L3 F3	L4 F3	L2 F4	L5 F1	L1 F4	L2 F3	L6 F3	L1 F1	L5 F4	L4 F2	L4 F4	L3 F1

Fonte: Autor, (2019).

Onde:

L1: Lâmina de Irrigação: 50% ET_c (Lisímetros)

L2: Lâmina de Irrigação: 75% ET_c (Lisímetros)

L3: Lâmina de Irrigação: 100% ET_c (Lisímetros)

L4: Lâminas de Irrigação: 125% ET_c (Lisímetros)

L5: Lâminas de Irrigação: 150% ET_c (Lisímetros) L6: Lâminas de Irrigação: 175% ET_c (Lisímetros)

N1: Níveis de Adubação: 50% (Recomendação)

N2: Níveis de Adubação: 75% (Recomendação)

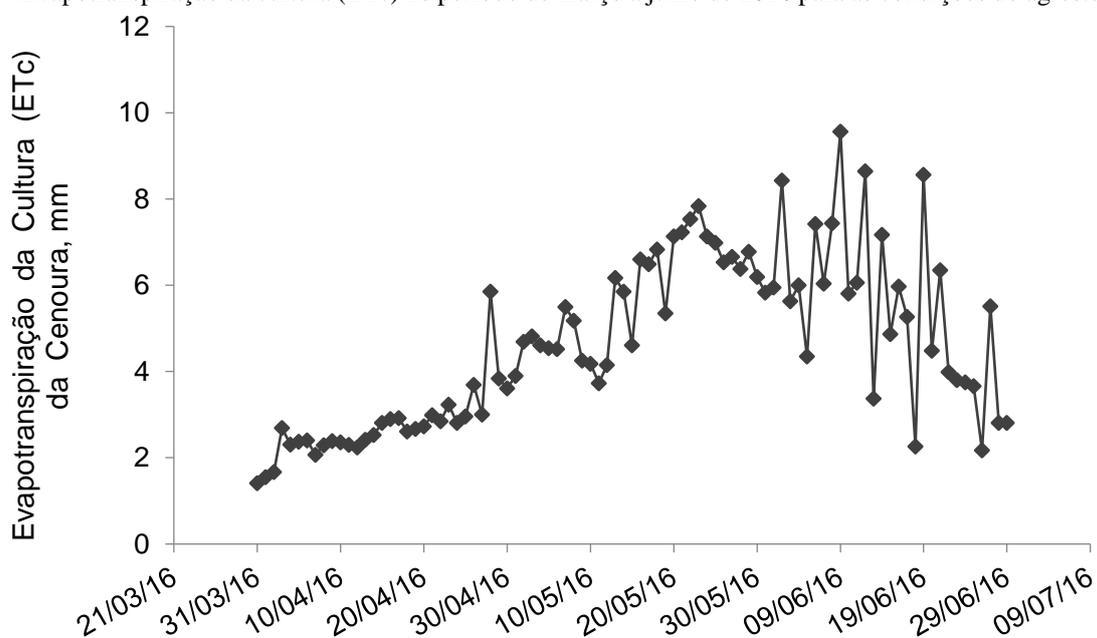
N3: Níveis de Adubação: 100% (Recomendação)

N4: Níveis de Adubação: 125% (Recomendação)

2.3 DETERMINAÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Utilizou-se um sistema de irrigação localizado por gotejamento. A frequência de irrigação foi diária, sendo a lâmina de irrigação estabelecida de acordo com os tratamentos, baseados na evapotranspiração da cultura. Durante o período de germinação e estabelecimento das plantas, com duração de trinta dias após a sementeira, foram aplicadas em todas as parcelas, lâminas de água correspondentes à evapotranspiração, ETc diária da cultura. A evapotranspiração da cultura, ETc, foi obtida conforme Silva et al., (2018), de acordo com a Figura 3.

Figura 3 - Evapotranspiração da cultura (ETc) no período de março a julho de 2016 para as condições do agreste Alagoano.



Fonte: Silva et al.; (2018).

2.4 APLICAÇÃO DAS LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO

Foram construídos 24 canteiros com dimensões de 3 metros de comprimento e 1 metro de largura, estando separados a cada 0,5 m. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento (Figuras 4A e 4B).

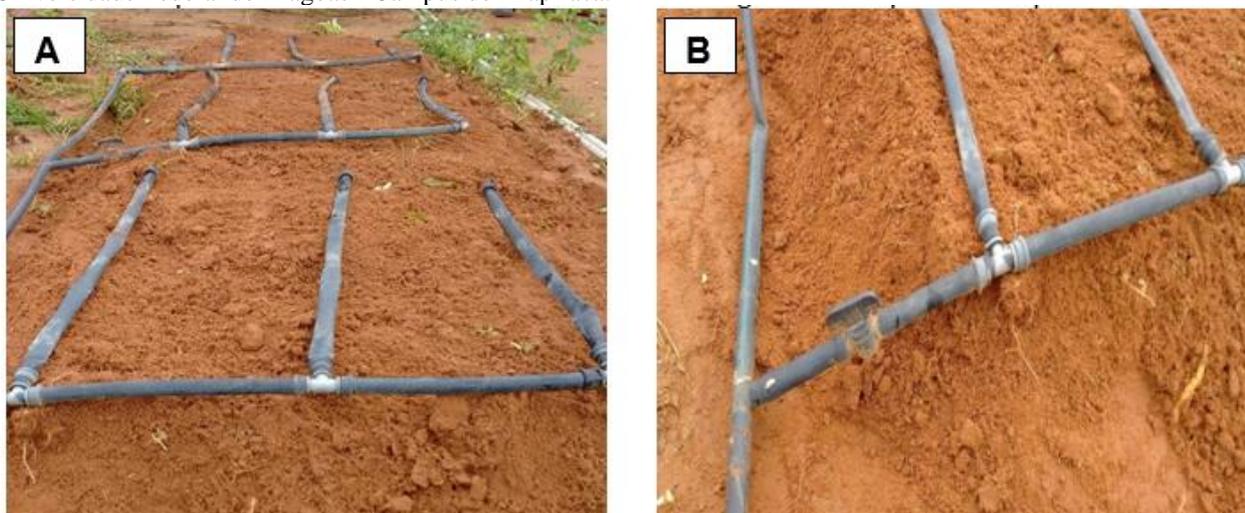
Figura 4 - Apresentação geral da área de função produção em desenvolvimento (A) e plantas estabelecidas (B), na área experimental.



Fonte: Autor, (2019).

Em cada canteiro foi construído um sistema que foi dividido em três parcelas de 1,0 m² (Figura 5A). Para a construção desse sistema foram utilizadas mangueiras, conexões, T's, joelhos, registros e as fitas gotejadoras. As mangueiras utilizadas apresentavam dimensões de 16 mm de diâmetro, com gotejadores espaçados a cada de 0,20 m. Os joelhos e T's eram utilizados para conectar a fita gotejadora. Já os registros, eram utilizados para ser fechados ao final de cada lâmina aplicada (Figura 5B). As fitas gotejadoras utilizadas apresentavam 1 m de comprimento, apresentando 5 gotejadores em cada fita e assim, 15 gotejadores em cada parcela. Os gotejadores utilizados foi ISO 09261, autocompensantes, apresentando vazão de 2,1 L h⁻¹.

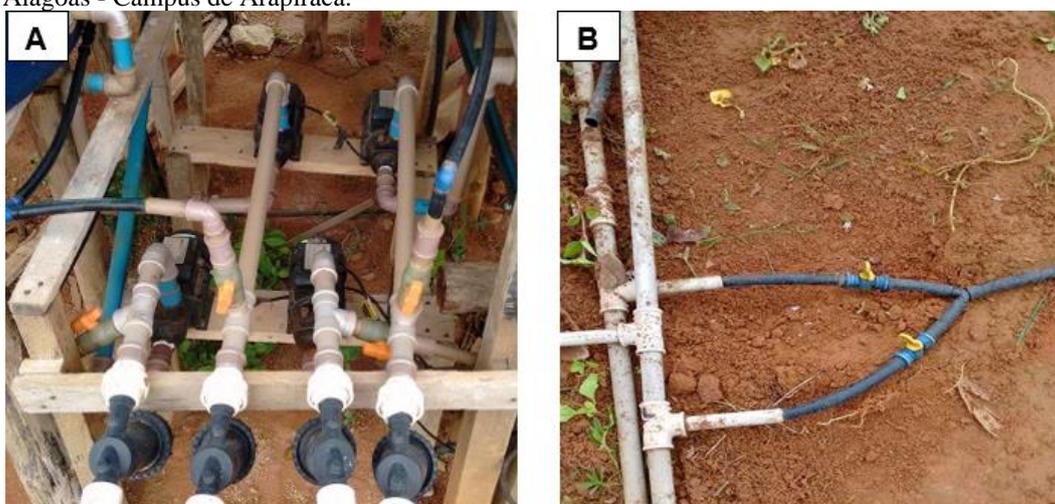
Figura 5 - Parcela de cada canteiro (A) e registros utilizados para fechar cada lâmina (B), na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

Foi utilizada uma bomba de 0,5 cv (Figura 6A), que bombeava a água para a área experimental através de uma tubulação de 20 mm. Na entrada da área irrigada existia dois registros, em que, um deles era destinado à irrigação das lâminas e o outro a fertirrigação, conseqüentemente, quando um estava aberto, o outro estava fechado (Figura 6B).

Figura 6 - Bombas utilizada para irrigação (A) e registro para fechar cada lâmina (B), na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.

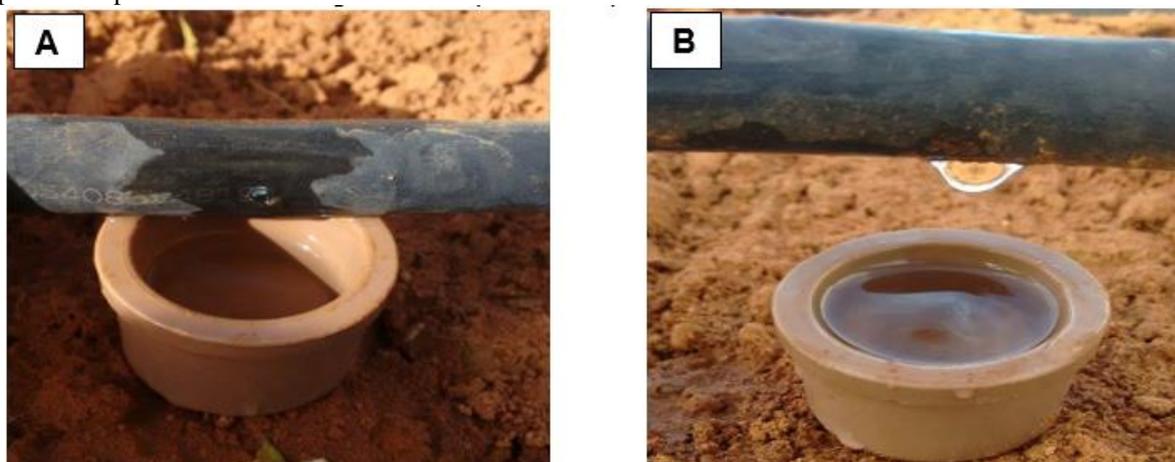


Fonte: Autor, (2019).

2.5 DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE IRRIGAÇÃO

Após a montagem do sistema, foram realizados testes para determinar a vazão média do gotejador. Para isso, foi aferida a vazão quinzenalmente em parcelas representativas de cada lâmina (Figura 7).

Figura 7 - Determinação da vazão do sistema de irrigação, na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

Diariamente fechava-se os registros referente a cada tratamento ao final da irrigação do mesmo, até a última lâmina de irrigação. A partir daí foi realizado o desbaste e aplicadas as diferentes lâminas de irrigação.

2.6 APLICAÇÃO DAS DOSES DE FERTIRRIGAÇÃO

A adubação foi realizada baseada na recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco (2º aproximação) e de acordo com a análise de solo da área experimental (Anexo F). As fontes utilizadas para adubação foi a ureia (45% de N), MAP- fosfato-mono-amônio, (12% de N e 60% de Fósforo) e o cloreto branco (60% de Potássio) (Figura 8).

Figura 8 - Fontes de adubação utilizadas. Ureia (A) MAP (Mono - amônio fosfato) (B) e Cloreto branco (C) utilizados na área experimental da Universidade Federal de Alagoas –Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

As aplicações de fertirrigação foram iniciadas aos 30 DAS, quando as plantas se apresentavam desenvolvidas e após a realização do desbaste foi determinada a quantidade total de plantas na área experimental e estabelecida a quantidade de adubo por planta durante todo o ciclo.

Segundo a recomendação, para Nitrogênio (N) a cultura da cenoura requer durante seu ciclo a aplicação de 80 kg ha⁻¹, sendo a metade aplicada em fundação e a outra metade aplicada em cobertura. Para o fósforo, recomenda-se aplicar 120 kg ha⁻¹ e para Potássio, recomenda-se aplicar 90 kg ha⁻¹, sendo 60 kg ha⁻¹ desses no plantio e a outra parte em cobertura (Figura 9). Como a aplicação foi realizada via água de fertirrigação, dessa forma, a adubação foi dividida durante o ciclo total da cultura.

Figura 9 - Fonte de adubo, recomendação nutricional e recomendação de adubo para a cultura da cenoura, na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.

Fontes de Adubo:	Recomendação Nutricional	Recomendação de Adubo
Ureia: 45% Nitrogênio	Nitrogênio: 80 Kg/ha = 8,00 g/m ² = 0,33 g/planta	Ureia: 154kg/ha = 15,38 g/m ² = 0,64g/planta
MAP: 12% Nitrogênio	Fósforo: 120 kg/ha = 12,00 g/m ² = 0,50 g/planta	MAP: 200 kg/ha = 20,00 g/m ² = 0,83g/planta
60% Fósforo	Potássio: 90kg/ha = 9,00 g/m ² = 0,38 g/planta	KCL :150 kg/ha = 15,00 g/m ² = 0,63g/planta
KCL: 60% Potássio		TOTAL: 504 kg/ha = 50,38 g/m² = 2,10g/planta

Fonte: Autor, (2019).

As doses de adubação utilizadas foram: 50, 75, 100 e 125% da recomendação de adubação, sendo estas distribuídas nas parcelas. A quantidade total de adubo utilizada era diluída em água, e em seguida colocada um recipiente com capacidade para 80 L esse adubo era adicionado a uma quantidade de 40 L de água (Figura 10A). Também foi determinada a vazão para cada nível de adubação e sua quantidade era estabelecida através do tempo. Toda água utilizada para a irrigação e fertirrigação foi através de um reservatório com capacidade para 1000 L existente na área (Figura 10B).

Figura 10 - Tonel utilizado para a fertirrigação (A) e reservatório de água (B), na área experimental da Universidade Federal de Alagoas - Campus de Arapiraca.



Fonte: Autor, (2019).

A fertirrigação era aplicada antes das lâminas de irrigação. No entanto, para não interferir na quantidade de adubo, deixava-se todo o sistema aberto por 10 minutos antes da realização da fertirrigação, com intuito de encher a tubulação e as fitas gotejadoras para eliminação do ar. Em seguida, a bomba destinada a fertirrigação era ligada, iniciando-a. Ao final de cada nível de fertirrigação a bomba e registros eram desligados para fechar os registros da respectiva fertirrigação e em seguida eram ligados novamente. Os 10 minutos utilizados para preencher a tubulação e fitas eram descontados no tempo final de irrigação.

2.7 FUNÇÃO DE PRODUÇÃO

Ao final do ciclo da cultura da cenoura, foram colhidas 4 cenouras de plantas centrais de cada parcela para estimar a produtividade (Kg ha⁻¹). As variáveis foram submetidas à análise de regressão, processadas utilizando o software estatístico R.

A análise estatística dos resultados foi feita pela análise de variância e teste F. O efeito das lâminas de irrigação e das doses de adubação foi analisado pelo teste de regressão polinomial. Neste experimento, os fatores de produção água (L) e adubação (A), constituíram-se nas variáveis independentes e a produtividade da cultura (Y) como variável dependente.

Para obtenção da função de produção, foram testados dez modelos estatísticos que, de acordo com Hexem e Heady (1978), citados por Aguiar (1989) representam satisfatoriamente uma função de produção das culturas. Dentre estes modelos, testados a partir de análise de regressão no módulo de análise de dados por meio do software estatístico R, foi escolhido aquele que melhor se ajustou aos dados do experimento, tendo em vista os coeficientes de determinação r² e r² ajustado, o valor do teste F da análise de variância, os valores do teste t para todos os coeficientes e os sinais das variáveis dos modelos analisados.

Os modelos estatísticos testados são apresentados nas Equações 1 a 10, a seguir.

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{0,5} + b_4A^{0,5} + b_5L^{0,5}A^{0,5} + e_i \quad (1)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{0,5} + b_4A^{0,5} + b_5LA + e_i \quad (2)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{0,5} + b_4A^{0,5} + e_i \quad (3)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^2 + b_4A^2 + b_5LA + e_i \quad (4)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^2 + b_4A^2 + e_i \quad (5)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A + b_3L^{1,5} - b_4A^{1,5} + b_5LA + e_i \quad (6)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L + b_2A - b_3L^{1,5} - b_4A^{1,5} + e_i \quad (7)$$

$$\hat{Y} = b_0 + b_1L - b_2L^2 - b_3A^2 + e_i \quad (8)$$

$$\hat{Y} = b_1L + b_2A - b_3L^2 - b_4A^2 + b_5LA + e_i \quad (9)$$

$$\hat{Y} = b_1L + b_2A - b_3L^2 - b_4A^2 + e_i \quad (10)$$

Sendo:

\hat{Y} : produtividade da cultura da cenoura, kg ha⁻¹;

L: fator água, mm;

A: fator adubação, kg ha⁻¹.

A função de produção abrange alguns parâmetros que facilitam seu entendimento, os quais serão abordados a seguir.

2.7.1 Isoquantas

A isoquanta é uma linha geométrica que permite diversas combinações dos fatores em estudo, como lâminas de irrigação e dose de adubo, tais pontos obtidos através da isoquanta indicam a mesma quantidade produzida bem como também o mesmo rendimento da cultura estudada.

A partir da função de produção escolhida, determinaram-se as isoquantas, plotando-se os dados de lâminas de água e dose de adubo, em função dos rendimentos previamente fixados, em um gráfico de duas dimensões, utilizando-se o software R.

2.7.2 Produto físico marginal

A melhor forma de definir o produto físico marginal de um fator é um acréscimo de um produto total devido a utilização de mais de uma utilização desse fato, mantendo os fatores constantes (Equação 11).

$$PMg(f) = -\frac{\partial Y}{\partial f} \quad (11)$$

Sendo:

$PMg(f)$: produto físico marginal do fator considerado;

$\frac{\partial Y}{\partial f}$: Derivada da função em relação ao fator considerado.

2.7.3 Taxa marginal de substituição

A taxa marginal de substituição corresponde a quantidade do fator que deseja substituir para adicionar outro fator mantendo o mesmo rendimento que foi obtido pelo produto marginal da água e o produto físico marginal da adubação e é representado pela Equação 12:

$$TMS_{L/N} = \frac{PMg A}{PMg L} \quad (12)$$

Sendo:

$TMS_{L/N}$: taxa marginal de substituição do fator água (L) pelo fator adubação (A);

$PMg A$: produto marginal do fator adubação;

$PMg L$: produto marginal do fator água.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 RENDIMENTO DA CENOURA EM FUNÇÃO DAS LÂMINAS DE ÁGUA E DOSES DE NITROGÊNIO

Na Tabela 2 consta o rendimento médio da cenoura em função dos tratamentos lâminas de água e doses de adubação. Observa-se que as lâminas de água e as doses de adubação variam entre 210,40

e 736,38 mm e 226,89 e 567,22 kg ha⁻¹ de adubação, respectivamente, onde o máximo rendimento (115,44 t ha⁻¹) foi obtido através da combinação dos tratamentos L3A3. Esta combinação refere-se à uma aplicação de uma lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura e doses de adubo de 100% de acordo com a recomendação da análise de solo, que correspondeu a aplicação de uma lâmina de 420,79 mm de água e 453,78 kg ha⁻¹ de adubação, respectivamente.

Segundo Silva et al. (2018) a necessidade hídrica da cenoura no agreste Alagoano, durante o ciclo total é de 421,00 mm. Resultados diferentes dos encontrados por Santos et al. (2009), registraram um consumo médio de 811,84 mm para a cultura da cenoura, no Agreste de Pernambuco, utilizando lisímetros de drenagem.

Nesse sentido pode-se afirmar que os lisímetros de drenagem determinaram com precisão o consumo hídrico, assim como a recomendação de adubação do estado de Pernambuco é eficiente para estimar a necessidade nutricional da cultura da cenoura.

Tabela 2 - Rendimento médio da cenoura (t ha⁻¹), em função das lâminas de água e das doses de adubação.

Lâmina (mm)		Adubação (Kg ha ⁻¹)				Médias
		A1	A2	A3	A4	
		226,89	340,33	453,78	567,22	
L1	210,40	20,60	44,50	50,60	42,48	39,55
L2	315,60	71,68	73,20	83,58	74,84	75,83
L3	420,79	85,40	96,44	115,44	112,90	102,54
L4	525,98	86,64	68,81	87,08	79,31	80,46
L5	631,85	70,14	68,04	68,92	76,62	70,93
L6	736,38	60,77	46,93	73,44	59,50	60,16
Média		65,87	66,32	79,84	74,28	71,58

Fonte: Autor, (2019).

Observou-se que as lâminas de água e as doses de adubação influenciaram significativamente sobre a produtividade da cenoura, aos níveis de 0,01% (Tabela 3), mostrando que ambos os fatores influenciaram significativamente no desenvolvimento da cenoura. Portanto, a cenoura é uma cultura responsiva a níveis crescentes de água e de adubação; assim, apresentando incremento na produtividade, pois a água interfere nas características físicas da planta, e a adubação, nos aspectos de qualidade da raiz.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância do rendimento da cenoura em função das lâminas de água e doses de adubação.

Fonte de Variação	GL	SQ	QM	Prob.>F
Lâminas (L)	5	26588,39	5317,68	0,0001
Adubação (A)	3	2449,48	816,49	0,0001
L versus A	15	3017,96	201,19	0,0001
Bloco	2	86,01	43,01	0,1399
Resíduo	46	963,52	20,95	
Total	71			
C.V	6,39			

Fonte: Autor, (2019).

Ainda, ao estudar a resposta de uma cultura a dois fatores é importante saber qual a interação entre ambos é a melhor representação. Nesse caso, houve interação entre as lâminas de irrigação e doses de adubação.

3.3 LÂMINAS DE ÁGUA ECONOMICAMENTE ÓTIMAS

O modelo que melhor se ajustou para as doses de adubação testadas foi o quadrático, tendo obtido valores de coeficiente de determinação, 0,91; 0,79; 0,61 e 0,75, para A1, A2, A3 e A4, respectivamente.

As equações foram obtidas por meio de uma análise de regressão, tendo como variável independente a lâmina de irrigação (L) em mm, e como variável dependente o rendimento da cenoura (Y), em t ha-1 (Tabela 4).

Tabela 4 - Doses de adubação economicamente ótima

Doses de Adubação em (%)	Equações Ajustadas	r ²
50	$Y_{A1} = -0,0007x^2 + 0,7007x - 90,612$	0,915
75	$Y_{A2} = -0,0006x^2 + 0,5191x - 36,58$	0,7884
100	$Y_{A3} = -0,0006x^2 + 0,5354x - 31,704$	0,6064
125	$Y_{A4} = -0,0007x^2 + 0,6429x - 60,171$	0,7458

A partir das equações foram obtidas por derivação as equações dos produtos físicos marginais da água para as doses de adubação, apresentadas nas equações 13 a 16, a seguir.

$$\frac{\partial y}{\partial L} (50\%) = -0,0014L + 0,7007 \quad (13)$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} (75\%) = -0,0012L + 0,5191 \quad (14)$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} (100\%) = -0,0012L + 0,5354 \quad (15)$$

$$\frac{\partial y}{\partial L} (125\%) = -0,0014L + 0,6429 \quad (16)$$

A partir das equações 13 a 16, foram obtidos os produtos físicos marginais da água para as doses de adubação, sendo possível estimar a lâmina de água economicamente ótima (Tabela 5). Verifica-se que os produtos marginais da água foram maiores para as menores lâminas, apresentando um decréscimo com o aumento da lâmina aplicada até chegar próximo a zero, onde ocorre o máximo rendimento. A partir daí os produtos marginais tornam-se negativos, indicando ser antieconômico o uso lâminas maiores que 500,5; 432,6; 446,2; 459,2 mm, para A1, A2, A3 e A4, respectivamente.

Tabela 5 - Produto marginal da água para as diferentes lâminas aplicadas correspondentes a cada dose de adubação.

Lâmina (mm)		Doses de Adubação (Kg ha ⁻¹)			
		A1	A2	A3	A4
		226,89	340,33	453,78	567,22
L1	210,40	0,41	0,27	0,28	0,35
L2	315,60	0,26	0,14	0,16	0,20
L3	420,79	0,11	0,01	0,03	0,05
L4	525,98	-0,04	-0,11	-0,10	-0,09
L5	631,85	-0,18	-0,24	-0,22	-0,24
L6	736,38	-0,33	-0,36	-0,35	-0,39

Fonte: Autor, (2019).

A variação no comportamento do produto marginal da água afirma que o rendimento da cenoura aumenta a taxas decrescentes com o aumento da lâmina até chegar a um ponto de rendimento máximo e decrescer com a contínua aplicação deste fator de produção. Observa-se, ainda, que os máximos rendimentos físicos para as doses de adubação, ocorreram com a aplicação de lâminas maiores do que a lâmina referente a evapotranspiração máxima da cultura, que corresponde a 420,79 mm.

3.4 DOSES DE ADUBAÇÃO ECONOMICAMENTE ÓTIMAS

A partir da análise de regressão entre os rendimentos da cenoura e as doses de adubação para as diferentes lâminas de água aplicadas, foram obtidas as equações apresentadas na Tabela 6, sendo todas estas do modelo polinomial quadrático. Ainda, vale ressaltar que as equações foram submetidas as lâminas que apresentaram efeito significativo estatisticamente. As referidas equações têm como variável independente a dose de adubação, em kg ha⁻¹, e como variável dependente o rendimento da cenoura (Y), em kg ha⁻¹.

Tabela 6 - Lâminas de água economicamente ótima

Lâminas de Água (%)	Equações Ajustadas	r ²
50	$Y_{L1} = -0,0006x^2 + 0,5572x - 73,619$	0,9987
75	$Y_{L2} = -0,0002x^2 + 0,1758x + 40,655$	0,5401
100	$Y_{L3} = -0,0003x^2 + 0,2989x + 29,685$	0,9281
125	$Y_{L4} = 0,0002x^2 - 0,1585x + 109,43$	0,1187

As equações do produto físico marginal da adubação para cada lâmina de água aplicada, foram obtidas a partir da derivada primeira da equação do rendimento (Y) em função das doses de adubação, para cada lâmina de água, sendo representadas nas equações 17 a 20.

$$\frac{\partial y}{\partial A} (50\%) = -0,0012A + 0,5572 \quad (17)$$

$$\frac{\partial y}{\partial A} (75\%) = -0,004A + 0,1758 \quad (18)$$

$$\frac{\partial y}{\partial A} (100\%) = -0,006A + 0,2989 \quad (19)$$

$$\frac{\partial y}{\partial A} (125\%) = 0,0004A - 0,1585 \quad (20)$$

A partir dessas equações, foi obtido o produto físico marginal da adubação para cada uma das lâminas de água aplicada (Tabela 7). Observa-se que o produto marginal da adubação se comportou de maneira semelhante ao da água, ou seja, à medida que as doses de adubação aumentaram o produto marginal diminuiu até chegar próximo a zero, onde ocorreu o máximo rendimento. A partir daí o produto marginal tornou-se negativo indicando ser antieconômico o uso da maior dose de adubação, 567 kg ha⁻¹.

Esta variação no comportamento do produto marginal da adubação mostra que o rendimento da cenoura aumenta a taxas decrescentes com o aumento das doses de adubação até chegar a um ponto de rendimento máximo e decrescer com a contínua aplicação deste fator de produção. A lâmina de 526 mm apresentou comportamento inverso às demais apresentadas.

Tabela 7 - Produto marginal da adubação para as diferentes doses de adubação aplicadas, correspondente a cada lâmina de água.

Doses de Adubação (Kg ha ⁻¹)		Lâminas de Irrigação (mm)					
		L1	L2	L3	L4	L5	L6
		210,40	315,60	420,79	525,98	631,85	736,38
A1	226,89	0,28	0,09	0,16	-0,07	—	—
A2	340,33	0,15	0,04	0,09	-0,02	—	—
A3	453,78	0,01	-0,01	0,03	0,02	—	—
A4	567,22	-0,12	-0,05	-0,04	0,07	—	—

Fonte: Autor, (2019).

3.5 SUPERFÍCIE DE RESPOSTA E CURVAS DE ISOQUANTAS

Verificou-se pela análise de regressão que todos os dez modelos testados foram significativos pelo teste F, a 0,1% de significância, evidenciando que todos os modelos podem representar a variação da produtividade da cenoura (Y) em função das doses de adubação (A) e das lâminas de água (L), nas condições estudadas. No entanto, observou-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados do experimento foi o apresentado na equação 21, sendo este polinomial quadrático, com interação significativa entre os fatores lâmina de água e doses de adubação conforme a equação:

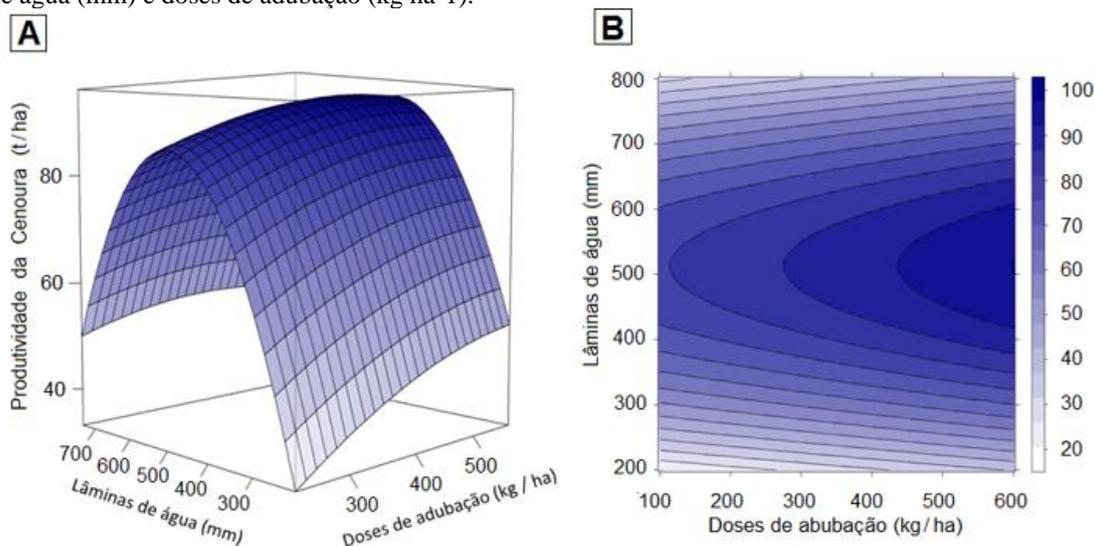
$$Y = -100,6 + 0,633*L + 0,166*A - 0,000615*L^2 - 0,000117*A^2 - 0,0000835*L*A \quad (21)$$

Na Figura 11A visualiza-se a representação gráfica da função de produção estimada. Percebe-se, em função da curvatura da superfície resposta da linha de cada fator, que as lâminas de irrigação apresentam maior interferência na produtividade da cenoura. Para o modelo escolhido, o máximo rendimento estimado para a cenoura seria de 95,85 t ha⁻¹ a ser obtido com a aplicação de uma lâmina de água de 478,25 mm e 541,93 kg ha⁻¹ de adubação.

A Figura 11B ilustra as isoquantas, curvas de isoprodutos, que foram obtidas a partir da função de produção. As isoquantas evidenciam as combinações entre as doses de adubação e as lâminas de água que resultam em um mesmo rendimento. Tais combinações mostram que quanto maior o rendimento, menor a quantidade de combinações, até o ponto que se obtém uma única combinação, que corresponde ao máximo rendimento físico neste caso de 95,85 t ha⁻¹. As curvas de isoprodutos preceituam a substituição de fatores, onde um fator pode substituir outro sem que haja alteração no produto.

Verifica-se também uma redução gradativa nas curvas dos isoprodutos à medida que o rendimento aumenta. Isso se explica devido os menores acréscimos de rendimento à medida que se incrementa o uso dos fatores de produção, que segundo Leftwich (1976), se deve ao fato de que embora haja certo grau de substituição entre os fatores água e adubação, estes não são substitutos perfeitos.

Figura 11 - Superfície de resposta (A) e curvas de isoprodutos (B) para o rendimento da cenoura (tha-1) em função das lâminas de água (mm) e doses de adubação (kg ha-1).



Fonte: Autor, (2019).

3.6 PRODUTO FÍSICO MARGINAL

Na Tabela 8 estão dispostos os produtos físicos marginais da adubação e da água, respectivamente, para as doses de adubação e lâminas de água. Estes valores foram obtidos derivando-se a equação da função de produção em relação a adubação e à água, respectivamente. A produtividade física marginal é o produto adicional produzido ao se usar uma unidade adicional de um fator considerado, água ou adubação.

Podemos observar que se empregando 340,33 kg ha⁻¹ de adubação e 315,60 mm de água, o rendimento aumenta 0,19 t ha⁻¹ para kg de adubação aplicado e 0,22 t ha⁻¹ para cada milímetro de água aplicada. A variação dos produtos marginais da adubação em função das lâminas aplicadas se dar pela interação entre os fatores; o mesmo acontece com os produtos marginais das lâminas em função das adubações.

Tabela 8 - Produto físico marginal (t ha⁻¹) da adubação para as diferentes doses de adubação (valor superior) e produto físico marginal (t ha⁻¹) da água para as diferentes lâminas de água (valor inferior).

Lâminas de água (mm)	Doses de Adubação (Kg ha ⁻¹)			
	226,89	340,33	453,78	567,22
210,40	0,10	0,07	0,04	0,02
	0,36	0,35	0,34	0,33
315,60	0,33	0,19	0,03	0,01
	0,23	0,22	0,21	0,20
420,79	0,32	0,18	0,03	0,00
	0,10	0,09	0,08	0,07
525,98	0,31	0,17	0,02	-0,01
	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06
631,85	0,30	0,16	0,01	-0,02

	-0,16	-0,17	-0,18	-0,19
736,38	0,29	0,15	0,00	-0,03
	-0,29	-0,30	-0,31	-0,32

Fonte: Autor, (2019).

A diminuição dos valores dos produtos marginais segue até atingir o valor zero onde acontece o máximo rendimento da cultura. A partir do momento em que os produtos marginais da adubação e da água tornam-se negativos, fica evidenciada a queda do rendimento da cultura com a aplicação de doses de adubação e lâminas de água maiores que as doses e lâminas correspondentes ao ponto de máximo rendimento. A partir deste ponto (LEFTWICH, 1976) ressalta ser um contra-senso econômico a aplicação de água e adubação em quantidades superiores à combinação que proporciona o máximo rendimento físico, uma vez que isto tornaria os custos mais altos que o necessário para a obtenção de rendimentos já existentes com combinações menores.

3.7 TAXA MARGINAL DE SUBSTITUIÇÃO

Os valores da taxa marginal de substituição (TMS) da água por adubação estão dispostos na Tabela 9. Como pode ser observado esses valores foram obtidos para níveis de produção pré-estabelecidos. Observa-se inicialmente que a TMS é negativa, indicando que a substituição da água por adubação pode ser economicamente viável e é substituída em proporções decrescentes.

A partir do momento em que a mesma torna-se positiva, a substituição torna-se antieconômica, indicando que a água está sendo substituída por adubação em proporções crescentes. Também se pode evidenciar que as TMS para os rendimentos são crescentes, ou seja, à medida que se aumenta os rendimentos as doses de adubação que propiciam a viabilidade econômica vão aumentando. Analisando os níveis de rendimento, pode-se observar que o rendimento de 95 t ha⁻¹ de cenoura só obteve as TMS para as doses de adubação maiores ou igual a 475 kg ha⁻¹. Para o nível de rendimento de 90 t ha⁻¹ de cenoura, observa-se que só a partir da dose de 325 kg ha⁻¹ de adubação, pode-se obter este nível de produção onde seria necessário empregar 1,48 mm de água para substituir um quilograma de adubação, de modo a ter o mesmo nível de produção, isto significa que para cada kg de adubação aplicado pode-se economizar 1,48 mm de água.

O comportamento das TMS obtidas para o presente trabalho corrobora com o comportamento dos resultados obtidos por Mousinho (2002), Monteiro (2004) e Rocha Júnior, et al., (2016), onde os mesmos obtiveram TMS inicialmente negativas e decrescentes.

De acordo com Frizzone (1986), a substituição de um fator por outro só tem vantagem econômica se a taxa marginal de substituição em valor absoluto for superior à relação inversa entre os preços dos fatores.

Tabela 9 - Taxa marginal de substituição de água por adubação (TMSL/A) e as correspondentes Lâminas de água e doses de adubação para níveis pré-determinados de rendimento.

Adubação Kg ha ⁻¹	60		65		70		75		80		85		90		95	
	L (mm)	TMS														
0	452,05	-1,66	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	419,18	-1,08	486,27	-3,60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	395,30	-0,85	438,15	-1,31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
75	375,88	-0,71	410,76	-0,94	468,67	-2,16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
100	359,33	-0,62	389,74	-0,76	431,38	-1,13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
125	344,83	-0,55	372,32	-0,64	407,14	-0,84	464,72	-1,91	—	—	—	—	—	—	—	—
150	331,95	-0,49	357,34	-0,56	388,12	-0,69	430,74	-1,05	—	—	—	—	—	—	—	—
175	320,38	-0,44	344,18	-0,50	372,24	-0,59	408,27	-0,78	473,66	-2,37	—	—	—	—	—	—
200	309,92	-0,40	332,48	-0,44	358,57	-0,51	390,63	-0,64	437,04	-1,05	—	—	—	—	—	—
225	300,42	-0,36	321,99	-0,40	346,57	-0,45	375,94	-0,54	414,92	-0,76	—	—	—	—	—	—
250	291,78	-0,33	312,54	-0,36	335,94	-0,40	363,34	-0,47	397,98	-0,61	454,68	-1,31	—	—	—	—
275	283,90	-0,30	304,00	-0,32	326,45	-0,36	352,36	-0,41	384,11	-0,51	429,52	-0,81	—	—	—	—
300	276,73	-0,27	296,27	-0,29	317,96	-0,32	342,71	-0,36	372,37	-0,43	412,07	-0,61	—	—	—	—
325	270,22	-0,25	289,29	-0,27	310,35	-0,29	334,18	-0,32	362,28	-0,38	398,39	-0,49	464,47	-1,48	—	—
350	264,31	-0,22	283,00	-0,24	303,54	-0,26	326,63	-0,28	353,53	-0,33	387,17	-0,41	439,27	-0,75	—	—
375	258,98	-0,20	277,36	-0,21	297,47	-0,23	319,96	-0,25	345,93	-0,28	377,78	-0,34	423,51	-0,54	—	—
400	254,21	-0,18	272,32	-0,19	292,09	-0,20	314,10	-0,22	339,34	-0,24	369,86	-0,29	411,76	-0,41	—	—
425	249,96	-0,16	267,86	-0,17	287,36	-0,18	308,99	-0,19	333,67	-0,21	363,19	-0,24	402,56	-0,33	—	—
450	246,23	-0,14	263,96	-0,15	283,24	-0,15	304,59	-0,16	328,83	-0,18	357,63	-0,20	395,27	-0,26	—	—
475	242,99	-0,12	260,60	-0,12	279,73	-0,13	300,86	-0,14	324,79	-0,15	353,06	-0,16	389,55	-0,20	459,12	-0,59
500	240,24	-0,10	257,77	-0,10	276,79	-0,11	297,78	-0,11	321,51	-0,12	349,44	-0,13	385,18	-0,15	448,47	-0,31
525	237,98	-0,08	255,46	-0,08	274,43	-0,08	295,34	-0,08	318,96	-0,09	346,71	-0,09	382,07	-0,10	442,83	-0,15
550	236,20	-0,06	253,67	-0,06	272,63	-0,06	293,53	-0,06	317,13	-0,06	344,85	-0,06	380,17	-0,05	440,57	-0,03
575	234,89	-0,04	252,40	-0,04	271,40	-0,04	292,35	-0,03	316,03	-0,03	343,87	-0,02	379,45	0,00	441,53	0,11

Fonte: Autor, (2019).

4 CONCLUSÕES

- 1- A análise conjunta dos fatores de produção, água e adubação, mostrou que ambos tiveram efeito significativo sobre o rendimento da cenoura;
- 2- O rendimento máximo estimado da cenoura foi de 95,85 t ha⁻¹, a ser obtido com o emprego de 478,25 mm e 541,93 kg ha⁻¹ de adubação.

REFERÊNCIAS

Aguiar, j. V. A função de produção na agricultura irrigada. Fortaleza: imprensa universitária, 2005. 196 p.

Anda. Evolução do consumo aparente de n, p, k e total de npk no brasil/consumo aparente de fertilizantes e matérias-primas. 2011. Disponível em: <http://brasil.ipni.net/article/brs-3132>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Araújo w. F; oliveira g. A; carvalho f. K; silva w. M; cruz p. L. S;
Maciel f. C. S. Manejo da irrigação do meloeiro com base na evaporação do tanque classe a. Revista horticultura brasileira 28: 495-499. 2010. Disponível em: http://cms.horticulturabrasileira.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&itemid=121&artigo=http://cms.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/28_4/201028419.pdf. Acesso em: 1 jun. 2019.

Blanco, f. F.; cardoso, m. J.; freire filho, f. R.; veloso, m. E. C.; nogueira, c.c.p.; dias, n. S. Milho verde e feijão-caupi em consórcio sob diferentes lâminas de irrigação e doses de fósforo. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 46, p. 524-530. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n5/10.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

Bolfarini, a. C. B.. Desempenho agrônômico e qualidade dos frutos de bananeiras 'prata anã' e 'maçã' submetidas à adubação fosfatada. 2015. 120 f. Dissertação (mestrado em agronomia)- universidade estadual paulista, faculdade de ciências agrônômicas de botucatu, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/126444>. Acesso em: 20 jun. 2019.

Büll, l. T. Nutrição mineral do milho. In: bull, l. T.; cantarella, h. (ed.). Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: potafos, p. 63-145, 1993. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=474749&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22bull,%20l.t.%22&qfacets=autoria:%22bull,%20l.t.%22&sort=&paginacao=t&paginaatual=1>. Acesso em: 25 ago. 2019.

Cadeia produtiva de hortaliças (cna). Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva de hortaliças. Disponível em: https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/bibliotecas/livro_final3_mapeamento_e_quantificacao_da_cadeia_de_hortalicas_08.pdf.

Carvalho, a. D. F; silva, g. O.; resende, f. V. Adaptabilidade e estabilidade de populações de cenoura pelo método reml/ blup. Horticultura brasileira, 35:69-74, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-05362017000100069&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 06 set. 2019.

Carvalho, a. J.; martins, d. P.; monnerat, p. H.; bernardo, s. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1101-1108, 2000. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/5881/2985>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Carvalho, j. De a. Coeficiente de cultura, avaliação econômica da produção e análise do crescimento da cenoura (daucus carota l.) Irrigada. Viçosa, mg: ufv, 1994. 78p. (tese de doutorado), 1994.

Chock, c. C.; seddigh, m.; saunders, l. D.; stieber, t. D.; miller, j. Sugarbeet nitrogen uptake and performance following heavily fertilized onion. *Agronomy journal*, v. 92, p. 10-15, 2000. Disponível: <https://dl.sciencesocieties.org/publications/aj/tocs/92/1>. Acesso em: 25 jun 2019.

Colombari, l. F.. Parcelamento e doses de nitrogênio em cobertura na produção, acúmulo de nutrientes e qualidade de cenoura. 2015.61p. Dissertação (mestrado) - universidade estadual paulista júlio de mesquita filho, faculdade de ciências agrônômicas de botucatu, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/126417>. Acesso em: 17 jun. 2019.

Costa f. A; medeiros j. F; negreiros m. Z; bezerra neto f; porto d. R. Q.; chaves s. W.; dantas k. N. Rendimento de melão cantaloupe em diferentes coberturas de solo e lâminas de irrigação. *Caatinga* v. 15, p. 49-55, 2002.

Dantas neto, j., azevedo, h. M.; azevedo, c. A. V.; guerra, h. O. C. Funções de resposta do capim buffel ao uso da água e época de corte. *Irriga, botucatu*, v.4, n.3, p. 158-167, 1999. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/2420>. Acesso em: 5 de jul. 2019.

Embrapa. Centro nacional de pesquisa de hortaliças. 2013. Distribuição da produção de hortaliças no brasil. Disponível em <http://www.cnph.embrapa.br>. Acesso em: 22 maio de 2019.

Filgueira, f. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. Ed. Viçosa: ufv, 2013, 421p.

Filgueira, f. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. Ed. Viçosa: ufv, 2012, 309-310p.

Frizzone, j. A. Funções de resposta das culturas à irrigação. Piracicaba: esalq/usp. 1993. 42p. (série didática, 6).

Frizzone, j. A.; teodoro, r. E. F; pereira, a. S.; botrel, t. A. Lâminas de água e doses de nitrogênio na produção de aveia (avena sativa l.) Para forragem. *Scientia agricola*, v. 52, n. 3, p.578-586, 1995. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-90161995000300027>. Acesso em: 02 ago. 2019.

Guimarães, p. T. G.; nogueira, f. D.; malta, m. R.; dias, k. G. L.; rei, t. H. P. Adubação do cafeeiro e a qualidade do produto colhido. *Informe agropecuário, belo horizonte*, v. 32, n. 261, p. 39-51, mar./abr. 2011. Disponível em: http://www.epamig.br/publicacoes/informe-agropecuario/?cp_informe=2. Acesso em: 13 jun. 2019.

Hexem, r. W.; heady, e. O. Water production functions for irrigated agriculture. Ames, iowa: the iowa university press, 215p. 1978. Disponível em: <https://academic.oup.com/ajae/article-abstract/61/2/384/146901?redirectedfrom=fulltext>. Acesso em: 30 jun. 2019.

Ibge. Instituto brasileiro de geografia e estatística. Censo agropecuário 2006. Rio de janeiro: ibge, 2010.

López-mata, e.; tarjuello, j. M.; juan, j. A.; ballesteros, r.; domínguez, a. Effect of irrigation uniformity on the profitability of crops. *Agricultural water management*. V. 98, p. 190-198, 2010. Acesso em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377410002738>. Acesso em: 23 jun. De 2019.

Lucena, f. A. P.; silva, e. M.; ribeiro a. A.; simeão, m.; lucena, j. P. A. P. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência no município de bom jesus, pi. *Revista brasileira de*

agricultura irrigada, v. 10, n. 663-675, 2016. Disponível em: https://inovagri.org.br/revista/rbai/article/download/404/pdf_282. Acesso em: 22 jul. 2019.

Mantovani, e. C.; delazari, f. T.; dias, l. E.; assis, i. R.; vieira, g. H. S.; landim f. M. Eficiência no uso da água de duas cultivares de batata-doce em resposta a diferentes lâminas de irrigação. *Horticultura brasileira*. V. 31, p. 602-606, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0102-05362013000400015&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 20 maio. 2019.

Marouelli, w. A. E silva, w. L. C. Tensões-limite de água no solo para o cultivo do tomateiro para processamento irrigado por gotejamento. Brasília: embrapa hortaliças, 17p., (boletim de pesquisa e desenvolvimento / embrapa hortaliças , 37), 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/hortalicas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/781609/tensoes-limite-de-agua-no-solo-para-o-cultivo-do-tomateiro-para-processo-irrigado-por-gotejamento>. Acesso em: 06 ago. 2019.

Melo, a. S.; sussuna, j. F.; fernandes, p. D.; britto, m. E. B.; sussuna, a. f.; oliveira, a. Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água. *Acta scientiarum. Agronomy*, v. 32, n. 1, p. 73-79, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v32n1/v32n1a11>. Acesso em: 11 maio. 2019.

Mendonça, r. S. Fontes de fertilizantes nitrogenados para a cultura do milho. 23p. Trabalho de conclusão de curso, universidade federal de são joão del rei, 2015. Disponível em: <https://www.ufsj.edu.br/portal2-repositorio/file/ceagr/tcc%202015%201%201/fontes%20de%20fertilizantes%20nitrogenados%20par%20a%20a%20cultura%20do%20milho-%20rodrigo%20silva%20mendonca.pdf>. Acesso em: 14 jul. 2019.

Monteiro, r. O. C. Função de resposta da cultura de meloeiro aos níveis de água e adubação nitrogenada no vale do curu, ce. 92 f. Dissertação (mestrado em engenharia agrícola) - universidade federal do ceará, fortaleza-ce, 2004. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/18080>. Acesso em: 4 jul 2019.

Mousinho, f. E. P.; costa, r. N. T.; sousa, f.; filho; r. R. G. Função de resposta da melancia à aplicação de água e nitrogênio para as condições edafoclimáticas de fortaleza, ce. *Irriga, botucatu*, v. 08, n. 03, p. 264 – 272, set – dez 2003. Disponível em: <http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/3141>. Acesso em: 3 jul. 2019.

Nascimento, m. V.; xavier, r. C.; fernandes, l. R. S. G.; silva, t. C.; gomes, i. S.; benett, c. G. B.; benett, k. S. S. Produtividade da cenoura em função de fontes e doses de fósforo. In: congresso de ensino, pesquisa e extensão da ueg. 2., 2015. Anais[...], pirenópolis, go, 2015.

Oliveira neto, d. H., necessidade hídrica, função de resposta e qualidade da beterraba (*beta vulgaris* l.), sob diferentes lâminas de irrigação e coberturas do solo em sistema orgânico de cultivo. Rj. 2009. 61f. Dissertação (mestrado em fitotecnia) - ufrj, soropédica, rj. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/daniel/downloads/material/teses%20orientadas/dissertacao%20dionizio.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

Oliveira, m. A.; zucareli, c.; spolaor, l. T.; domingues, a. R.; ferreira, a. S. Desempenho agrônômico do milho sob adubação mineral e inoculação das sementes com rizobactérias. *Revista brasileira de*

engenharia agrícola e ambiental, v.16, n.10, p.1040-1046, 2012. Disponível em : <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n10/a02.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2019.

Panazzolo, f.; klar, a. E.; frigo, e. P.; frigo, k. D. A.; bonassa, g.; schneider, l. T.; battisti, g.; azevedo, a. V.; grignet, r. S. Salinidade e disponibilidade hídrica no desempenho da cenoura. Acta iguazu, cascavel, v. 5, n. 4, p.124-142, 2016. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16358>. Acesso em: 27 jul. 2019.

Panazzolo, f.. Influência de diferentes doses de salinidade e níveis de água na produção de cenoura. 2011. 50 f. Dissertação (mestrado) - universidade estadual paulista, faculdade de ciências agrônomicas, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/93795>>. Acesso em: 27 jul 2019.

Rabelo, k. C. C.. Fertilizantes organomineral e mineral: aspectos fitotécnicos na cultura do tomate industrial. 2015. 69 p. Dissertação (mestrado em agronomia) - universidade federal de goiás, goiânia, 2015. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/5214>. Acesso em: 13 jul. 2019.

Resende, g. M.; yuri, j. E.; costa, n. D.; mota, j. H. Yield of carrot cultivars in organic farming system at high temperature. Horticultura brasileira, v.34, p.121-125, 2016.

Rocha, ismael de barros. Produção da cenoura (*daucus carota* l.) Irrigada nas condições edafoclimáticas da região do alto parnaíba: avaliação econômica e determinação do coeficiente de cultura. 2003. 142p. Tese (doutorado em engenharia agrícola) – universidade federal de viçosa – ufv, viçosa, mg, 2003. Disponível em: <http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9586>. Acesso em: 25 jun. 2019.

Santos, l. A. Sistema lisimétrico de informações para monitoramento do consumo de água pelas plantas (slimcap). 37 f. Tcc (trabalho de conclusão de curso). Campus de arapiraca, universidade federal de alagoas, arapiraca, 2018. Disponível em: <https://ud10.arapiraca.ufal.br/repositorio/publicacoes/1947>. Acesso em: 21 de jun. 2019.

Silva, a. A.; silva, t. S.; vasconcelos, a. C.p.; lana, r. M.q. aplicação de diferentes fontes de ureia de liberação gradual na cultura do milho . Bioscience journal, v. 28, n. 1, p. 104-111, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13242>. Acesso em: 15 jun. 2019.

Silva, j. C.; silva, c. B.; santos, d. P.; santos, A. L.; oliveira, w. J.; reis, l. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura da cenoura irrigada no agreste alagoano. Revista ceres, v. 65, n. 4, p. 297-305, 2018. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=s0034-737x2018000400297&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 17 jun. 2019

Silva, j. T.a.; silva, p. I.; pereira, r. D. Adubação fosfatada em mudas de bananeira ‘prata anã’ (aab), cultivadas em dois latossolos. Revista ceres, viçosa, v. 58, n.1, p. 238-242, 2011. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/pt/artigo/visualizar/154>. Acesso em: 21 jun. 2019.

Silva, v. V. Efeito do pré-cultivo de adubos verdes na produção orgânica de brócolos (*brassica oleracea* l. Var. Italica) em sistema de plantio direto. 2002. 86p. Dissertação. Rio de janeiro: universidade federal rural do rio de janeiro. 2002. Disponível em: <https://tede.ufrj.br/bitstream/tede/527/1/2002%20-%20vinicius%20vitoi%20silva.pdf>. Acesso em: 25 de ago. 2019.

Silva, y. N. M.; júnior, w. L.c.; almeida, k. F.de.; oliveira, g. De s.; alencar, j.b. resposta da cenoura à irrigação conduzida com o método de determinação de umidade do solo com uso de forno elétrico.

Xxv conird, aracajú, 2015. Disponível em: <http://www.abid.org.br/cd-xxv-conird/pdf/247.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2019.

Soares, j. I.; costa, r. N. T.; silva, l. A. C.; gondim, r. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no vale do curu, ce. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, campina grande, v. 6, n. 2, p. 219-224, jul./ago. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n2/v6n2a06.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2019.

Souza, a. F.; mesquita filho, m. V.; vieira, j. V.; souza, r. B de.; meileres, s. M. Teores de macronutrientes e produção de matéria seca em cenouras do grupo Brasília, cultivadas em solos sob cerrado. Embrapa hortaliças, 2003. Disponível em <http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/arquivos/download/biblioteca/olna4090c.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2019.

Taiz, l.; zeiger, e. Fisiologia vegetal. Porto alegre: artmed,719p, 2013.

Valero, j. A de j; manãs, f. J. M de s. Agronomia del riego. Madrid. Ed mundi. 1993. 732 p.

Vieira filho, p. S.; oliveira, g. Q.; biscaro, g. A.; silva, l. B.; souza, m. A. S. Parcelamento de nitrogênio via água de irrigação na cultura da cenoura. Ii inovagri international meeting, fortaleza, ce. Anais do inovagri, 2014. Disponível em: <http://www.bibliotekevirtual.org/index.php/2013-02-07-03-02-35/simposios/221-ii-inovagri-2014/2450-ii-inovagri-2014-a641.html>. Acesso em: 16 jun. 2019.

Vieira, j. V.; pessoa, h. B. S. V. ; makishima, n. Sistema de produção de cenoura. Brasília: embrapa. 2008. Disponível em:https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/fonteshtml/cenoura/cenoura_daucus_carota/autores.htm. Acesso em: 18 maio. 2019.

Zanella, b. E.; moreira, g. C. Adubação nitrogenada na cultura da cenoura. Cultivando o saber, cascavel, v. 6, n. 2, p. 47-55, 2013. Disponível em: <https://www.fag.edu.br/revista/cultivando-o-saber/30>. Acesso em: 17 de jun. De 2019.

Zanfirov, c. A.; correa, c. V.; carpanetti, m. G.; correa, f. F.; cardoso, a. I. I. Produção de cenoura em função das doses de potássio em cobertura. Horticultura brasileira, v. 30, n. 4,. 2012. Disponível em: http://cms.horticulturabrasileira.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=5&itemid=121&artigo=http://cms.horticulturabrasileira.com.br/images/stories/30_4/201230429.pdf. Acesso em: 16 jul. 2019.

Desempenho do milho verde em função da aplicação de lâminas de irrigação e densidades de semeadura

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-039>

Larissa Vasconcelos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: larissavasconcelos18@outlook.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4944948235337443>

Felipe de Assis Oliveira

Engenheiro Agrônomo, Autônomo
E-mail: felipeassis.agro@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8306154091113075>

Maria Damiana Rodrigues Araújo

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: rmariadamiana2@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0082341300679911>

Maria Deyse Silva dos Santos

Graduanda em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: lisboadayse383@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3710302718646466>

Kivia Caroline da Costa

Mestranda em Agricultura e Meio Ambiente, UFAL, Campus Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: kiviacaroline1@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2503819449986860>

Thallita Nayanna Bezerra Alves

Mestranda em Agricultura e Meio Ambiente, UFAL, Campus Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: nayanathalita@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1836223317459000>

Edson Magrine de Souza Cavalcante

Graduando em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: edson.cavalcante@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9882773602222314>

Daniella Pereira dos Santos

Doutora em Engenharia Agrícola
E-mail: daniellapsantos@hotmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0994067308793874>

Julianna Catonio da Silva

Doutoranda em Agronomia, UFAL, CECA

Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: julianna.silva@ceca.ufal.br
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6065558821008136>

Márcio Aurélio Lins dos Santos

Professor Doutor em Agronomia, UFAL, Campus de Arapiraca
Instituição: Universidade Federal de Alagoas (UFAL)
E-mail: mal.santo@arapiraca.ufal.br
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0192590447392368>

RESUMO

O cultivo de milho verde é uma atividade que vem despertando interesse por ser uma alternativa de grande valor econômico, principalmente para pequenos e médios produtores. A irrigação proporciona aos produtores demanda o ano todo e agregação de renda. Entretanto, a água vem se tornando um recurso escasso e é preciso estudos que traga orientações para o seu uso racional. A densidade de semeadura é uma das técnicas de manejo mais estudadas no milho uma vez que tem papel importante no rendimento de uma lavoura. Este trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho do milho verde submetido a diferentes lâminas de irrigação e densidades de semeadura. O experimento foi conduzido na área experimental da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) – Campus de Arapiraca, AL. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, em um esquema de parcelas subdivididas 5 x 5, sendo três blocos, cinco lâminas de irrigação (0; 50; 100; 150 e 200% da ETC.) e cinco densidades de semeadura (83,3; 62,5; 50; 41,6 e 35,7 mil plantas/ha-1). Após a colheita foram avaliadas as seguintes variáveis: diâmetro da espiga com palha (D.E.C.P), diâmetro da espiga sem palha (D.E.S.P), peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P), peso fresco da espiga sem palha (P.F.E.S.P), comprimento da espiga com palha (C.E.C.P), comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P), produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e produtividade da espiga sem palha (P.E.S.P). Os dados foram submetidos à análise de variância aplicando-se o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias entre os blocos e regressão linear e polinomial para os fatores lâmina de irrigação, densidades de semeadura e suas interações. Verificou-se que não houve efeito significativo para a interação dos fatores lâminas de

irrigação e densidades de semeadura. A densidade de semeadura proporcionou incremento para as variáveis comprimento da espiga com palha (C.E.C.P) e sem palha (C.E.S.P) e produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e sem palha (P.E.S.P) obtendo os maiores valores na densidade de 41,6 plantas/ha-1 para os comprimentos e na densidade 83,3 plantas/ha-1 para as produtividades. As

lâminas de irrigação só não influenciaram significativamente para variável comprimento da espiga com palha (C.E.C.P), obtendo os maiores valores nas maiores lâminas para as demais variáveis.

Palavras-chave: *Zea mays* L., Manejo de Água, Espaçamento de cultivo.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais antigas do mundo e representa um dos principais cereais mais cultivados no planeta. Essa importância está atrelada ao seu potencial produtivo, composição química, valor nutritivo e variabilidade de uso que o faz ser utilizado da alimentação humana e animal a indústria de alta tecnologia.

É uma planta exigente em água e o seu consumo hídrico varia em torno de 300 – 700 mm, dependendo das condições climáticas. A fase vegetativa do milho é mais tolerante ao déficit hídrico, no entanto, na fase reprodutiva o déficit hídrico pode resultar em decréscimo no rendimento de grãos.

Em Alagoas, o cultivo de milho verde é realizado predominantemente em condição de sequeiro o que pode limitar a produtividade da cultura devido à má distribuição das chuvas ou precipitação pluvial inferior à quantidade ideal para ótimo desenvolvimento durante seu cultivo.

O uso da irrigação proporciona o cultivo do milho verde durante todo o ano, principalmente em épocas e nas regiões mais secas, além de apresentar alta taxa de agregação de renda.

Outro aspecto importante para obtenção de elevadas produtividades do milho verde é a densidade de semeadura, pois o arranjo da população de plantas é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar o rendimento de grãos.

É importante o conhecimento da densidade ideal para cultura do milho tendo em vista uma maior produção de espigas dentro dos padrões comerciais uma vez que o cultivo abaixo ou acima da densidade ideal proporcionará diferenças nas características padrão exigidas no mercado das espigas de milho verde.

O uso adequado da água de irrigação e da densidade de semeadura permite aos produtores rurais o uso racional e eficiente dos recursos hídricos disponíveis e o controle do arranjo populacional, propiciando condições ideais para a exploração do máximo potencial produtivo da cultura.

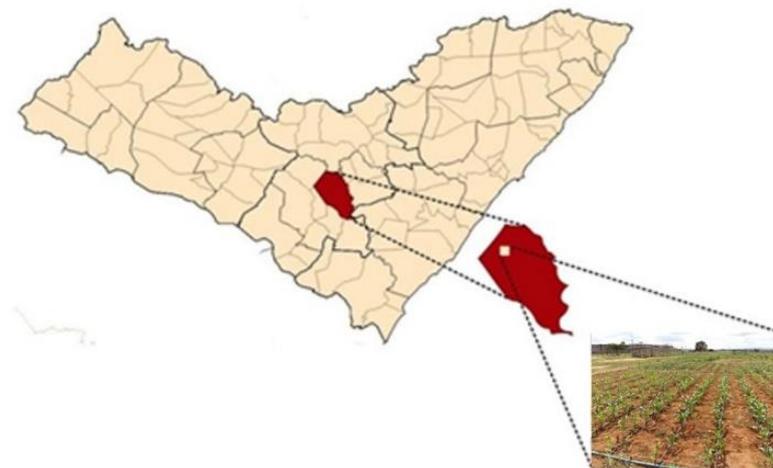
Objetivou-se nesse trabalho avaliar o desempenho do milho verde (*Zea mays* L.), cultivar AG 1051, submetido a diferentes lâminas de irrigação e densidades de semeadura no município de Arapiraca - AL.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi realizado em condições de campo, na área experimental do Grupo Irriga, da Universidade Federal de Alagoas – UFAL Campus de Arapiraca, no município de Arapiraca – AL. A área experimental está situada a 325 metros de altitude, latitude de 9° 41' 58" S, longitude de 36° 41' 10" W. Essa região possui clima quente temperado, classificado como tipo 'As' tropical, pelo critério de Köppen (1948). Está situada entre a zona da mata e o sertão alagoano a 130 km da capital Maceió. De acordo com a Embrapa (2006) o solo dessa região é classificado como argissolo vermelho distrófico. O mapa de Alagoas, localização geográfica de Arapiraca e vista da área experimental estão representados na Figura 1.

Figura 1. Mapa de Alagoas, localização geográfica de Arapiraca e vista da área experimental.



Fonte: Adaptado de Abreu (2014).

De acordo com Xavier e Dornellas (2010), a estação chuvosa inicia no mês de maio e se estende até a primeira quinzena de agosto, com precipitação pluvial média de 854 mm ano⁻¹, sendo os meses de maio a julho os mais chuvosos e setembro a dezembro os mais secos.

Foi realizada uma coleta de amostra de solo, de 0 – 20 cm de profundidade, e enviada ao laboratório, a fim de fazer as devidas correções no solo. As características químicas e físicas do solo, obtidas por meio de análise laboratorial, estão na Tabela 1.

Tabela 1. Resultado da análise química e física do solo da área experimental do Campus de Arapiraca.

Atributos Químicos											
Ph	K ⁺	P	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	Fe ²⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Mn ²⁺
	-----ppm-----			-----mg dm ⁻³ -----				-----ppm-----			
5,3	70	7	14	0,7	0,5	0,0	3,5	92,70	1,49	1,55	14,66
CTC efetiva			V (%) (Sat. De Bases)				Matéria Orgânica Total (%)				
1,44			29,2				0,57				
Atributos Físicos											
Areia	Silte	Argila	Porosidade	Classificação Textural			Densidade (g /cm ⁻³)				
-----%							Solo	Partícula			
82,6	7,05	10,39	38,1	Areia Franca			1,33	2,72			

FONTE: Autor, 2016.

2.2 CULTIVAR UTILIZADA

A cultivar utilizada no experimento foi a AG 1051 onde, de acordo com a empresa fornecedora, as características agronômicas da cultivar corresponde a um híbrido duplo, de ciclo semiprecoce, útil para silagem e milho verde, textura do grão dentado e com recomendação de densidade de plantio de 45 – 50 mil plantas por hectare.

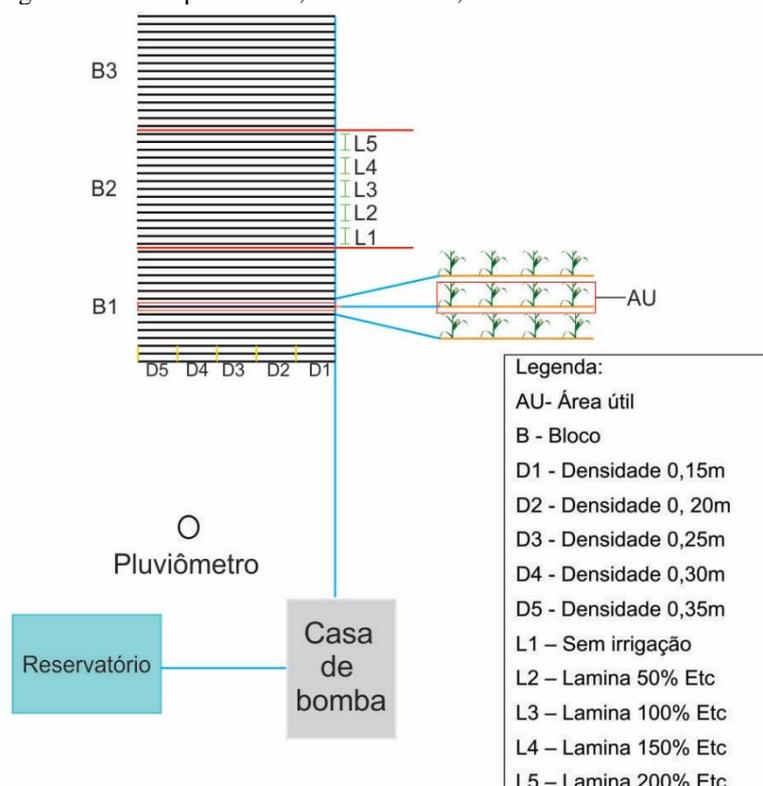
2.3 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas 5 x 5, sendo três repetições, cinco lâminas de irrigação (L₁ = 0%, L₂ = 50%, L₃ = 100%, L₄ = 150% e L₅ = 200% da ETc) e cinco densidades de semeadura (D₁ = 83,3, D₂ = 62,5, D₃ = 50, D₄ = 41,6 e D₅ = 35,7 mil plantas/ha⁻¹).

Dentro de cada repetição continham 15 linhas de plantio, espaçadas a 0,80m e com comprimento de 10m. A cada 3 linhas de plantio, dentro de cada bloco, correspondia a uma lâmina de irrigação, sendo a linha central utilizada para avaliação. As densidades de semeadura foram sorteadas dentro de cada lâmina de irrigação, sendo que a cada 2 m⁻¹ da linha de plantio correspondia a uma densidade de semeadura.

A área utilizada correspondeu a 360m². A figura 2 ilustra a área experimental, delineamento e tratamentos utilizados.

Figura 2. Área experimental, delineamento, e tratamentos utilizados.



FONTE: Autor, 2017.

2.4 DETERMINAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA (ETO), COEFICIENTE DE CULTIVO (KC) E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA (ETC)

Para determinação da evapotranspiração de referência (ETO) foram coletados dados da estação meteorológica do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), situada em Arapiraca – AL. Os dados foram coletados diariamente. Para estimativa da evapotranspiração de referência (ETO) diária foi utilizado o método de Penman – Monteith (equação 1), considerado o método padrão da FAO por representar influência da componente do balanço de energia e da componente aerodinâmica (ALLEN et al., 1998).

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{(R_n - G)}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \frac{900}{T + 273,15} U_2 \quad (1)$$

Em que:

ET_o = evapotranspiração de referência, mm d⁻¹;

δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, kPa°C⁻¹;

λ = calor latente de evaporação, MJ kg⁻¹.

r_c = resistência do dossel da planta, s m⁻¹;

r_a = resistência aerodinâmica, s m⁻¹;

R_n = saldo de radiação à superfície, kJ m⁻² s⁻¹;

G = fluxo de calor no solo, $\text{kJ m}^{-2}\text{s}^{-1}$;
 γ = constante psicrométrica, $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$;
 T = temperatura média do ar, $^\circ\text{C}$;
 U_2 = velocidade do vento a 2 m de altura, m s^{-1} ;
 900 = fator de transformação de unidades, $\text{kJ}^{-1} \text{kg K}$.

Os valores de coeficiente de cultura (K_c) do milho são alterados conforme avança o estágio de desenvolvimento da cultura. Segundo Albuquerque (2002) O milho, por ser uma cultura de ciclo curto ou anual, pode ter o seu estágio de desenvolvimento dividido em quatro fases, para efeito do estudo da evolução dos valores de k_c ao longo do tempo. Considerando que a cultura será colhida no estágio de milho verde ou de grão leitoso ou pastoso, sem completar integralmente o seu ciclo fenológico, pode-se desconsiderar parte da 3ª fase e totalmente a 4ª e última fase.

A metodologia proposta por Doorenbos e Pruitt (1977) para divisão das fases fenológicas e aplicação do k_c foi utilizada neste experimento. Nessa metodologia, Doorenbos e Pruitt (1977) afirma que, para diversas regiões do mundo, a duração do ciclo fenológico do milho para colheita de grãos secos varia de 125 a 180 dias, cujas fases 1, 2, 3 e 4 correspondem a 17%, 28%, 33% e 22%, respectivamente, do ciclo total. No entanto, quando se utiliza o milho comum para colher como milho verde, a fase 4 é inexistente e a fase 3 é reduzida de 33% para 27%. Sendo assim, a colheita do milho verde corresponde a 72% do ciclo completo do milho comum (da semeadura até a maturação fisiológica).

Os valores de k_c utilizados diariamente de acordo com a fase fenológica foram: 0,30 (fase 1), 1,15 (fase 2) e 1,05 (fase 3), de acordo com Doorenbos e Kassam (1994). A duração em dia, observado no experimento, de acordo com cada fase, foram: fase 1 = 19 dias, fase 2 = 30 dias e fase 3 = 29 dias. A fase 1 só começou a ser contabilizada quando 75% das plântulas emergiram, isso ocorreu 14 dias após a semeadura em 02/05/2016.

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi calculada por meio da seguinte equação:

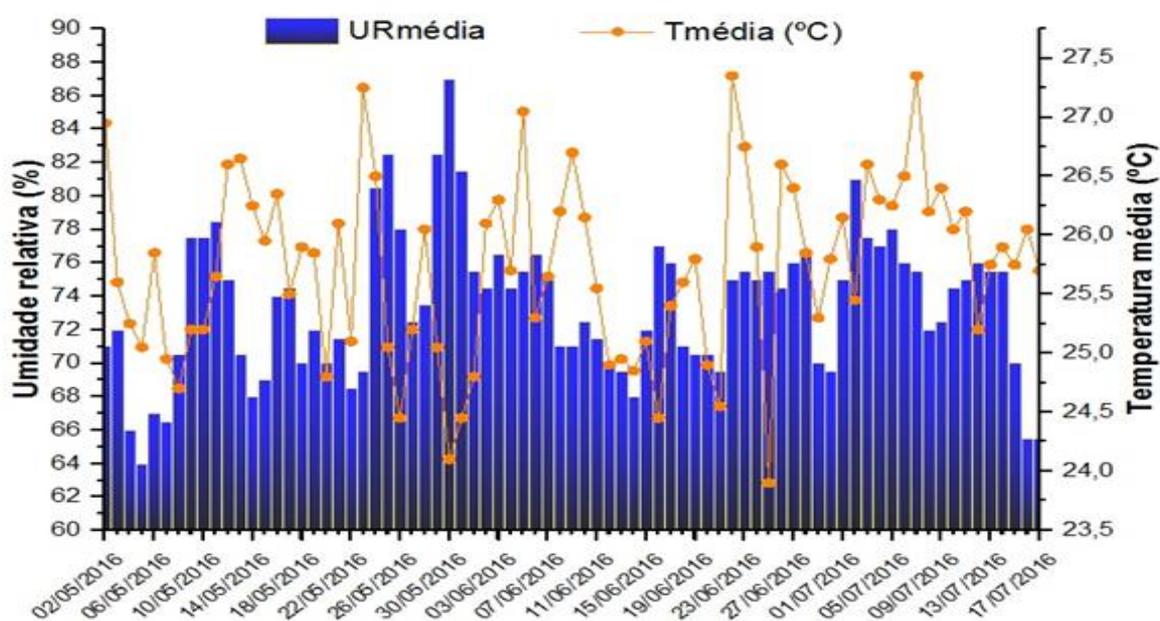
$$ET_c = \frac{ET_o \cdot K_c}{E_a} - P \quad (2)$$

Em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm d^{-1});
 ET_o = evapotranspiração de referência (mm d^{-1});
 K_c = coeficiente de cultivo (adimensional);
 P = precipitação pluviométrica (mm); e
 E_a = eficiência de aplicação de água (90%), irrigação por gotejamento.

Na Figura 3 podem ser observados os valores médios das variáveis meteorológicas umidade relativa do ar (%) e temperatura (°C). As temperaturas oscilaram entre 21,5 e 30°C, tendo uma média de 25,7°C e a umidade relativa do ar, variou entre 52,9 e 94,1%, com média de 73,5% durante o período de desenvolvimento do cultivo do milho, essas variáveis são importantes na determinação da evapotranspiração de referência (ET_o).

Figura 3. Valores médios de temperatura e de umidade relativa do ar durante a realização do experimento com o cultivo do milho.



O valor da temperatura média (25,7°C) está na faixa ideal, 24 a 30°C, para o cultivo do milho, conforme Cruz et al., (2006).

2.5 PREPARO DA ÁREA

O sistema de preparo do solo empregado foi o convencional. Utilizou-se de um trator com uma grade niveladora de dupla ação trabalhando a uma atratividade de cerca de 25 cm de profundidade.

Em seguida toda área foi demarcada a fim de facilitar a separação dos blocos, das linhas de plantio e da instalação do sistema de irrigação. Para demarcação da área foram utilizados piquetes e barbantes (Figuras 3 e 4).

Figura 4. Preparo convencional (A), grade revolviendo o solo (B).



FONTE: Autor, 2016.

Figura 5. Demarcação da área (A), solo revolvido (B).



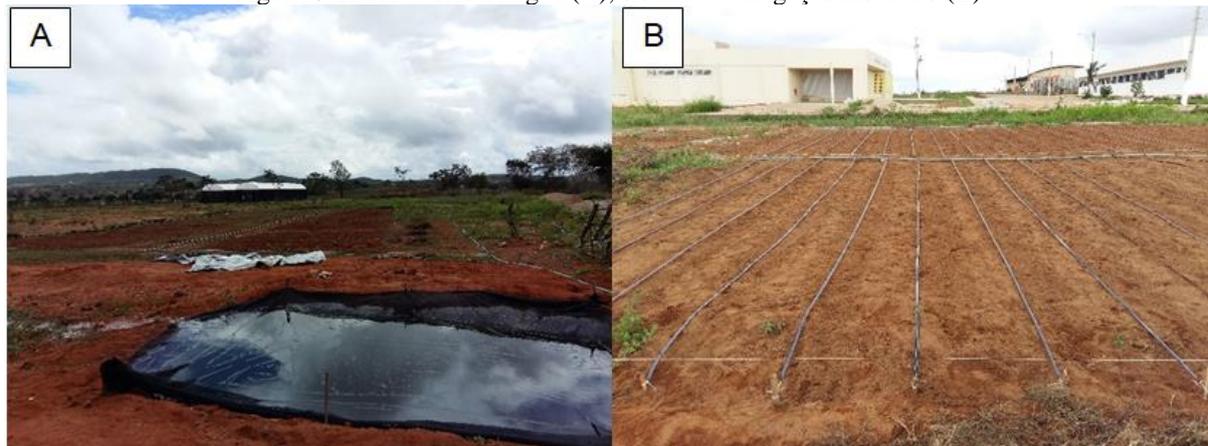
FONTE: Autor, 2016.

2.6 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO

O sistema de irrigação foi por gotejamento. Utilizou-se de fitas gotejadoras com diâmetro interno de 16 mm, com emissores espaçados a 25 cm e vazão nominal de 1,6 L/h.

Foi utilizado um reservatório com volume de 22 m³ para armazenar a água oriunda de abastecimento local. Para conduzir a água ao sistema de irrigação foi utilizado uma bomba de 0,5 cv em tubos de PVC, na linha principal, de 32 mm (Figura 6).

Figura 6. Reservatório de água (A), sistema de irrigação instalado (B).

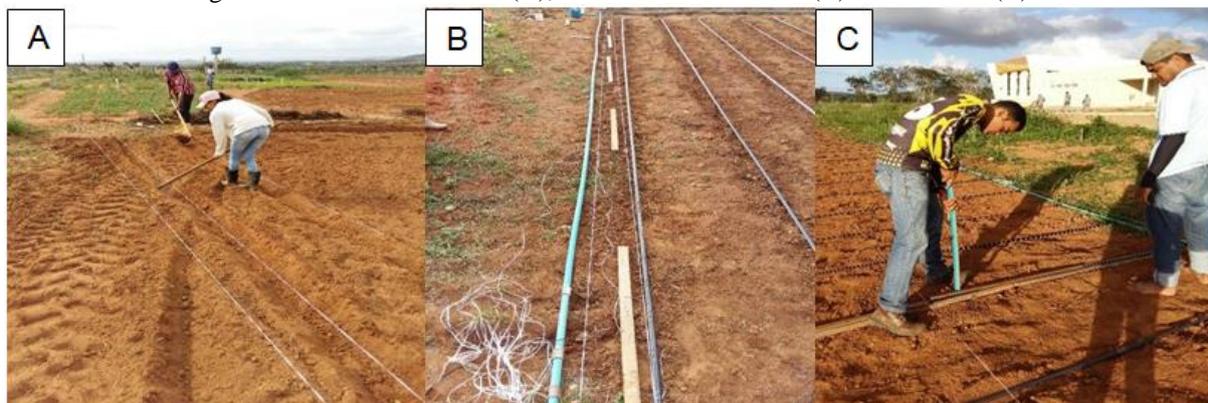


FONTE: Autor, 2016.

2.7 SEMEADURA, ADUBAÇÃO DE FUNDAÇÃO E DE COBERTURA

A semeadura foi realizada no formato de quincôncio e ocorreu na data de 18 de abril de 2016. As sementes foram distribuídas manualmente em covas. Para abertura das covas foi utilizado um tubo de PVC, perfurando 5 cm de profundidade no solo. A distribuição das 5 densidades diferentes se deu pelo uso de 5 réguas correspondentes a cada densidade (Figura 7).

Figura 7. Abertura dos sulcos (A), divisão das densidades (B) e semeadura (C).

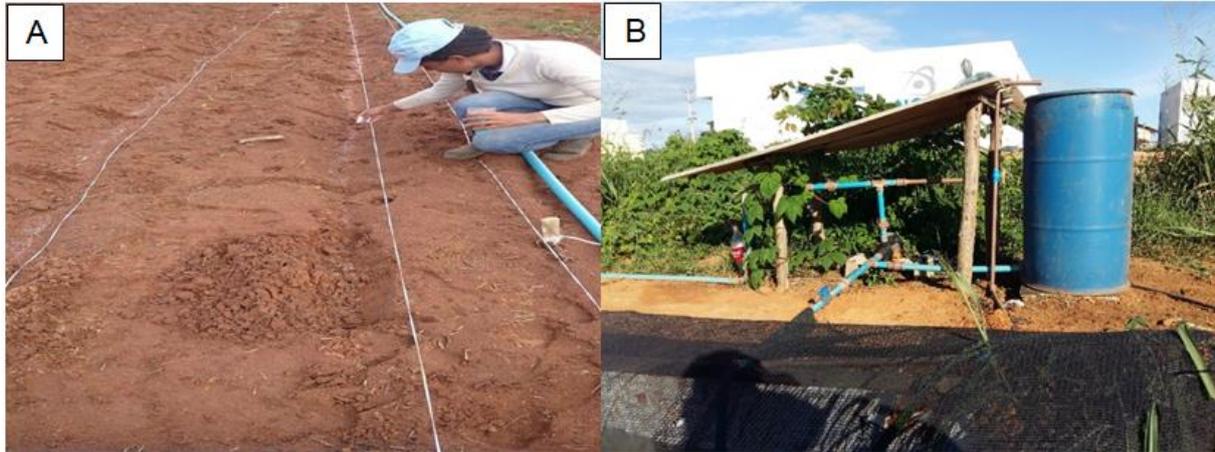


FONTE: Autor, 2016.

A adubação de fundação foi realizada manualmente no fundo de sulcos com profundidade de 15 cm. A quantidade de cada nutriente utilizado se deu com base na análise química do solo e na recomendação de adubação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008). Conforme a recomendação de adubação foi incorporada ao solo 65,5 kg de ureia/ha⁻¹, 133,25 kg de P₂O₅/ha⁻¹ e 69,25 kg de K₂O/ha⁻¹. De acordo com o IPA (2008), a recomendação para adubação de cobertura é de 60 kg/ha de nitrogênio. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada duas vezes, 50% da recomendação em cada aplicação, com o uso de ureia, por meio de fertirrigação.

Seguindo a recomendação de Vasconcellos et al., (2002), a primeira adubação de cobertura foi realizada quando as plantas atingiram o estágio fenológico de V6 (sexta folha desenvolvida). A segunda adubação de cobertura foi realizada quando as plantas apresentaram a décima folha desenvolvida (V10) (Figura 8).

Figura 8. Adubação de fundação (A) e recipiente conectado a bomba e ao reservatório (B).



FONTE: Autor, 2016.

2.8 COLHEITA E VARIÁVEIS AVALIADAS

A colheita foi realizada manualmente e ocorreu 90 dias após a semeadura (DAS). Para avaliação foram colhidas 4 plantas centrais de cada subparcela da área útil. Foi colhida uma espiga por planta, sendo a que apresentava estágio de grão leitoso e características comerciais. Foi utilizado fita métrica, paquímetro e balança de precisão para auxiliar nas análises das variáveis.

2.8.1 Variáveis avaliadas:

- a) Diâmetro da espiga com palha (D.E.C.P) e diâmetro da espiga sem palha (D.E.S.P): determinados após a colheita das espigas verdes das plantas de cada subparcela útil, mediante utilização de um paquímetro (Figura 9).

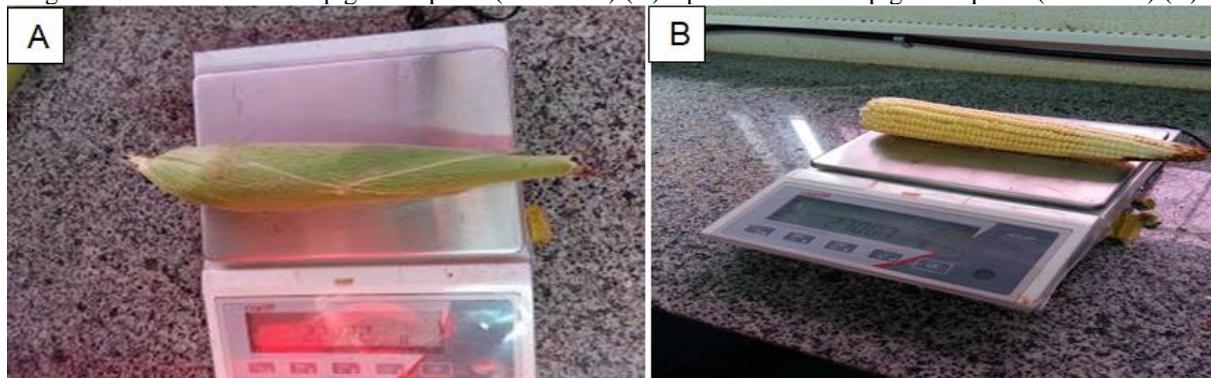
Figura 9. Diâmetro da espiga com palha (D.E.C.P) (A) e diâmetro da espiga sem palha (D.E.S.P) (B).



FONTE: Autor, 2016.

- b) Peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P) e peso fresco da espiga sem palha (P.F.E.S.P): determinados após a colheita das espigas verdes das plantas (g por espigas) de cada subparcela útil por meio do uso de uma balança de precisão (Figura 10).

Figura 10. Peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P) (A) e peso fresco da espiga sem palha (P.F.E.S.P) (B).



FONTE: Autor, 2016.

- c) Comprimento da espiga com palha (C.E.C.P) e comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P): determinados após a colheitas das espigas tomadas da subparcela útil, mediante a utilização de uma fita métrica e também de uma régua graduada em centímetros (Figura 11).

Figura 11. Comprimento da espiga com palha (C.E.C.P) (A) e comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P) (B).



FONTE: Autor, 2016.

- d) Produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e produtividade da sem palha (P.E.S.P): determinadas após conhecer o peso fresco médio das espigas com palhas e sem palhas e convertidos para t/ha para cada densidade de semeadura.

2.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

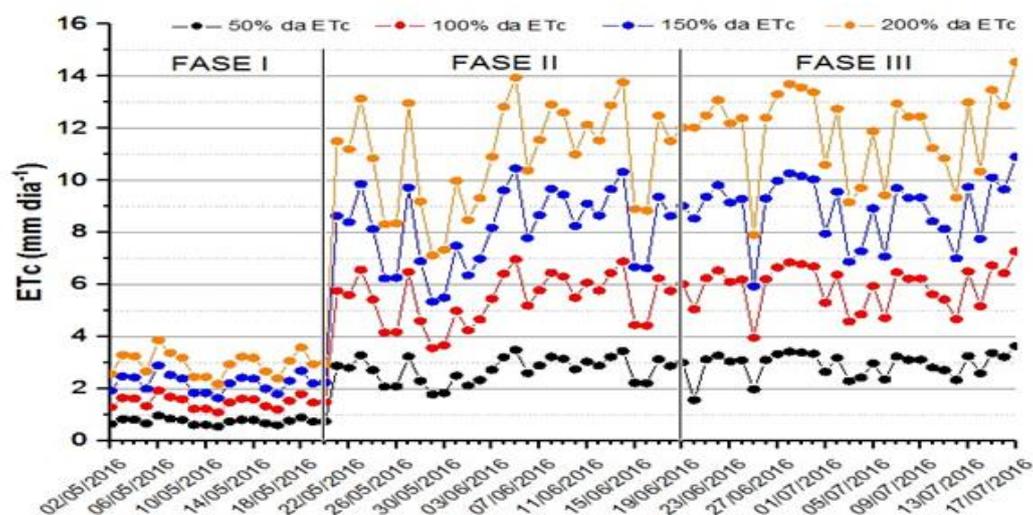
Após fazer avaliação biométrica das variáveis, os dados foram submetidos a análise estatística por meio do uso do programa SISVAR®. No programa foi realizado análise de variância aplicando o teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparação das médias entre os blocos. Para determinar o efeito das lâminas de irrigação, das densidades de semeadura e da interação lâminas de irrigação x densidades de semeadura, aplicou-se o teste de regressão linear e polinomial.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 12 corresponde a evapotranspiração da cultura (ETc) para os tratamentos das lâminas de irrigação L₂, L₃, L₄ e L₅ (50%, 100%, 150% e 200% da ETc). Na lâmina L₁ não teve aplicação de água por meio da irrigação. A água acumulada nessa lâmina foi por meio da precipitação pluvial ocorrida no período do experimento.

O total acumulado da ETc para as respectivas lâminas foram: L₂ = 177,929 mm, L₃ = 357,777 mm, L₄ = 537,626 mm e L₅ = 717,474 mm. Os valores máximo, mínimo e médio para o tratamento de 100% da ETc foram 7,270 mm d⁻¹, 1,092 mm d⁻¹ e 4,646 mm d⁻¹.

Figura 12. Evapotranspiração da cultura (ETc) para os tratamentos das lâminas de irrigação L₂, L₃, L₄ e L₅ (50%, 100%, 150% e 200% da ETc) obtidos durante o ciclo do cultivo de milho verde.

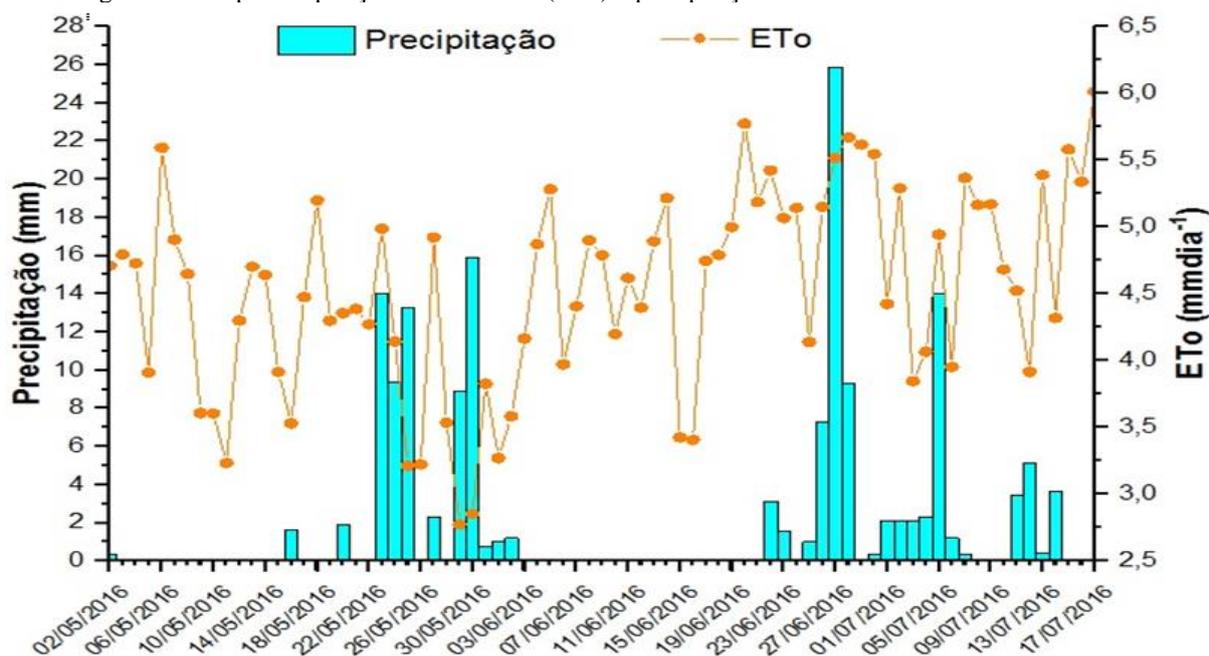


As lâminas de irrigação L₂ (50% da ETc = 177,929 mm) e L₃ (100% da ETc = 357,777 mm) ficaram abaixo dos valores propostos por Andrade et al., (2006) que afirmaram que, dependendo das condições climáticas, a exigência hídrica do milho, numa condição de evapotranspiração máxima, vai de 480 mm num período de demanda evaporativa baixa a 640 mm num período de demanda evaporativa muito alta. Ainda conforme a proposta de Andrade et al., (2006) a lâmina de irrigação L₄ (150% da ETc = 537,626 mm) e L₅ (200% da ETc = 717,474 mm) ultrapassaram o consumo hídrico da demanda evaporativa muito alta (520 mm).

Durante a realização do experimento os maiores valores da evapotranspiração da cultura para cada lâmina de irrigação foram de 3,635 para L₂, 7,270 para L₃, 10,905 para L₄ e 14,540 mm dia⁻¹ para L₅ registrados fase III do ciclo do cultivo do milho verde.

A figura 13 representa os valores da evapotranspiração de referência (ET_o) e precipitação equivalentes ao período de determinação da evapotranspiração da cultura no cultivo de milho verde.

Figura 13. Evapotranspiração de referência (ET_o) e precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura.



A ET_o acumulada foi de 359,06 mm, sendo a máxima de 6,23 mm d⁻¹ ocorrida no final do ciclo, a mínima de 2,78 mm d⁻¹ ocorrida 27 dias após a semeadura (DAS) e a média de 4,66 mm d⁻¹.

A precipitação acumulada durante o ciclo foi de 157,64 mm, sendo que os dias mais chuvosos ocorrem 28 DAS e 55 DAS com precipitação de 15,92 e 25,87 mm dia⁻¹ respectivamente.

Segundo Fancelli e Dourado (2004), para uma produção satisfatória, a exigência hídrica mínima está em torno de 300 – 350 mm. Santos et al., (2014) encontraram um valor de 300,54 mm de demanda hídrica total do milho verde, cultivar AG 1051, para um ciclo de 77 dias nas condições edafoclimáticas de Mossoró/RN.

De acordo com a tabela 2 e 3, verifica-se que não houve efeito significativo para interação dos fatores. As lâminas de irrigação influenciaram significativamente para as variáveis diâmetro das espigas com palha (D.E.C.P), diâmetro das espigas sem palha (D.E.S.P), peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P) e peso fresco da espiga sem palha (P.F.E.S.P), enquanto que as densidades não apresentaram efeito significativo.

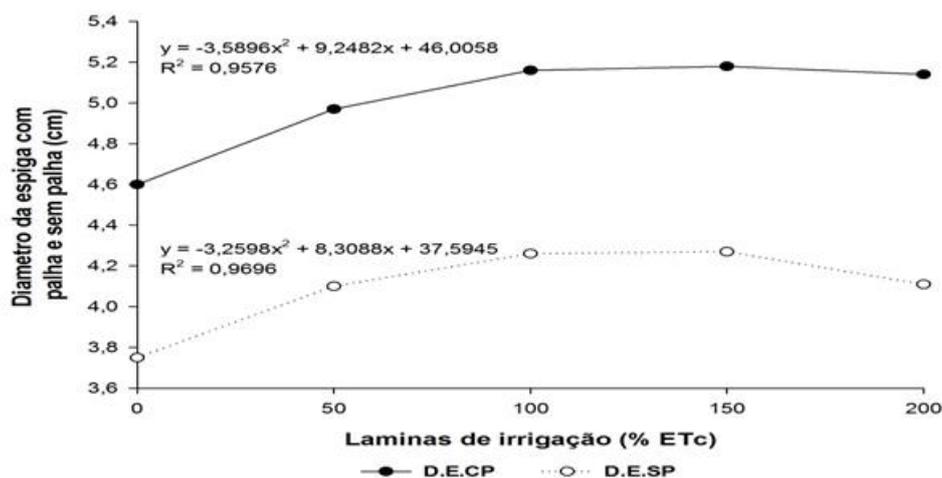
Tabela 2. Resumo da análise de variância para diâmetro da espiga com palha (D.E.C.P), diâmetro da espiga sem palha (D.E.S.P), peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P) e peso fresco da espiga sem palha (P.F.E.S.P).

Fonte de variação	GL	QM			
		D.E.C.P	D.E.S.P	P.F.E.C.P	P.F.E.S.P
Laminas (L)	4	86,0614*	66,9111*	18315,5950**	8947,5716**
Densidade (D)	4	29,8284 ^{ns}	13,4907 ^{ns}	9404,8261 ^{ns}	2402,6364 ^{ns}
L X D	16	20,8153 ^{ns}	26,5308 ^{ns}	2386,9798 ^{ns}	1349,2890 ^{ns}
Blocos	2	247,8827**	217,1865**	8866,0358*	8466,2122**
Resíduo	48	49,5007	44,2861	7011,1605	4570,7841
CV% (L)		8,52	8,86	14,50	16,32
CV% (D)		11,25	13,59	24,70	33,56

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade e ns - Não significativo.

Por meio de derivada parcial foi encontrado o ponto máximo das lâminas de irrigação e das densidades de semeadura para as variáveis avaliadas neste experimento. A Figura 14 representa um comportamento quadrático dos diâmetros das espigas com palha (D.E.C.P) e sem palha (D.E.S.P) em função das lâminas de irrigação. O diâmetro da espiga de milho sem palha é uma das características avaliadas na escolha da espiga pelo consumidor. Segundo Albuquerque et al., (2008), o diâmetro padrão comercial das espigas de milho é de 3 cm.

Figura 14. Diâmetro da espiga com palha (D.E.C.P) e diâmetro da espiga sem palha (D.E.S.P) em função de cinco lâminas de irrigação.



Com o aumento das lâminas de irrigação ocorreu um aumento no diâmetro da espiga com palha e no diâmetro da espiga sem palha, sendo os maiores valores de diâmetro 5,2 cm para diâmetro da espiga com palha e 4,3 cm para diâmetro da espiga sem palha correspondentes ao ponto máximo da lâmina de irrigação de 130% da ETc (465,11 mm) para ambas as variáveis. Os menores valores de

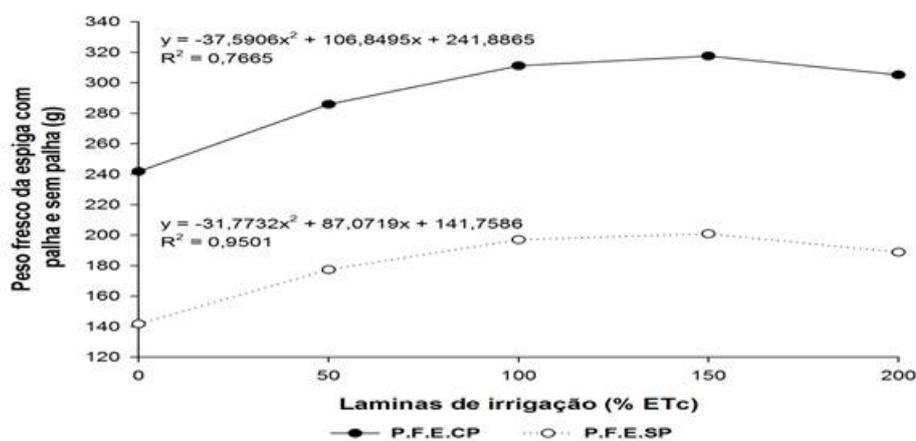
diâmetro foram de 3,75 cm para espiga sem palha e 4,6 cm para espiga com palha correspondente a lâmina L₁, 0% da ETc (sem irrigação = água da chuva).

Em todas as lâminas na variável diâmetro da espiga sem palha (D.E.S.P), o valor de diâmetro da espiga esteve acima do valor do diâmetro padrão comercial, sendo, portanto, consideradas comercializáveis.

Cardoso et al. (2010) obtiveram valores semelhantes ao do presente trabalho, sendo valores médios de 4,81 cm e 4,75 cm para diâmetro de espiga de milho sem palha com ciclo de 70 dias, esses valores são referentes aos espaçamentos 0,6 m e 0,8 m, densidades 5,50 e 6,25 plantas m⁻² e uma lâmina de irrigação aplicada de 433 mm.

O peso médio das espigas com palhas (P.F.E.C.P) e sem palha (P.F.E.S.P) sofreram influência da aplicação das diferentes lâminas de irrigação representado por um comportamento quadrático (Figura 15).

Figura 15. Peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P) e peso fresco da espiga sem palha (P.F.E.S.P) em função de cinco lâminas de irrigação.



Os valores médios obtidos neste experimento para peso fresco da espiga com palha foram 241,8, 285,9, 311,4, 317,5 e 305,2 g para as lâminas de 0% (chuva), 50%, 100%, 150% e 200% da ETc, respectivamente. Para o peso fresco da espiga sem palha os valores encontrados foram de 141,7, 177,3, 197, 200,8 e 188,8 g para as mesmas lâminas. O ponto máximo da lâmina de irrigação para ambas as variáveis foi de 140% da ETc (500,88 mm), obtendo, nessa lâmina, o valor máximo de 317,8 g para peso fresco da espiga com palha e 201,4 g para peso fresco da espiga sem palha.

Avaliando o peso da espiga de milho com palha e sem palha, observa-se que houve um ganho de 0,22 g das espigas com palha para cada milímetro de lâmina de irrigação aplicado da L₁ (água da chuva) até a lâmina 140% da ETc. Quanto ao peso da espiga sem palha esse ganho foi de 0,17 g.

Para produção de milho verde é desejável obter maior peso de espigas, pois essas serão as mais desejadas pelo mercado consumidor. Paiva Junior et al., (1998), identificaram o peso médio de espigas verdes com palha de 300g para a cultivar AG 1051 ao analisarem a viabilidade técnica de produção de milho verde na região de Lavras, MG. Esse valor foi obtido no experimento nas lâminas L₃, L₄ e L₅. No entanto, a partir do ponto máximo da lâmina, 140% da ETc, o peso médio da espiga passou a decrescer e isso pode ser explicado, segundo Taiz e Zeiger (2013), pela acumulação de água no solo que reduz a disponibilidade de oxigênio (O₂) podendo causar anoxia (ausência de O₂) ou hipoxímia (O₂ anormalmente baixo) danificando as raízes pela inibição da respiração celular e conseqüentemente inviabilizando a produção de ATP e do trabalho bioquímico pela célula vegetal.

É importante salientar também que esses resultados estão de acordo com os encontrados por Nascimento (2012), que verificou que o peso médio das espigas com palhas e sem palhas aumentaram em função do acréscimo das lâminas de irrigação, obtendo um peso médio de espigas com palhas e sem palhas de 269g e 169,3 g para tratamento de 125% da ET_o. Para menor lâmina aplicada 165,51 mm, o peso médio da espiga foi de 28,4 g e 20,15 g.

De acordo com a Tabela 4, observa-se que as densidades de semeadura influenciaram significativamente as variáveis comprimento da espiga com palha (C.E.C.P), comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P), produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e sem palha (P.E.S.P), enquanto que só não ocorreu influência significativa das lâminas de irrigação para variável comprimento da espiga com palha (C.E.C.P).

Tabela 4. Resumo da análise de variância para comprimento da espiga com palha (C.E.C.P), comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P), produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e produtividade da espiga sem palha (P.E.S.P).

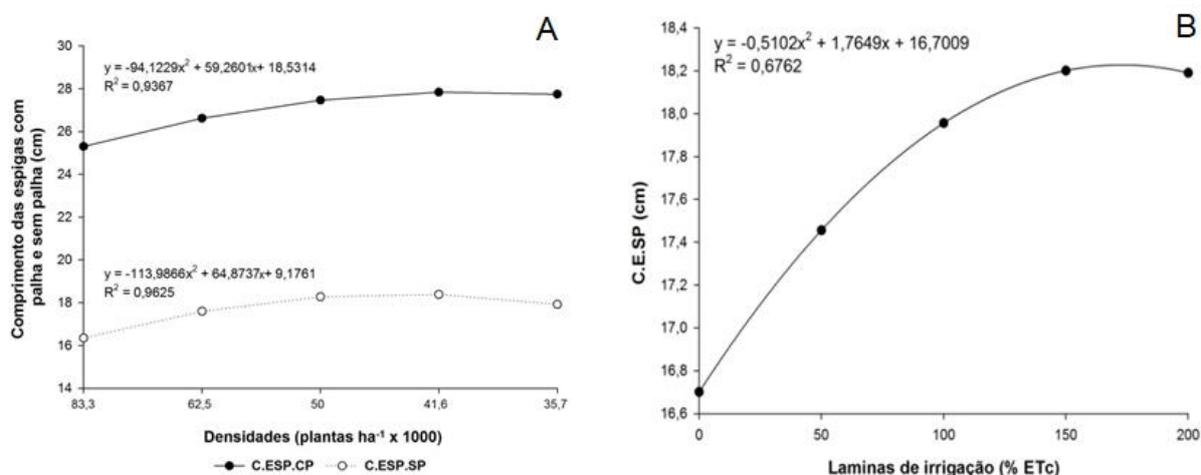
Fonte de variação	GL	QM			
		C.E.C.P	C.E.S.P	P.E.C.P	P.E.S.P
Lâminas (L)	4	13,6824 ^{ns}	8,9475*	60592601,9030**	28320573,7757**
Densidade (D)	4	17,9980*	10,4778*	231039118,4265**	108126477,9497**
L X D	16	7,6310 ^{ns}	2,4582 ^{ns}	11740185,9418 ^{ns}	5852121,2622 ^{ns}
Blocos	2	105,2356**	118,6699**	16703431,0724 ^{ns}	15696712,4585*
Resíduo	48	13,6607	4,7578	19072801,82	12029309,13
CV% (L)		10,90	6,80	13,42	15,32
CV% (D)		8,28	10,28	24,56	32,21

* Significativo a 5% de probabilidade; ** Significativo a 1% de probabilidade e ns - Não significativo.

As variáveis comprimento da espiga com palha e sem palha sofreram influência significativa das densidades de semeadura representada por um comportamento quadrático (Figura 16 A). O mesmo comportamento foi observado na variável comprimento da espiga sem palha em função das diferentes lâminas de irrigação (Figura 16 B).

O ponto máximo da densidade para comprimento da espiga com palha e sem palha ocorreu na densidade de 41,6 mil plantas/ha⁻¹ para um comprimento máximo de 27,8 cm e 18,4 cm respectivamente. Observou-se também que com o aumento da população de plantas ocorre um decréscimo de 2,5 cm para comprimento da espiga com palha e de 2,1 cm para comprimento da espiga sem palha, considerando a densidade de 41,6 mil plantas/ha⁻¹ a que obteve maior comprimento e a densidade de 83,3 plantas/ha⁻¹ a de menor comprimento. (Figura 16 A e B).

Figura 16. Comprimento da espiga com palha (C.E.C.P) e comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P) em função de cinco densidades de semeadura, (A) e comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P) em função de cinco lâminas de irrigação (B).



A redução no comprimento de espigas com a elevação da população de plantas pode ser atribuída ao aumento da competição por luz, nutrientes, água, e a consequente redução de fotoassimilados. Sob baixas densidades populacionais, a produção individual é máxima, por cada planta receber maior quantidade de radiação incidente (ARGENTA et al., 2001; FORNASIERI Filho, 2007).

O conhecimento do comprimento da espiga empalhada do milho verde torna-se um item importante na escolha da cultivar, bem como no momento da comercialização, sendo que esta é uma característica indicativa de qualidade (VIEIRA, 2007). Ainda conforme Vieira (2007), o comprimento de espiga sem palha, embora não seja fator decisivo na comercialização, demonstra o desenvolvimento da espiga e a capacidade de fornecimento de fotoassimilados para o desenvolvimento da espiga e para o enchimento de grãos.

Os valores médios encontrados no presente trabalho para o comprimento da espiga sem palha foram de 16,7 cm, 17,4 cm, 17,9 cm, 18,2 cm e 18,1 cm para 0% (chuva), 50%, 100%, 150% e 200% da ETc, respectivamente. O ponto máximo da lâmina de irrigação correspondeu a 180% da ETc para um comprimento de 18,3 cm.

Analisando o comportamento do efeito das lâminas no comprimento da espiga sem palha, observa-se que houve um ganho de 0,0033 cm das espigas sem palha para cada milímetro de lâmina de irrigação aplicada, considerando da menor lâmina L_1 (chuva = 157,64 mm), até o ponto máximo (180% ETc = 644 mm) de onde se obteve maior comprimento.

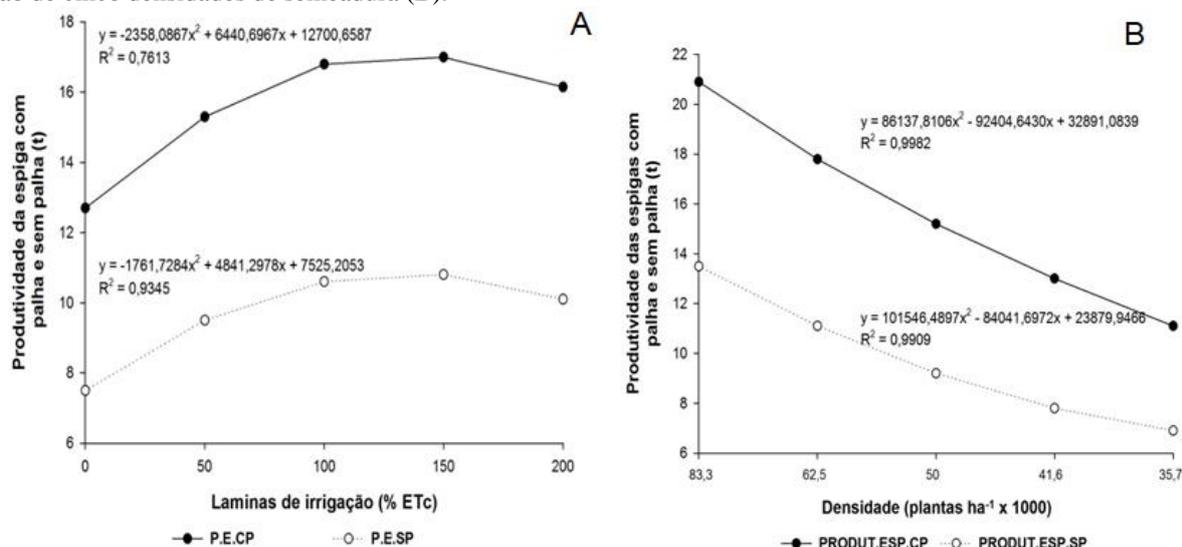
Os resultados de comprimento da espiga sem palha encontrados neste trabalho estão de acordo com os de Biscaro et al., (2008) que trabalhando com quatro tratamentos 200%, 100%, 50% e 25% do tempo de irrigação encontraram para comprimento médio de espigas sem palha 15,6 cm, 15,2 cm, 13,7 cm e 14,9 cm respectivamente. Nascimento (2012) também obteve incremento no comprimento das espigas sem palhas ao trabalhar com diferentes tempos de irrigação onde obteve médias de 18,73 cm, 17,96 cm, 19,47cm, 19,67 cm e 20,25 cm para 25%, 50%, 75%, 100% e 125% da ETo respectivamente.

De acordo com Paiva Júnior (2001) o comprimento padrão comercial das espigas sem palha, deve ser maior que 15 cm. Isso demonstra que os valores obtidos de comprimento da espiga com e sem palha estão dentro do padrão comercial.

Com relação às produtividades, no tratamento de irrigação, os pontos máximos da produtividade da espiga com palha e sem palha foram de 17,1 e 10,8 toneladas correspondentes a uma lâmina de 140% da ETc (500,88 mm). Os menores valores foram obtidos no tratamento sem irrigação (chuva) 12,7 e 7,5 toneladas. Com relação às densidades de semeadura, os maiores valores obtidos de produtividade da espiga com palha e sem palha foram de 20,9 e 13,5 toneladas na densidade de 83,3 mil plantas/ha⁻¹. Os menores valores obtidos para densidade de semeadura foram de 11,1 e 6,9 toneladas na densidade de 35,7 mil plantas/ha⁻¹ para produtividade da espiga com e sem palha respectivamente.

A figura 17 representa o comportamento quadrático das variáveis produtividade da espiga com palha e sem palha em função das lâminas de irrigação (Figura 17 A) e das densidades de semeadura (Figura 17 B).

Figura 17. Produtividade da espiga com palha (P.P.C.P) e produtividade da espiga sem palha (P.E.S.P) em função de cinco lâminas de irrigação (A), e Produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e produtividade da espiga sem palha (P.E.S.P) em função de cinco densidades de semeadura (B).



De acordo com Nascimento (2012), o incremento na produtividade em função do aumento da lâmina de irrigação pode ocorrer devido ao maior nível de conteúdo de água no solo, que proporciona um maior desenvolvimento foliar, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados e, portanto, maior produção de espigas. Isso pôde ser observado, neste experimento, com o aumento do conteúdo de água no solo do tratamento sem irrigação (chuva) até o ponto máximo da lâmina de irrigação correspondente a 140% da ETc de onde se obteve maior produtividade da espiga com palha e sem palha.

Esses resultados estão de acordos com os encontrados por Ferreira et al., (2010) que observaram um comportamento crescente de forma linear para produtividade de milho sob influência de 4 diferentes lâminas de irrigação. Oktem (2008), trabalhando com tanque classe A também observou aumento progressivo na produção de espigas verdes 9.150 kg ha⁻¹, 12.340 kg ha⁻¹, 13.850 kg ha⁻¹, 14.720 kg ha⁻¹ em função dos tratamentos de irrigação adotados 70 %, 80 %, 90 % e 100 %.

Quanto à densidade a produtividade foi maior na densidade de 83,3 mil plantas/ha⁻¹ tanto para a produtividade da espiga com palha quanto para produtividade da espiga sem palha.

Pereira Filho (2002) e Fornasieri Filho (2007), afirmam que a produtividade de uma lavoura de milho, eleva-se até atingir uma densidade ótima. A partir da densidade ótima, onde ocorre o máximo rendimento, o aumento da densidade resultará no decréscimo progressivo da lavoura. Sangoi (2001), afirma que baixa densidade de plantas reduz a interceptação da radiação solar por área, favorecendo a produção de grãos por planta, mas reduzindo a produtividade por área.

4 CONCLUSÕES

1. As lâminas de irrigação e densidade de semeadura proporcionaram incrementos positivos com uma tendência quadrática para a maioria dos componentes de produção do milho verde.
2. Os pontos máximos das lâminas de irrigação foram de 180% da ETc para a variável comprimento da espiga sem palha (C.E.S.P), 140% da ETc para as variáveis peso fresco da espiga com palha (P.F.E.C.P), sem palha (P.F.E.S.P), produtividade da espiga com palha (P.E.C.P), sem palha (P.E.S.P) e de 130% da ETc para as variáveis diâmetro da espiga com palha (D.E.C.P) e sem palha (D.E.S.P).
3. As densidades de semeadura influíram significativamente com uma tendência quadrática apenas para as variáveis comprimento da espiga com palha (C.E.C.P), sem palha (C.E.S.P) e produtividade da espiga com palha (P.E.C.P) e sem palha (P.E.S.P), obtendo os maiores valores na densidade de 41,6 mil plantas/ha⁻¹ m para os comprimentos e na densidade 83,3 mil plantas/ha⁻¹ para as produtividades.

REFERÊNCIAS

- Abreu, r. L. De. Localização geográfica de arapiraca. Disponível em: <http://pt.wikibooks.org/wiki/ficheiro:brazil_state_alagoas.svg>. Acesso em: 08 março. 2017.
- Albuquerque, c. J. L. Desempenho de híbridos de milho verde na região sul de minas gerais. 56 f. Dissertação (mestrado em fitotecnia) – universidade federal de lavras, lavras, mg, 2005.
- Albuquerque, p. E. P. Irrigação para o cultivo de milho verde. In: pereira filho, i. A. (ed.). O cultivo do milho verde. Sete lagoas: embrapa milho e sorgo, 2002. Cap. 6, p. 96.
- Albuquerque, c. J. B.; von pinho, r. G.; silva, r. Da. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. Bioscience journal, uberlândia, v. 24, n. 2., p. 69-76, apr./ june 2008.
- Allen, r.g.; pereira, l.s.; raes, d. Crop evaporation. Rome: fao, (fao irrigation and drainage, paper 56). P.297,1998.
- Allen r. G.; pereira l. S.; raes d.; smith m. Evapotranspiración del cultivo: guias para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Roma: fao, 2006. 298p. (estudio fao riego y drenaje , 56).
- Almeida, bruno marçal de. Evapotranspiração, coeficiente de cultura e produção do milho sob condições de salinidade residual. 2012. 80f. Dissertação (mestrado em irrigação e drenagem) - universidade federal rural do semi-árido (ufersa), mossoró-rn, 2012.
- Andrade, c. De l. T.; albuquerque, p. E. P. De; ricardo augusto lopes brito, r. A. L.; resende, m., viabilidade e manejo da irrigação da cultura do milho. Embrapa milho e sorgo, sete lagoas – mg, dezembro, 2006, (circular técnica, 85).
- Alves, s. M. F.; silva, a. E.; seraphin, j. C.; vera.; r.; souza, e. R. B.; rolim, h. M. V.; ximenes, p. A. Avaliação de cultivares de milho para o processamento de pamonha. Pesquisa agropecuária tropical, goiânia, v. 34, n. 1, p. 39-43, 2004.
- Argenta, g.; silva, p.r.f.; sangoi, l. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. Ciência rural, santa maria, v.31, p.1075-1084, 2001a.
- Back, a.j. variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. Engenharia agrícola, jaboticabal, v. 27, n. 1, p.139-145, 2007.
- Barros, j. F. C.; calado, j. G. A cultura do milho. Other. Disponível em: <<http://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/10804>>. Acesso em: 17 out. 2016.
- Bergamaschi, h. O clima como fator determinante da fenologia das plantas. In: rego, g.m.; negrelle, r.r.b.; morellato, l.p.c. fenologia: ferramenta para conservação, melhoramento e manejo de recursos vegetais arbóreos. Colombo, pr: embrapa florestas, 2007.
- Bernardo, s.; soares, a.a.; mantovani, e.c. manual de irrigação. 8. Ed. Viçosa: editora ufv, 2006. 625p.
- Biscaro, g. A.; maia, s. C. M.; silva, t. R. B. Da. Influencia da aplicação de água no milho verde irrigado na região do cerrado sul-mato-grossense. Agrarian, dourados-ms, v.1, n.1, p. 67-77, jul./set. 2008.

Borges, i.d. avaliação de épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, fontes de nitrogênio e de espaçamento entre fileiras na cultura do milho. 2003. 73 f. Dissertação (mestrado em fitotecnia) universidade federal de lavras, lavras, mg, 2003.

Borges júnior, j. C. F.; anjos, r. J.; silva, t. J. A.; lima, j. R. S.; andrade, c. L. T. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência diária para a microrregião de garanhus, pe. Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, v.16, p.380-390, 2012.

Bottini, p.r.; tsunechiro, a.; costa, f.a.g. da. Viabilidade da produção de milho verde na “safrinha”. Informações econômicas, são paulo, v.25, n.3, p. 49-53, 1995.

Braz, r. F. Conservação pós-colheita de espigas de milho verde em função do cultivar, da temperatura e da forma de acondicionamento. 2002. 51 f. Dissertação (mestrado) – universidade federal de viçosa, viçosa, mg, 2002.

Cardoso, m. J.; bastos, e. A.; pacheco, c. A. P.; rocha, l. M. P.; guimarães, l. J. M.; guimarães, p. E de o.; parentoni, s. N.; silva, a. R de. Rendimento de grãos e componentes de rendimento de híbridos comerciais de milho sob deficiência hídrica. In: xxviii congresso nacional de milho e sorgo, 2010, goiânia: associação brasileira de milho e sorgo.

Cardoso, m. J.; melo, f. B.; ribeiro, v.q; bastos, e. A. Produtividade de espigas verde de milho relacionada a níveis de nitrogênio, densidades de plantas e a irrigação. In: congresso brasileiro de engenharia agrícola, 31. Anais... Salvador: sbea, 2002.

Carvalho, d. F. De; rocha, h. S. Da; bonomo, r.; souza, a. P. Estimativa da evapotranspiração de referência a partir de dados meteorológicos limitados. Pesquisa agropecuária brasileira, v. 50, n. 1, p. 1-11, jan.

Castro. R.s. rendimentos de espigas verdes e de grãos de cultivares de milho após a colheita da primeira espiga como minimilho. 2010. Tese (doutor em agronomia) – universidade federal rural do semi árido, mossoró, rn, 2010.

Cavalcante junior, e. G.; oliveira, a. D.; almeida, b. M.; sobrinho, j. E. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para as condições do semiárido nordestino. Ciências agrárias, londrina, v. 32, suplemento 1, p. 1699-1708, 2011.

Cib, conselho de informações sobre biotecnologia. 2006. Guia do milho: tecnologia do campo à mesa. Disponível em: < http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_cib.pdf>. Acesso em: 1 out. 2016.

Companhia nacional de abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. V. 12 safra 2015/16 - décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-182, setembro 2016. Issn 2318-6852

Cruz, j. C.; et al. Produção de milho na agricultura familiar. Sete lagoas: embrapa milho e sorgo, 2011. 45 p.

Cruz, j. C.; pereira filho, i. A. Manejo e tratos culturais. In: pereira filho i. A. (eds.). O cultivo do milho-verde. Brasília, df, embrapa informação tecnológica. P. 31- 44, 2003.

Cruz, j. C.; pereira filho, i. A.; alvarenga, r. C.; neto, m. M. G.; viana, j. H. M.; oliveira, m .f.; santana, d. P. Manejo da cultura do milho. Sete lagoas: embrapa milho e sorgo, 2006. 12 p. (embrapa milho e sorgo. Circular técnica 87).

Doorenbos, j.; kassan, a.h. efeito da água no rendimento das culturas. Campina grande: ufpb, 1994.306p.(estudos fao. Irrigação e drenagem, 33).

Doorenbos, j.; pruit, w. O. Crop water requirements. Rome: fao, 1977. 179p. (fao irrigation and drainage paper, 24).

Doorenbos, j.; pruit, w.o. necessidade hídrica das culturas. Campina grande: ufpb, 1997. 204p. (estudos fao: irrigação e drenagem, 24).

Embrapa. Centro nacional de pesquisa de solos (rio de janeiro, rj). Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. Ed.-rio de janeiro : embrapa-spi, 2006.

Emygdio, b.m.; rosa, a. P. S. A.; texeira, m. C.c.: indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no rio grande do sul safras 2013/2014 e 2014/2015. In: lviii reunião técnica anual de milho e xli reunião técnica anual de sorgo, Brasília, df: embrapa, 2013.

Fancelli, a.l.; dourado neto, d. Produção de milho. Ed. Agropecuária, guaíba. 360 p., 2004.

Ferreira, v. M.; andrade junior, a. S de.; cardoso, m. J.; ribeiro, v. Q.; morais, e. L. Da c. Performance produtiva do consórcio milho – feijão caupi e disponibilidade hídrica do solo. Rev. Bras. Ciênc. Agrár. Recife, v.5, n.2, p.177-186, 2010.

Fiesp. Federação das indústrias do estado de são paulo. Safra mundial de milho 2016/17 - 7º levantamento do usda. Disponível: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>>. Acesso em: 11 jan. 17.

Filgueira, f. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa, mg: ufv. 2008. 421 p.

Fornasieri filho, d. A cultura do milho. Jaboticabal: funep, 1992. 273p.

Fornasieri filho, d. Manual da cultura do milho. Jaboticabal: funep, 2007, 576p.

Freitas, wellington alves de. Desenvolvimento e avaliação de um dispositivo capacitivo para manejo de irrigação. 2014, 210p. Tese (doutorado em recursos hídricos em sistemas agrícolas) – universidade federal de lavras, lavras, mg. 2014.

Frizzone, j. A. Análise de decisão econômica em irrigação. Serie didática. Departamento de engenharia rural, piracicaba, n. 17, p. 1-371, 2005.

Gomes, e. P.; testezlaf, r. Manejo de irrigação na tomaticultura de mesa. Disponível em <http://www.agr.unicamp.br/tomates/irrigacaoerecursos_hidricos.htm> acessado em: 26/04/2017.

Instituto brasileiro de geografia e estatística – ibge. Censo agropecuário 2006: brasil, grandes regiões e unidades da federação. Brasil. Rio de janeiro, 2009.

Ipa – recomendação de adubação para o estado de pernambuco: 2º aproximação. Recife, pe, 2008. 175 pág.

Kashyap, p. S.; panda, r. K. Evaluation of evapotranspiration estimation methods and development of crop-coefficients for potato crop in a sub-humid region. *Agricultural water management*, 50. P. 9-25, 2001.

Köppen, w. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. México: fondo de cultura economica, 1948. 478 p.

Lima, f. P. Avaliação de métodos de estimativa da eto para cidade de iguatu-ce. 2008. 88f. Trabalho de conclusão de curso-curso tecnologia em irrigação e drenagem, instituição federal ciência e tecnologia campus ii, iguatu-ce, 2008.

Lopes, otávio diniz. Desenvolvimento, determinação e coeficiente de cultura (kc) e da eficiência do uso da água do alecrim-pimenta (*lippia sidoides* cham.) Na região de montes claros. 2010, 70 p. Dissertação (mestrado em produção vegetal no semiárido) – universidade estadual de montes claros, janaúba, mg. 2010.

Magalhães, p.c.; durães, f.o.m.; carneiro, n.p.; paiva, e. *Fisiologia do milho*. Sete lagoas: embrapa milho e sorgo, 2002. 23 p. (embrapa milho e sorgo. Circular técnica, 22).

Magalhaes, p. C.; duraes, f. O. M.; gomide, r. L. *Fisiologia da cultura do milho*. Capítulo em livro técnico-científico (alice). Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/478294>>. Acesso em: 17 out. 2016.

Mapa. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. *Projeções do aronegocio*. Brasil 2015/16 a 2025/26. Projeções de longo prazo. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/acs/2016/projecoes-agronegocio-2016-2026.pdf>. Acesso em: 18 jan. 2017.

Matos, m. J. F.; tavares, s. A.; tavares, s. A.; santos, f. F.; melo, m. F. L. *Milho verde*. *Correio brasiliense*, Brasília, 8 abr. 2000.

Melo filho, g. A. De. Aspectos sócio-econômicos. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/252890>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

Melo, t. K.; medeiros, j. F.; sobrinho, j. E.; figueiredo, v. B.; souza, p. S. Evapotranspiration and crop coefficients of melon plants measured by lysimeter and estimated according to fao 56 methodology engenharia. *Agrícola, jaboticabal*, v.34, n.5, p.929-939, set./out. 2013.

Mendonça, j. C.; sousa, e. F.; bernardo, s.; sugawara, m. T.; peçanha, a. L.; gottardo, r. D. Determinação do coeficiente cultural (kc) do feijoeiro (*phaseolus vulgaris* l.), em campos dos goytacazes, rj. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental, campina grande*, v.11, n. 5, p. 471-475, 2007.

Moraes, a. R. A. De; instituto agrônomo de campinas-centro avançado de pesquisa tecnológica do aronegocio de grãos e fibras, 2009.

Nascimento, f. N.; características agronômicas do milho verde sob diferentes regimes hídricos. 81f. : il. Dissertação (mestrado em agronomia) – universidade federal do piauí, teresina, 2012.

Oktem, a. Effects of deficit irrigation on some yield characteristics of sweet corn. *Bangladesh j. Bot.* 37(2): 127-131, 2008 (december).

Paiva junior, m. C. Desempenho de cultivares para produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura. 1999. 66 p. Dissertação (mestrado) - universidade federal de lavras, lavras, 1999.

Paiva junior, m. C.; pinho, r. G. Von; pinho, e. V. R. Von; resende, s. G. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em lavras-mg. *Ciência e agrotecnologia*, lavras, v. 25, n. 5, p.1235-1247. 2001.

Paiva junior, m.c.; pinho, r.g. von.; resende, s.g. viabilidade técnica de produção de milho verde na região de lavras, mg. In: congresso nacional de milho e sorgo, 22., 1998, recife. *Globalização e segurança alimentar – resumos expandidos*. Recife: abms, 1998.

Paterniani, e.; campos, m.s. melhoramento do milho. In: borém, a. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa: ufv. 2005. P.491 – 552.

Pereira filho, i. A.; cruz, j. C. Colheita, transporte e comercialização do milho verde. In: pereira filho, i. A. (ed.). *O cultivo do milho verde*. Sete lagoas: embrapa milho e sorgo, 2002. Cap. 11, p. 200.

Pereira filho, i. A.; cruz, j. C.; gama, e. E. G. Cultivares de milho para consume verde. In: pereira filho, i. A. (ed.). *O cultivo do milho verde*. Sete lagoas: embrapa milho e sorgo, 2002. Cap. 1, p.18-30.

Ritchie, s.w.; hanway, j.j.; benson, g.o. como a planta de milho se desenvolve. Piracicaba: potafos, p.1-20., 2003. (informações agronômicas, 103).

Rocha, d. R. Desempenho de cultivares de milho-verde submetidas a diferentes populações de plantas em condições de irrigação. 2008. Tese (doutor em agronomia) – universidade estadual paulista, jaboticabal, sp, 2008.

Sangoi, l. Understanding plant density effects on maize growth and development; na important issue to maximize grain yield. *Ciência rural*, santa maria, v. 31, p. 159 168, 2001.

Sangoi, l.; silva, p.r.f.; argenta, g.; horn, d. Bases morfo-fisiológicas para aumentar a tolerância de cultivares de milho a altas densidades de plantas. In: reunião técnica catarinense de milho e feijão, 4., 2003, lages, sc. *Resumos expandidos...* Lages: cav-udesc, 2003. P.19-24.

Santos, r. F.; carlesso, r. Enrolamento e expansão das folhas de milho submetidas a déficit hídrico em diferentes solos. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. V.3, n.1, p.1-6, 1998.

Santos, w. O.; sobrinho, j. E.; medeiros, j. F.; moura, m. S. B.; nunes, r. L. C. Coeficientes de cultivo e necessidades hídricas da cultura do milho verde nas condições do semiárido brasileiro. *Irriga*, botucatu, v. 19, n.4, p 559-572, outubro-dezembro de 2014.

Sans, d.p. cultivo do milho: clima e solo. Comunicado técnico (cpatc), editora embrapa, Brasília, v. 38, 4p, 2002.

Sementes agroceres. Guia de híbridos. Disponível em: <<http://www.sementesagroceres.com.br/pages/baixararquivo.aspx?i=guiahibridosveraosul.pdf&t=pdf>>. Acesso em: 10 marc. 2017.

Silva, r. R.; santos, i. M. S.; oliveira, g. M.; carvalho, a. R. P.; santos júnior, p. P.; gonçalves, i. S. Evapotranspiração e coeficiente de cultura para melancia. Revista brasileira de agricultura irrigada, fortaleza – ce, v. 9, n. 6, p. 392-399, 2015.

Soares, f. C.; peiter, m. X.; robaina, a. D.; vivan, g. A.; parizi, a. R. C. Resposta da cultura do milho à variabilidade hídrica em solo sob pivô central. Irriga, botucatu, v. 17, n. 2, p. 220 - 233, abril-junho, 2012.

Taiz, l.; zeiger, e. Fisiologia vegetal. 5. Ed. Porto alegre: artmed, 2013. 954 p.

Vasconcellos, c. A.; pereira filho, i. A.; cruz, j. C. Adubação de milho verde. Embrapa milho e sorgo, sete lagoas – mg, janeiro, 2002, (circular técnica, 17).

Vieira, m. De. A. Cultivares e população de plantas na produção de milho-verde. 2007. 95 f. Dissertação (mestrado em agronomia) – universidade federal do paraná, paraná, 2007.

Visão agrícola. São paulo: escola superior de agricultura “luis de queiroz”, 2015-issn 1806-6402 .

Xavier, r. A; dornellas, p. C. Análise do comportamento das chuvas no município de arapiraca, região agreste de alagoas. Geografia, londrina, v. 14, n. 2, p. 49-64, 2010.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-040>

Leonor da Cunha Mastela

Doutorado em Ciências Florestais
Universidade Federal do Espírito Santo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1393-3283>

Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho

Doutorado em Engenharia de Estruturas
Universidade Federal do Espírito Santo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4393-8686>

André Luis Christoforo

Doutorado em Engenharia de Estruturas
Universidade Federal de São Carlos
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4066-080X>

Fabricio Gomes Gonçalves

Doutorado em Ciências
Universidade Federal do Espírito Santo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2010-9508>

Clara Gaspar Fossi de Souza

Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira
Universidade de São Paulo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4811-4037>

Francisco Antônio Rocco Lahr

Doutorado em Engenharia de Estruturas
Universidade de São Paulo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3510-8498>

Vinicius Borges Taquetti

Mestrado em Ciências Florestais
Universidade Federal do Espírito Santo
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6067-1664>

RESUMO

Os produtos resultantes do desenvolvimento tecnológico da madeira incorporam cada vez mais controle e precisão nos processos construtivos. Os painéis de CLT são uma alternativa bastante versátil, aplicável como um elemento estrutural rígido e autoportante. A modelagem numérica somada aos estudos experimentais, apresenta-se como uma ferramenta capaz de representar o comportamento mecânico dos painéis de CLT. Este capítulo tem como objetivo investigar a aplicação do método dos elementos finitos (MEF) em madeira lamelada colada cruzada (CLT). Para tanto, o estudo apresenta um breve histórico do emprego do material, bem como o desenvolvimento da tecnologia do sistema construtivo da CLT no Brasil e no mundo. Além da aplicação da simulação numérica em MEF como uma ferramenta na análise estrutural do produto. Conclui-se que o processo de fabricação é padronizado e a que a montagem é rápida, o que garante produtividade e racionalização da construção civil. Além disso, este tipo de método construtivo possui aspectos ambientais consideráveis, já que utiliza madeira de reflorestamento de menor valor agregado. As pesquisas que utilizam a modelagem em MEF para a verificação do comportamento mecânico de painéis de CLT indicam que há uma boa aproximação entre a análise numérica e os resultados experimentais.

Palavras-chave: Produtos engenheirados, Modelagem numérica, Pannel de madeira.

1 INTRODUÇÃO

A madeira é conhecida por ser um recurso natural renovável com propriedades que possibilitam seu uso na construção civil. Considerando a crescente preocupação com medidas construtivas sustentáveis que permitam a redução na geração de resíduos e o uso de materiais renováveis, a madeira apresenta-se como excelente opção. A possibilidade de emprego de florestas plantadas, o baixo consumo energético, além de baixa taxa de poluição no processo extrativo quando comparado a fabricação de produtos convencionais, como concreto e cerâmica, demonstram sua valorização mediante a medidas ambientalmente corretas.

Em comparação com outros materiais construtivos usuais, a madeira apresenta também eficiência em relação à diminuição de gases responsáveis pelo efeito estufa. Estudos apontam que a produção de concreto representa cerca de 8% das emissões de CO₂ à nível mundial (MILLER, S. A.; HORVATH, A.; MONTEIRO, 2016). Quando se trata da madeira, cada metro cúbico pode armazenar cerca de 0,8 toneladas de carbono (KUNZ; SILVA; SILVA, 2016).

Apesar dos benefícios apresentados, o uso da madeira como material de construção apresenta algumas limitações. Deve-se observar que as propriedades da madeira não são homogêneas, e variam de acordo com a espécie, estrutura anatômica, teor de umidade e dentro da mesma árvore (STARK; CAI; CARLL, 2010). Portanto, a aplicação da madeira está condicionada ao conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas de forma a garantir seu bom desempenho. Além disso, existem questões relacionadas à vida útil das estruturas de madeira, afetadas predominantemente por sensibilidade à umidade e ataque de organismos xilófagos (RAMAGE et al. 2017; OLIVEIRA; PAES; VIDAURRE, 2017).

Uma alternativa as características limitantes da madeira é o desenvolvimento de produtos processados mecanicamente, que permitam maior controle do processo de fabricação e o emprego de madeira de menor valor agregado. Os produtos resultantes do desenvolvimento tecnológico da madeira incorporam cada vez mais controle e precisão nos processos construtivos. Dentre estes produtos destacam-se painéis *Oriented Strand board* – OSB (CHIROMITO et al, 2016), elementos em Madeira Lamelada Colada – MLC (ZANGIÁCOMO et al., 2017) e painéis de madeira lamelada colada cruzada, em inglês *Cross Laminated Timber* – CLT (BRANDNER et al., 2016).

Os painéis de CLT são um material versátil, o que possibilita sua aplicação como um elemento estrutural rígido e autoportante e, também, como sistema de vedação (AMORIM; MANTILLA; CARRASCO, 2017). Estes apresentam bom isolamento térmico e acústico, além de boa resistência ao fogo. O método construtivo, já consagrado na Europa, é caracterizado pelo alto grau de industrialização, alta precisão, rapidez na montagem e baixa geração de resíduos (MALO; ESPINOZA, 2015).

Os estudos sobre CLT são novos e mesmo em países precursores dessa tecnologia, as normas para o projeto de estruturas de painéis de CLT foram aprovadas recentemente e em outros países, ainda estão em um estado muito preliminar de desenvolvimento (YEH et al, 2012; BRANDNER et al., 2016). Diferentes métodos foram adotados para a determinação das propriedades mecânicas da CLT, compreendendo abordagens analíticas e experimentais. No entanto, até o momento, nenhum método foi universalmente aceito pelos fabricantes e projetistas de painéis de CLT (FLORES et al., 2015). Portanto, torna-se necessário um maior conhecimento sobre o comportamento mecânico desses

produtos além do desenvolvimento de conceitos de projeto e processos de fabricação (BRANDNER, 2013).

Neste sentido, a modelagem numérica somada aos estudos experimentais, apresenta-se como uma ferramenta capaz de representar o comportamento mecânico dos painéis de CLT. Modelos numéricos podem auxiliar a criar uma base científica sólida para o melhor entendimento da mecânica da madeira, e em particular estruturas compostas de CLT (FLORES et al., 2015).

A maioria das simulações numéricas de representação de comportamento estrutural aplicam o método dos elementos finitos (MEF), particularmente, no que diz respeito a estruturas metálicas e de concreto. Além disso, o método tem apresentado bons resultados na modelagem de estruturas de madeira lamelada colada (MLC) (UZEL et al., 2018; KANDLER et al., 2018). A aplicação de modelagem numérica embasada no MEF implica na simulação do comportamento real da estrutura, permitindo o uso estrutural eficiente do material (GUINDOS; POLOCOSER, 2015).

Neste contexto, o capítulo em questão tem como objetivo investigar a aplicação do método dos elementos finitos (MEF) em madeira lamelada colada cruzada (CLT). Por meio de revisão bibliográfica, pretende-se verificar a eficácia de técnicas de modelagem para simular o comportamento de painéis de CLT.

2 MADEIRA LAMELADA COLADA CRUZADA (CLT)

A madeira lamelada colada cruzada (CLT) consiste num painel formado por tábuas de madeira sobrepostas de forma cruzada, geralmente em 90°, em que as faces mais largas são coladas entre si e, em alguns casos, as faces menores também (Figura 1). Os painéis de CLT são compostos por um número ímpar de camadas, comumente de 3 a 7. A espessura das peças para cada camada deve variar entre 16 e 51 mm e a largura pode variar de 60 a 240 mm (KARACABEYLI; DOUGLAS, 2013)

Figura 1– Configuração do painel de CLT

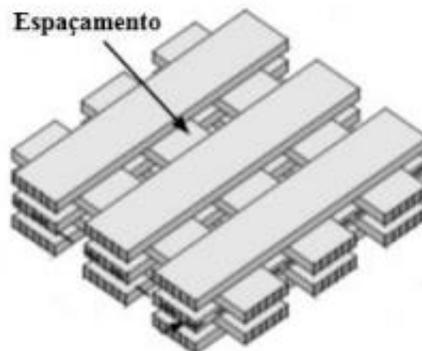


Fonte: Oliveira (2018).

A disposição ortogonal das lâminas de madeira proporciona estabilidade dimensional, o que reduz significativamente os efeitos de retração e inchamento do material devido às variações de umidade e resulta em um elemento de placa com expressivas propriedades de rigidez em diferentes direções (KUILEN et al., 2011; STEIGER; GÜLZOW; GSELL, 2008).

Em casos particulares, duas camadas seguidas podem estar coladas na mesma direção com o objetivo de obter características estruturais específicas (LI et al., 2019). Existem ainda, configurações pouco utilizadas que permitem a existência de aberturas entre as lamelas de cada camada, como representado na Figura 2 (ECKER; MIOTTO; TURMINA, 2017). Para formar estruturas maiores, as peças podem ser coladas utilizando-se emendas dentadas (BRANDNER et al., 2016).

Figura 2 – Paineis de CLT com abertura



Fonte: Ecker; Miotto; Turmina (2017).

Quando os painéis de CLT são empregados como paredes, as peças das camadas exteriores são normalmente orientadas paralelamente às cargas verticais para se garantir maior resistência. No caso

do emprego dos painéis como lajes, as lamelas das camadas exteriores são paralelas à direção do vão principal (KARACABEYLI; DOUGLAS, 2013).

2.1 BREVE HISTÓRICO

A primeira patente que apresenta os conceitos básicos de CLT foi obtida por Frank J. Walsh e Robert L. Watts, em 1923, nos Estados Unidos. Entretanto, o produto não alcançou amplo interesse e por muitas décadas foi preterido. Somente em 1990, surgiram novos estudos sobre o assunto na Áustria e na Alemanha, com o objetivo de utilizar madeiras de menor valor agregado. Após as primeiras experiências eficazes, em meados da década de 90, pesquisadores austríacos juntamente com empreendedores buscaram aprimorar o produto de forma a garantir a qualidade e padronizar sua produção. Assim, a CLT ganhou popularidade na Europa na construção de casas e edifícios de 5 a 10 andares tendo em vista o apelo ambiental, seu fácil manuseio durante a execução da obra e a sua rápida execução. A produção europeia de CLT teve um aumento de 25.000 m³ em 1996 para 340.000 m³ em 2010 (MALLO; ESPINOZA, 2015).

A Figura 3 apresenta a execução da *Open Academy Norwich* que, atualmente, é o maior edifício do Reino Unido executado exclusivamente em CLT (KLH UK, 2020).

Figura 3– Construção em CLT da *Open Academy Norwich*, no Reino Unido



Fonte: KLH UK (2020).

Recentemente, a CLT começou a ganhar mercado no Canadá e Estados Unidos. Em 2012, foi publicado a norma americana ANSI/APA PRG 320-2012 que apresenta a padronização para o produto CLT. Em 2018, a norma ANSI/APA PRG 320-2018 passou pela primeira revisão. Os pesquisadores canadenses desenvolveram uma nova metodologia para CLT em formato de caixa (Figura 4), com o

objetivo de reduzir o peso próprio do painel e em contrapartida aumentar a capacidade de carga, além de garantir economia (LI et al, 2019).

Figura 4 – Sistema canadense inovador, CLT em formato de caixa



Fonte: Li et al. (2019).

Baseada nos estudos sobre o assunto desenvolvidos no Canadá, a China iniciou suas pesquisas em CLT. As primeiras construções são de edifícios de pequeno porte. Em 2014, o primeiro edifício em CLT de vários andares na Ásia foi concluído na província de Taiwan, China (LI et al, 2019). Nesta edificação, as varandas foram feitas em balanço e toda a parte interna foi feita em CLT aparente (Figura 5). Atualmente, os chineses vêm desenvolvendo estudos em CLT empregando o bambu como matéria prima. Essa necessidade surgiu tendo em vista que grande parte da madeira utilizada no país para fabricação de CLT é importada, o que aumenta o custo (SU; HE, LI, 2020).

Figura 5– Edifício de 5 andares construído em Taiwan, China



Fonte: Panels & Furniture (2016).

No Brasil, a introdução de CLT é bastante recente, tendo sido iniciada nos últimos 7 anos, e, até o momento, tem-se conhecimento de um fabricante localizado no estado de São Paulo. Existem poucas edificações brasileiras executadas em CLT, dentre as quais a maioria é de uso residencial (Figura 6). Deve-se observar que as diferenças de espécies vegetais, as condições climáticas e a ausência de normas próprias influenciam no processo produtivo de CLT (OLIVEIRA, 2018). Basicamente, as matérias primas empregadas no país são as madeiras das espécies de pinus, em particular de *Pinus Taeda*, e o adesivo de poliuretano monocomponente, livre de formaldeídos.

Entretanto, alguns estudos mostram que painéis de CLT fabricados com o eucalipto obtiveram propriedades (resistência e rigidez) adequadas para uso estrutural, o que demonstra que essa espécie pode ser uma alternativa viável para essa tecnologia (LIAO et al., 2017; PEREIRA; CALIL JUNIOR, 2019).

Figura 6– Residência Valinhos, construída pela empresa Crosslam



Fonte: Crosslam (2020).

2.2 PROCESSO DE FABRICAÇÃO

De acordo com Brandner (2013), o processo de fabricação de painéis de CLT compreende seis etapas principais, quais sejam: (1) seleção da madeira serrada, (2) descarte de peças com defeito e agrupamento e aplainamento da madeira que será utilizada, (3) corte e união de elementos para personalização das peças, (4) aplicação de adesivo e prensagem do painel, (5) usinagem de superfície, (6) marcação e embalagem.

A primeira etapa do processo de fabricação trata da classificação visual e mecânica das peças serradas. Segundo Carreira e Dias (2005), a classificação visual possibilita a avaliação da qualidade visual, por meio da verificação da quantidade e posição dos defeitos. Para a classificação mecânica pode-se utilizar ensaios não-destrutivos, evitando desperdício de material com a retirada de corpos de

prova. Os resultados podem ser obtidos por meio de métodos dinâmicos de excitação por impulso e varredura por frequência.

Nessa etapa, é importante a verificação do teor de umidade das peças, que deve ser de $12\% \pm 3\%$, de forma a garantir um melhor desempenho do adesivo e evitar instabilidade dimensional e fendas superficiais (ECKER; MIOTTO; TURMINA, 2017). Além disso, a norma americana ANSI/APA PRG 320:2012 preconiza o emprego de espécies de madeira com densidade superior a $0,35 \text{ g/cm}^3$. Em geral, para a produção de painéis de CLT, utiliza-se madeiras de média a baixa densidade. As principais espécies utilizadas são de madeira de coníferas. Na Europa, destacam-se as seguintes espécies: o abeto da Noruega (*Picea abies*), abeto branco (*Abies alba*), pinheiro silvestre (*Pinus sylvestris*) (BRANDNER, 2013). No Brasil, as espécies advindas de florestas plantadas como, pinus e eucalipto, são opções para a fabricação de produtos mecanicamente fabricados de madeira. Ainda nesta fase, as peças devem passar por tratamento preservativo para melhorar a durabilidade e conter ataques por organismos xilófagos (LEITE; SANCHEZ; BLUMENSCHNEIN, 2018).

Na segunda etapa, as peças que apresentam defeitos acima dos permitidos por norma são descartadas (PEREIRA, 2015). Já as peças ensaiadas e aprovadas, conforme normatização, são agrupadas e aplainadas para posterior montagem dos painéis. Na terceira etapa, quando necessário, as peças são ligadas por meio de emendas dentadas, comumente usadas em MLC. Estas emendas possuem formato triangular e permitem melhor aderência entre as peças, desde que sejam utilizados adesivos com propriedades elásticas e de cisalhamento semelhantes às dos aderentes (BRANDNER et al., 2016).

Na quarta etapa, as peças passam pelo processo de colagem por meio de adesivos estruturais. Em geral, utiliza-se os mesmos adesivos empregados na fabricação da MLC, sendo estes o poliuretano, a melamina e outros à base de fenólicos (KARACABEYLI; DOUGLAS, 2013). No caso dos painéis de CLT, pode ser feita a colagem das faces e bordas (BRANDNER et al., 2016). Assim que o adesivo é aplicado, o conjunto é prensado por meio de prensas hidráulicas ou a vácuo e ar comprimido. Em particular, a pressão de ligação e a quantidade aplicada de adesivo devem ser ajustadas de acordo com a espécie de madeira empregada (BRANDNER, 2013).

Na quinta etapa, os painéis são cortados e usinados com precisão para configuração dos elementos estruturais devidamente customizados de acordo com o projeto. Essa etapa inclui a execução de aberturas de esquadrias, canaletas para passagem de eletrodutos e outros possíveis detalhes arquitetônicos (OLIVEIRA, 2018). Na sexta etapa, os painéis de CLT são numerados e classificadas conforme requisitos da obra a que se destinam. Posteriormente, os elementos são estocados e embalados para o transporte.

2.3 SISTEMA CONSTRUTIVO

As edificações executadas com painéis de CLT se caracterizam pelo alto grau de precisão e padronização das peças, bem como, pela velocidade de montagem e baixa geração de resíduos na obra. A tecnologia possui baixa relação resistência/peso somada a possibilidade de construções de múltiplos pavimentos e bom isolamento térmico e acústico (MALLO; ESPINOZA, 2015).

Os painéis de CLT chegam ao canteiro de obras já com os cortes de vãos de janelas e portas e em alguns casos, com canaletas para passagem de eletroduto. As peças são içadas por guindastes para a instalação de acordo com o projeto e a ligação de uma peça a outra é feita por meio de conectores, como parafusos e cantoneiras (AMORIM; MANTILLA; CARRASCO, 2017). As conexões têm como função manter a integridade da estrutura e garantir a resistência, rigidez e estabilidade (KARACABEYLI; DOUGLAS, 2013).

Após a instalação dos painéis, é possível realizar a aplicação de materiais de revestimento nas fachadas de edifícios em CLT. Entretanto, o revestimento deve ser cuidadosamente escolhido para evitar degradação precoce da madeira, tendo em vista suas características higroscópicas (COSTA, 2013). Dentre os revestimentos pode-se utilizar cerâmica, argamassa e vidro.

Figura 7– (a) Edifícios com revestimento de argamassa (b) Edifícios com revestimento cerâmico



Fonte: Costa (2013).

O CLT possui a versatilidade de ser aplicado em conjunto com outros materiais como aço e concreto, os chamados sistemas híbridos (OLIVEIRA, 2018). Nestes casos, frequentemente, ocorre a utilização de concreto para as fundações, a qual é aconselhável para evitar o contato da madeira com o solo, a fim de evitar a umidade ascendente.

3 MODELAGEM NUMÉRICA

Considerando-se a complexidade dos modelos matemáticos que representam as estruturas, dificilmente é possível obter soluções analíticas. O desenvolvimento de computadores cada vez mais eficientes viabilizou o emprego da modelagem numérica para representar o comportamento de um problema de forma mais precisa (JUSTO, 2010).

Dessa forma, a modelagem numérica apresenta-se como uma ferramenta vantajosa nos dias de hoje pela sua aproximação da realidade somada a agilidade no processo. Análises numéricas por meio de simulações computacionais são essenciais para garantir a otimização e a confiabilidade estrutural, pois são desenvolvidas com o objetivo de fornecer subsídios para a melhor compreensão da estrutura, em termos de geometria, propriedades dos materiais, carregamentos e verificação de possíveis falhas (CASTRO et al., 2019).

Dentre as técnicas de modelagem numérica aplicadas em análise estrutural, destacam-se: método das diferenças finitas (MDF), método dos elementos de contorno (MEC) e método dos elementos finitos (MEF) (VÉRAS, 2018). O MEF é considerado o método mais difundido atualmente e, considerando sua natureza repetitiva, para a sua aplicação é necessário o emprego de softwares disponíveis no mercado, como SAP2000, ANSYS e ABAQUS. A maioria destes foi melhorada com base no MEF para aplicação em alguma área específica, como infraestrutura de transporte, obras industriais, movimento de terra, geração de energia e atividade sísmica. Portanto, é necessário verificar o material e os fins de utilização estrutural antes de se definir o programa mais adequado (CALIL NETO et al., 2017).

3.1 MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS (MEF)

O MEF pode ser definido como um modelo matemático que tem como princípio a discretização do meio contínuo em um número finito e razoável de elementos, os subdomínios, que preservam as propriedades originais, e permitem encontrar uma solução aproximada (ALVES FILHO, 2018). Os subdomínios são considerados elementos interconectados chamados nós ou pontos nodais. Os nós são localizados nos limites de cada elemento e conectam um elemento a outro adjacente (RAO, 2018).

Neste contexto, uma função que obedeça às condições para todo o domínio, é representada por funções estabelecidas em cada elemento (arestas e pontos nodais), e conduz a uma solução aproximada que reduza a um erro mínimo (MONTANARO; PALLISTER, 2016).

De acordo com Azevedo (2003), na engenharia estrutural, o MEF permite a determinação do estado de tensão e de deformação de um sólido de geometria arbitrária sujeito a esforços externos. Além disso, é possível realizar uma série de análises e alterações na estrutura, com o objetivo de se encontrar a melhor solução estrutural e econômica dentro das normas vigentes.

3.2 ETAPAS BÁSICAS DO MEF

De acordo com Tankut, Tankut e Zor (2014), a aplicação do MEF pode ser dividida em etapas básicas, as quais são: pré-processamento, solução e pós-processamento.

A etapa de pré-processamento inclui criar e discretizar o domínio da solução em elementos finitos. Nessa fase, uma função contínua é assumida para representar o comportamento físico de um elemento. Posteriormente, as equações são desenvolvidas para cada elemento (MONTANARO; PALLISTER, 2016). Assim, reunindo as equações dos elementos, a matriz de rigidez global é construída. A partir daí, aplicam-se condições de contorno, e definem-se propriedades dos materiais e carregamentos (RAO, 2018).

Na etapa denominada solução, obtém-se a resolução para um conjunto de equações algébricas lineares ou não lineares, simultaneamente, de forma a obter resultados nodais, como deslocamentos e tensões (MADENCI; GUVEN, 2015).

Um software de implementação do MEF requer a inserção de informações como (TANKUT; TANKUT; ZOR, 2014):

1. Localizações espaciais de pontos nodais (geometria);
2. Elementos que conectam os pontos nodais;
3. Propriedades de massa;
4. Condições de contorno;
5. Carregamentos aplicados;
6. Opções de análise

A geometria do elemento é definida pela colocação dos pontos nodais geométricos. Com o desenvolvimento de softwares, o MEF pode ser aplicada para a análise de estruturas de geometria complexa, constituídas por múltiplos materiais e sujeitas a qualquer tipo de carregamento (AZEVEDO, 2003).

4 MODELOS NUMÉRICOS EM MEF PARA ESTUDOS EM CLT

Tendo em vista, a popularidade alcançada pela CLT nos últimos anos, em particular na Europa e na América do Norte, alguns estudos utilizando análise numérica foram desenvolvidos sobre o assunto. Entretanto, ainda não existe um consenso sobre o comportamento estrutural desse tipo de painel, que pode ser usado como parede e piso. Entre outras questões, as características ortotrópicas do CLT ainda geram inconsonância no desenvolvimento dos modelos numéricos (MARTINEZ-MARTINEZ et al., 2018).

O comportamento mecânico das vigas CLT é considerado complexo devido à direção ortogonal das fibras e à anisotropia da madeira. Propriedades mecânicas, como resistência e rigidez são diferentes

de acordo com as direções analisadas (longitudinal, radial e transversal). As propriedades ortotrópicas de resistência das peças de madeira têm grande influência na capacidade de carga dos painéis de CLT, notadamente quando se considera a distribuição das fibras de madeira devido a nós que ocorrem aleatoriamente (LI et al., 2019). Portanto, para projetar elementos de CLT, as propriedades mecânicas devem ser compreendidas. A seguir são apresentados alguns trabalhos científicos que utilizam modelos numéricos em MEF para o estudo do comportamento estrutural de painéis de CLT.

Na pesquisa desenvolvida por Chen e Lan (2013), avaliou-se o desempenho de sistemas CLT baseados em formato de caixa, para aplicação como vigas caixão. Esses sistemas apresentam peso estrutural reduzido sem perda significativa de resistência ou rigidez, em algumas situações de carregamento, como flexão fora do plano. Neste contexto, o objetivo principal deste estudo é desenvolver e verificar modelos tridimensionais utilizando o MEF, que podem ser usados para analisar o desempenho à flexão de sistemas CLT em formato de caixa sob carregamento fora do plano.

Antes da montagem dos painéis, o módulo de elasticidade (MOE) das peças de madeira foi obtido por meio do ensaio de vibração transversal. Para a pesquisa, foram feitos 4 tipos de vigas com variações de propriedades do material, número de camadas e direção da fibra em camada individual. Para cada tipo de modelo de viga foram feitas 10 réplicas. As vigas de CLT foram coladas com o adesivo fenol-resorcinol-formaldeído (PRF) e os corpos de prova foram testados utilizando o ensaio de flexão estática em 4 pontos.

O modelo numérico, desenvolvido no software ANSYS, foi discretizado como bloco estrutural tridimensional, definido por 8 nós com 3 graus de liberdade cada. Para a inserção do MOE no ANSYS, os pesquisadores consideraram o fator de 0,95 como a influência do método de teste dinâmico para ajustar os resultados obtidos para vibração transversal em comparação aos valores obtidos com o emprego de testes estáticos. De acordo com os resultados encontrados, Chen e Lan (2013) afirmam que o modelo numérico apresentado pode ser aplicado para o cálculo de deformação de carga de painéis de CLT com outras propriedades.

Edifícios híbridos construídos com painéis de CLT associados a estruturas metálicas foram avaliados quando sujeitos à abalos sísmicos. Schneider et al. (2015) utilizaram o MEF na análise numérica de conexões de elementos de aço e CLT. Inicialmente, os autores fizeram testes em protótipos de forma a prever situações hipotéticas. Nos testes, o tempo, o deslocamento e o carregamento foram monitorados. Os resultados dos testes experimentais foram usados para gerar os modelos numéricos em elementos finitos no *software* OpenSeens.

O OpenSeens é um programa de código aberto desenvolvido para aplicações em simulações de desempenho de sistemas estruturais e geotécnicos sujeitos a terremotos. O programa apresenta recursos

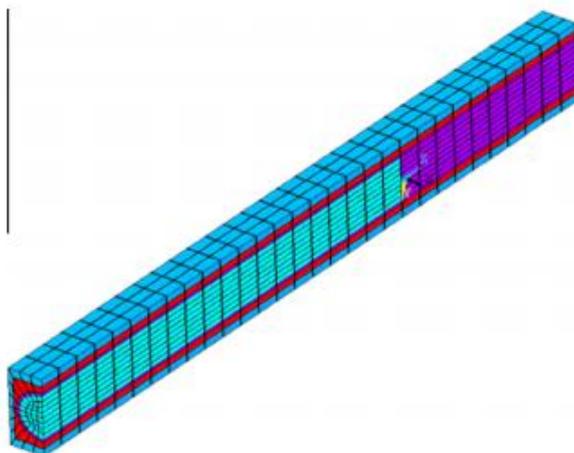
avançados para a modelagem e análise não linear de sistemas usando uma ampla variedade de modelos de materiais, elementos e algoritmos (OPENSEENS, 2020).

De acordo com Schneider et al. (2015), o modelo numérico desenvolvido apresenta uma boa correlação com os testes realizados em laboratório e, portanto, pode ser empregado na avaliação de estruturas mistas de CLT e aço. Entretanto, o modelo apresenta algumas limitações no que diz respeito a carregamentos cíclicos subsequentes. A pesquisa mostrou que a influência dos ciclos subsequentes pode ser significativa dependendo do método de avaliação dos resultados. O método empregado obteve boa correlação entre teste e modelo, mas pouca influência dos ciclos subsequentes no desempenho geral das conexões.

O comportamento mecânico de painéis de CLT foi investigado com o MEF numa abordagem complexa denominada estrutura de multi-escala (FLORES et al., 2015). O procedimento de multi-escala considera a madeira em escala menor (ou ultraestrutural – na ordem dos nanômetros), intermediária (ou celular - na ordem dos micrômetros) e escala maior (ou estrutural – na ordem de metros). Os modelos numéricos foram desenvolvidos no software ANSYS e a modelagem em nível ultraestrutural foi elaborada com uma malha que consiste em 4495 nós e 3960 elementos hexaédricos (Figura 8). Nessa escala, cada elemento finito tem como objetivo descrever o comportamento mecânica da microfibrila. As propriedades inseridas no modelo são referentes à espécie *Pinus Radiata*.

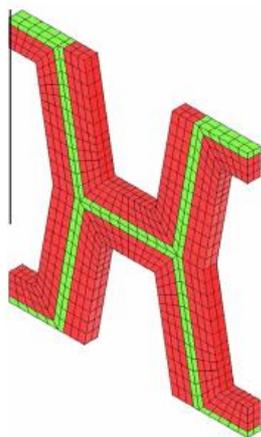
Posteriormente, Flores et al. (2015) desenvolveram uma malha de elementos finitos para modelar a célula da madeira, que consiste em 1917 nós e 1088 elementos (Figura 9). A repetição periódica do modelo de célula foi utilizada para formar o material em escala estrutural, neste caso, o painel de CLT. O painel foi discretizado em 379.093 nós e 345.600 elementos (Figura 10).

Figura 8- Malha de elementos finitos típica da microfibrila na menor escala considerada no estudo



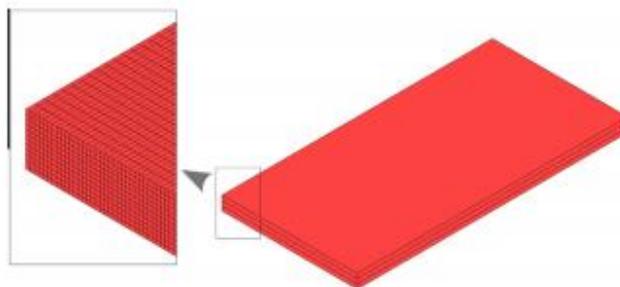
Fonte: Flores et al. (2015).

Figura 9 - Malha de elementos finitos típica da célula de madeira na escala intermediária



Fonte: Flores et al. (2015).

Figura 10 - Modelo computacional do painel CLT (em grande escala) composto por três camadas diferentes. O detalhe à esquerda mostra um refinamento típico da malha de elementos finitos



Fonte: Flores et al. (2015).

Para a caracterização do material foram feitos ensaios de flexão em vigas de madeira serrada e ensaios em placas CLT sujeitas a esforços de flexão, cisalhamento no plano e compressão. O estudo utilizou 162 vigas de madeira para obter o MOE pelo ensaio de flexão em 3 pontos. Nessa fase, a densidade das peças foi medida em vários pontos para a obtenção de uma densidade média representativa da madeira utilizada.

Para validação do modelo em escala múltipla, os autores compararam as previsões numéricas com os resultados experimentais para o MOE e a densidade das vigas de madeira serrada. De acordo com Flores et al. (2015), houve uma boa concordância entre os valores numéricos e experimentais. Após esta etapa, simulações do teste de flexão em painéis de CLT foram feitas para a comparação com os resultados experimentais. Dessa forma, comparou-se os deslocamentos experimentais com os numéricos.

Observou-se que as curvas experimentais apresentaram maior rigidez do que os resultados numéricos. Para pequenos níveis de deslocamentos, as previsões numéricas tendem a apresentar uma melhor concordância com a resposta experimental. Isso pode ser atribuído ao efeito de enrijecimento geométrico observado nas amostras experimentais, o que no modelo linear não foi possível determinar.

Simulações também foram feitas para os ensaios de cisalhamento e compressão e, a comparação entre os valores numéricos e experimentais apresentou boa concordância.

Os pesquisadores afirmam que a estratégia de modelagem utilizando o MEF em multi-escala em consonância com ensaios em laboratório pode desempenhar um importante papel na análise estrutural de painéis de CLT. O método de multi-escala também foi utilizado por Bitá et al. (2018) para investigar o comportamento estrutural de um edifício de CLT de doze andares submetido à remoção repentina de paredes de suporte internas e externas do pavimento térreo. Para o estudo do edifício nos níveis estrutural (global), componente (macro) e conexão (micro), utilizou-se o MEF por meio do software ANSYS.

Paredes e pisos executados em CLT foram desenvolvidos como elementos de casca de superfície em duas dimensões, com camadas diferentes para representar a configuração do painel e considerando o material ortotrópico. O micromodelo foi elaborado com o objetivo de verificar o comportamento da conexão e quantificar a rigidez rotacional do detalhamento. As conexões foram modeladas em 3 dimensões para avaliar a contribuição do número e diâmetro dos parafusos, seu comprimento de embutimento, bem como as dimensões dos suportes. O macro modelo foi construído em 2 dimensões usando a mesma suposição do modelo global.

Uma análise dinâmica não linear foi realizada em nível global para verificar o comportamento da estrutura sob as cargas extremas aplicadas. O estudo demonstra que os carregamentos aplicados e as deformações necessárias para desenvolver mecanismos de resistência são muito grandes para serem fornecidas pelo elemento proposto, se uma parede interna do piso térreo for removida.

Um modelo numérico empregando o MEF foi desenvolvido para verificar as propriedades dos painéis CLT fabricados no Uruguai, utilizando as espécies *Pinus taeda* e *Pinus elliotii* (BAÑO; GODOY; VEGA, 2016). Para a comparação, painéis de CLT foram fabricados em laboratório, os quais foram colados com adesivo isocianato. As bordas foram coladas com adesivo não estrutural. Destes painéis, foram retirados 4 corpos de prova que foram ensaiados a flexão em 4 pontos, até a ruptura.

Os resultados de MOE e MOR foram inseridos como dados de entrada para o modelo numérico, desenvolvido no *software* COMSOL *Multiphysics*. O adesivo foi modelado como um elemento individual entre camadas e os contatos entre as bordas das placas foram considerados livres. De acordo com os autores, quando comparados aos resultados experimentais, os valores numéricos apresentaram uma boa concordância. Além disso, os modelos desenvolvidos podem ser aplicados a outras configurações de camadas e espessuras de painéis de CLT.

O MEF foi utilizado no estudo sobre transferência de cargas próximas aos vãos existentes em painéis de CLT que funcionam como paredes (PAI; LAM; HAUKAAS, 2017). O *software* ANSYS foi utilizado para o desenvolvimento de dois modelos. O modelo A foi empregado para determinar o

comportamento de força-deformação e o modelo B foi usado para o estudo da torção na superfície colada entre os laminados dos painéis de CLT sob a ação de uma carga no plano. Os elementos utilizados na modelagem, como painéis, parafusos e cantoneiras, foram escolhidos na biblioteca do *software*.

No modelo A, o primeiro elemento considerado é o painel de CLT, que sofre deformação principalmente no plano sob a ação de uma carga lateral. O painel é composto por laminados alinhados ortogonalmente, que apresentam comportamento ortotrópico. Os conectores são modelados como elementos unidirecionais de comprimento zero com capacidade não linear. Outro componente a ser considerado para modelagem é o contato entre a parede e o piso. O contato pode ser modelado por meio de molas rígidas, que atuam somente quando submetidas a cargas de compressão. Para simular este comportamento, as molas de contato são modeladas como molas lineares somente de compressão, comprimento zero e com alta rigidez.

No modelo B, os elementos da viga também são considerados como um material ortotrópico. As superfícies coladas entre as pranchas são consideradas rígidas por natureza e são modeladas usando rigidez tridimensional de comprimento zero. Os autores afirmam que há uma boa concordância entre o modelo de elementos finitos e o modelo analítico. Entretanto, a modelagem de conectores precisa ser aprimorada e necessita de novos estudos.

No estudo do comportamento vibracional de estruturas executadas com painéis de CLT, Paolini et al. (2017) utilizaram elementos finitos hexaédricos. Para o desenvolvimento do modelo, três tipos de elementos caracterizados por diferentes comportamentos lineares do material foram considerados. Primeiramente, considerou-se as camadas dos elementos CLT e depois as conexões, sendo estas, entre os elementos CLT e entre parede e laje. Cada camada dos elementos CLT é representada por uma única camada de elementos finitos com material ortotrópico.

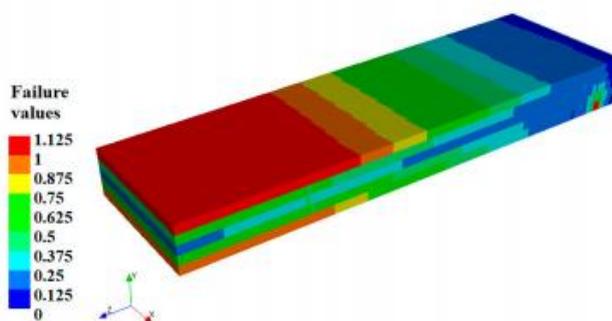
As conexões entre os elementos CLT são consideradas como elementos finitos que são dispostos em toda a espessura dos componentes. Estes elementos finitos são considerados ortotrópicos e a densidade é assumida igual à dos elementos CLT. Para as conexões entre parede e laje, consideram-se dois tipos representativos de elementos, um com um elastômero entre os componentes de CLT e o outro sem. Nestes casos, as conexões são consideradas como materiais isotrópicos.

As simulações numéricas foram comparadas às medições realizadas com o objetivo de validar o modelo e identificar valores de parâmetros adequados para representar as conexões. Observou-se que houve uma boa concordância entre simulações e medições, o que indica que as propriedades definidas para os materiais, a geometria e as condições de suporte da estrutura são adequadas. De acordo com os autores, a modelagem em MEF apresentada é adequada para prever o comportamento de vibração das estruturas de CLT estudadas.

O trabalho de Martinez-Martinez et al. (2018) utiliza o MEF para analisar o comportamento estrutural de vigas de CLT submetidas a esforços de flexão fora do plano. A modelagem numérica é desenvolvida no ANSYS e a viga é modelada como um material compósito composto por 5 camadas. O modelo foi representado com elementos sólidos de 8 nós, uma vez que cada uma das camadas era considerada um elemento espesso, em 3D. As propriedades mecânicas inseridas para representar a viga foram retiradas da literatura existente.

Para a simulação, supôs-se que as camadas estão perfeitamente unidas e as propriedades do material de cada camada são constantes ao longo da espessura. O regime não linear, considerando grandes deslocamentos, foi usado para simular o comportamento das vigas CLT (Figura 11). Os resultados numéricos foram comparados aos resultados dos ensaios realizados em laboratório. De acordo com Martinez-Martinez et al. (2018), o modelo em MEF apresentou resultados em concordância com os dados experimentais. Portanto, a modelagem é adequada para o estudo de critérios de ruptura para cada camada da viga de CLT.

Figura 11 - Distribuição de ruptura de uma viga de CLT de 5 camadas



Fonte: Martinez-Martinez et al., 2018.

O estudo desenvolvido por Li et al. (2020) analisou o comportamento a flexão de painéis de CLT fora do plano. Resultados experimentais foram comparados ao modelo numérico baseado no MEF. Os ensaios realizados em laboratório foram feitos com painéis de CLT executados com a espécie *Pinus Radiata*. Cada camada foi modelada individualmente com atribuição de propriedades do material usando coordenadas locais para contabilizar as variações na direção da grã.

A modelagem numérica foi feita no software ABAQUS, incluindo estágio elástico até atingir a ruptura. Os componentes da madeira foram modelados usando um bloco linear de 8 nós, e as vigas foram simuladas como blocos usando um elemento quadrático. A partir da simulação numérica, curvas força versus deflexão foram obtidas e comparadas aos resultados experimentais. Embora as curvas obtidas pelo MEF tenham sido ligeiramente subestimadas (4% em média), mostram uma concordância muito boa com as curvas testadas para carregamento máximo, bem como para rigidez inicial (LI et al.,

2020). Portanto, a modelagem desenvolvida pode descrever o comportamento dos painéis de CLT e pode ser aplicado em outros estudos sobre o assunto.

De acordo com Berg et al. (2019), painéis de CLT podem ser simulados com métodos numéricos unidimensionais e bidimensionais (2D) devido a rapidez e praticidade na obtenção de resultados. No entanto, painéis não colados nas bordas devem, preferencialmente, ser simulados em 3 dimensões (3D). As simplificações adotadas em modelos 2D produzem resultados que podem diferir significativamente dos cálculos 3D. O estudo tem como objetivo usar o MEF para modelar e comparar o deslocamento dos painéis CLT sob carregamento fora do plano com diferentes relações largura-altura das placas. E ao aplicar uma carga fora do plano, obter a deformação do painel para modelos 2D e 3D.

Quatro modelos de simulação diferentes foram desenvolvidos no *software* ABAQUS, dois modelos 2D e dois 3D. Os modelos eram simplesmente apoiados em duas e quatro bordas opostas. Além disso, considerou-se painéis com 3 e 5 camadas, orientadas, $0^\circ - 90^\circ - 0^\circ$ e $0^\circ - 90^\circ - 0^\circ - 90^\circ$, respectivamente. Em todos os casos, o material foi considerado ortotrópico e o regime, elástico.

Para a modelagem em 3D, foi aplicada uma condição de contato rígida e não deformável para as superfícies de contato coladas entre as camadas. A colagem de borda não foi considerada na modelagem do painel. Entretanto, duas variações foram adotadas, sem contato entre as bordas laterais das placas e com contato entre as bordas laterais. Já o modelo 2D não levou em consideração o efeito de painéis sem borda. Foi empregada geometria não linear e matriz assimétrica.

De acordo com os resultados obtidos, o uso de modelos numéricos 2D pode levar a resultados incorretos se a rigidez dos modelos não for ajustada para levar em consideração a largura da placa. Os resultados das simulações em 3D comprovaram que estes modelos podem ser usados para o estudo do comportamento de painéis de CLT sem colagem de borda.

5 CONCLUSÕES

Os painéis de CLT são uma tecnologia nova que vêm sendo utilizada em países europeus e na América do Norte, na construção de edifícios de 5 a 10 andares. O processo de fabricação é padronizado e a rapidez na montagem, o que garante produtividade e racionalização da construção civil. Além disso, este tipo de método construtivo possui aspectos ambientais consideráveis, já que utiliza madeira de reflorestamento de menor valor agregado. O processo de fabricação e instalação apresenta baixa geração de resíduos.

O material possui alta relação resistência-peso da madeira, permitindo que estruturas mais leves sejam construídas. Essa característica garante economia na preparação do local e nos custos de fundação. Tendo em vista a orientação alternada da grã, a estrutura laminar e a capacidade de suportar

cargas dentro e fora do plano, os painéis de CLT podem ser utilizados como elementos de paredes e lajes.

Para projetar tais elementos, é necessário o estudo dos painéis e de suas conexões. Embora existam métodos analíticos, a modelagem numérica pode ter um papel importante na previsão do comportamento estrutural dos painéis de CLT. Neste contexto, a aplicação de análise numérica por meio do MEF é um grande aliado.

As pesquisas que utilizam a modelagem em MEF para a verificação do comportamento mecânico de painéis de CLT indicam que há uma boa aproximação entre a análise numérica e os resultados experimentais. Os estudos mostram que a modelagem em multi-escala pode apresentar resultados bastante precisos tendo em vista seu nível de detalhamento, inclusive em estágio ultracelular. Deve-se considerar ainda, a possibilidade de utilização de modelos numéricos em 3 dimensões, os quais, segundo os estudos podem representar a estrutura com maior precisão.

De forma geral, a inserção de propriedades da madeira de acordo com a espécie a ser empregada no painel, a definição dos elementos, como lâminas e conectores, a correta utilização da biblioteca dos *softwares* e a discretização eficiente da malha podem garantir que a análise numérica represente o comportamento real da estrutura. Além disso, a validação dos modelos numéricos quando comparados aos estudos experimentais permitem que esses sejam empregados em outras análises com a possibilidade de alteração dos dados de entrada.

Dessa forma, é possível afirmar que a aplicação da modelagem numérica utilizando o MEF apresenta-se como uma ferramenta eficiente e capaz de prever o comportamento estrutural de elementos em CLT, sujeitos a esforços dentro e fora do plano.

REFERÊNCIAS

- Alves filho, a. Elementos finitos: a base da tecnologia cae. 6. Ed. São paulo: érica, 2018.
- Amorim, s. T. A.; mantilla, j. N. R.; carrasco, e. V. M. Análise dos métodos analíticos de dimensionamento de lajes de madeira lamelada colada cruzada. In: congresso latinoamericano de estruturas de madeira, 2, 2017, buenos aires, anales ... Buenos aires: universidade nacional noroeste, 2017. P. 1-7.
- Azevedo, a. F. M. Método dos elementos finitos. Portugal: faculdade de engenharia da universidade do porto, 2003. 258 p.
- Baño, vanesa; godoy, daniel; vega, abel. Experimental and numerical evaluation of cross-laminated timber (clt) panels produced with pine timber from thinnings in uruguay. In: world conference on timber engineering, wien, austria. 2016. P. 8.
- Berg, sven et al. Finite element analysis of bending stiffness for cross-laminated timber with varying board width. Wood material science & engineering, v. 14, n. 6, p. 392-403, 2019.
- Bitá, h. M.; currie, n.; tannert, t. Disproportionate collapse analysis of mid-rise cross-laminated timber buildings. Structure and infrastructure engineering, v. 14, n. 11, p. 1547-1560, 2018.
- Brandner, r. Et al. Production and technology of cross laminated timber (clt): a state-of-the-art report. In: focus solid timber solutions-european conference on cross laminated timber (clt). University of bath, 2013. P. 3-36.
- Brandner, r. Et al. Cross laminated timber (clt): overview and development. European journal of wood and wood products, v. 74, n. 3, p. 331-351, 2016.
- Calil neto, c.; molina, j. C.; calil junior, c; rocco lahr, f. A. Modelagem numérica do comportamento de ligações com parafusos autoatarraxantes em x em corpos de prova de mlc com madeiras do tipo eucalipto urograndis. Matéria (rio de janeiro), v. 22, n. 1, 2017. [Http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0121](http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620170001.0121).
- Carreira, m. R.; dias, a. A. Visual grading of softwoods: analysis of application of the north american method to pinus sp. Species planted in brazil. Scientia forestalis, n. 67, p. 78-87, 2005.
- Castro, e. C.; souza, f. T.; sarmanho, a. M. C. Análise numérica de ligação parafusada semirrígida em perfis formados a frio. For science, v. 7, n. 2, 2019. [Https://doi.org/10.29069/forscience.2019v7n2.e652](https://doi.org/10.29069/forscience.2019v7n2.e652).
- Chiromito, e.m.s.; et al. Propriedades mecânicas de painéis produzidos com lascas de madeira de três diferentes comprimentos. Scientia forestalis, v.44, n.109. 2016.
- Costa, a. A. P. Construção de edifícios com cross laminated timber (clt). 2013. 109 p. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – faculdade de engenharia, universidade do porto, porto, 2013.
- Crosslam. Residência valinhos. 2020 disponível em: <http://www.crosslam.com.br/home/?q=content/resid%c3%aaancia-valinhos>. Acesso em: 16 out. 2020.

Ecker, t. W. P.; miotto, j. L.; turmina, g. Painéis de madeira lamelada colada cruzada para lajes: avaliação experimental mecânica sob diferentes níveis de consumo de adesivo. *Ciência & engenharia*, v. 26, n. 1, p. 17-25, 2017.

Flores, ei saavedra et al. Analysis of cross-laminated timber by computational homogenisation and experimental validation. *Composite structures*, v. 121, p. 386-394, 2015.

Guindos, p.; polocoser, t. Numerical calculations of the influence of the slope of grain on the effect of knots. *Europe journal wood and wood products*, v. 73, p.

Karacabeyli, e.; douglas, b. *Clt handbook: cross-laminated timber*. Us edition, 2013. Isbn 978-0-86488-553-1

Justo, r. A. E. G. Comparação do desempenho e de funcionamento de programas comerciais (ansys e sap2000) focado à análise sísmica. 2001. 85f. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – universidade nova de lisboa/ faculdade de ciências e tecnologia, lisboa, 2001.

Kandler, georg et al. Stochastic engineering framework for timber structural elements and its application to glued laminated timber beams. *Construction and building materials*, v. 190, p. 573-592, 2018.

Klh uk. Norwich open academy. Portfolio: education. Disponível em: <http://www.klhuk.com/portfolio/education/open-academy,-norwich.aspx>. Acesso em: 15 out. 2020.

Kunz, m.; silva, c. C. A.; silva, j. L. Estruturas em madeira: uso do sistema gridshell para cobertura de picadeiro para centro de terapias alternativas. *Seminário internacional de construções sustentáveis imed*, porto alegre, 2016.

Li, h. Et al. Cross-laminated timber (clt) in china: a state-of-the-art. *Journal of bioresources and bioproducts*, v. 4, n. 1, p. 22-31, 2019.

Li, m. Et al. Bending strength predictions of cross-laminated timber plates subjected to concentrated loading using 3d finite-element-based limit analysis approaches. *Composite structures*, v. 220, p. 912-925, 2019.

Li, x. Et al. Experimental and numerical study on bending properties of heterogeneous lamella layups in cross laminated timber using australian radiata pine. *Construction and building materials*, v. 247, p. 118525, 2020.

Liao, y. Et al. Feasibility of manufacturing cross-laminated timber using fast-grown small diameter eucalyptus lumbers. *Construction and building materials*, v. 132, p. 508-515, 2017.

Madenci, e.; guven, i. *The finite element method and applications in engineering using ansys®*. Springer, 2015.

Mallo, m. F. L.; espinoza, o. Awareness, perceptions and willingness to adopt cross-laminated timber by the architecture community in the united states. *Journal of cleaner production*, v. 94, p. 198-210, 2015.

Martínez-martínez, juan enrique et al. Finite element analysis of composite laminated timber (clt). In: *multidisciplinary digital publishing institute proceedings*. 2018. P. 1454.

Miller, s. A.; horvath, a.; monteiro, p. J. M. Readily implementable techniques can cut annual co2 emissions from the production of concrete by over 20%. *Environmental research letters*, v. 11, n. 7, p. 074029, 2016.

Montanaro, a. Pallister, s. Quantum algorithms and the finite element method. *Physics subject headings*, v. 93, n. 3, 2016. <https://doi.org/10.1103/physreva.93.032324>.

Oliveira, g. L. Cross laminated timber (clt) no brasil: processo construtivo e desempenho. *Recomendações para o processo do projeto arquitetônico*. 2018. Tese de doutorado. Universidade de são paulo.

Oliveira, j. T. S.; paes, j. B.; vidaurre, g. B. Resistência biológica da madeira de espécies de eucalipto ao ataque de cupim de madeira seca. *Scientia forestalis*, v. 45, n. 113, p. 145-150, 2017.

Opensees. Opensees copyright @ 1999 the regents of the university of california. Disponível em: <https://opensees.berkeley.edu/index.php>. Acesso em: 23 out. 2020.

Pai, s. G. S.; lam, f.; haukaas, t. Force transfer around openings in cross-laminated timber shear walls. *Journal of structural engineering*, v. 143, n. 4, p. 04016215, 2017.

Paolini, alexander et al. A high-order finite element model for vibration analysis of cross-laminated timber assemblies. *Building acoustics*, v. 24, n. 3, p. 135-158, 2017.

Panels & furniture. Taiwan unveils first clt buildings. 2016. Disponível em: <https://www.panelsfurnitureasia.com/en/news-archive/taiwan-unveils-first-clt-building/70>. Acesso em: 16 out. 2020.

Pereira, m. C. M. Metodologia para estudo da caracterização estrutural de painéis de madeira lamelada colada cruzada. 2014. Tese de doutorado. Universidade de são paulo.

Pereira, m. C. M.; calil junior, c. Strength and stiffness of cross laminated timber (clt) panels produced with pinus and eucalyptus: experimental and analytical comparisons. *Matéria (rio de janeiro)*, v. 24, n. 4, 2019.

Ramage, michael h. Et al. The wood from the trees: the use of timber in construction. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 68, p. 333-359, 2017.

Rao, s. S. The finite element method in engineering. 6th ed. New jersey: john wiley & sons, 2018. 759p.

Schneider, j. Et al. Assessment and comparison of experimental and numerical model studies of cross-laminated timber mechanical connections under cyclic loading. *Construction and building materials*, v. 77, p. 197-212, 2015.

Stark, n. M.; cai, z.; carll, c. Wood-based composite materials: panel products, glued-laminated timber, structural composite lumber, and wood-nonwood composite materials. In: *wood handbook: wood as an engineering material*. Madison: u. S. Department of agriculture, forest service, forest products laboratory, 2010. Chapter. 11, p. 11.1-11.28. (fpl-gtr-190).

Sun, x.; he, m.; li, z. Novel engineered wood and bamboo composites for structural applications: state-of-art of manufacturing technology and mechanical performance evaluation. *Construction and building materials*, v. 249, p. 118751, 2020.

Tankut, n.; tankut, a. N.; zor, m. Finite element analysis of wood materials, *drvna industrija: znanstveni časopis za pitanja drvne tehnologije*, v. 65, n. 2, p. 159-171, 2014.

Uzel, m. Et al. Experimental investigation of flexural behavior of glulam beams reinforced with different bonding surface materials. *Construction and building materials*, v. 158, p. 149-163, 2018.

Véras, I. C. L. Modelos de elementos finitos e técnica de homogeneização aplicados à análise confiabilística de domínios bidimensionais reforçados. 2018. 70f. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – universidade federal de alagoas, maceió, 2018.

Yeh, borjen et al. The cross-laminated timber standard in north america. *World*, v. 15, n. 19, p. 31-40, 2012.

Zangiácomo, a. L.; balanco, g. G.; crhistoforo, a. L.; lahr, f. A. R. Glued laminated timber produced with tropical brazilian wood species. *Journal of applied science and technology*, v. 23, p. 1-12, 2017.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-041>

Gilberto Claudino da Silva Júnior

Doutorando em Ciências da Religião pela Faculdade Unida de Vitória; Mestre em Administração pela Universidade Regional de Blumenau; Bacharel em Teologia pela Faculdade de Teologia Integrada; Licenciado em Pedagogia pela Faculdade Alvorada Paulista.

Karla Luzia Alvares dos Prazeres

Doutoranda em Direito pela Universidade Estácio de Sá; Mestra em Direito pela Faculdade Damas da Instrução Crista; Bacharela em Teologia pela Faculdade de Teologia Integrada; Licenciada em Pedagogia pela Faculdade Jose Lacerda Filho de Ciências Aplicada; Bacharela em Direito pela Faculdades Integradas Barros Melo.

Paulo Joviniano Alvares dos Prazeres

Doutor em Direito pela Universidade Católica de Pernambuco; Mestre em Direito pela Faculdade Damas da Instrução Crista; Mestre em Ciências da Religião pela Faculdade Unida de Vitória; Bacharel em Teologia pela Faculdade de Teologia Integrada; Licenciado em Filosofia pela Faculdade entre Rios do Piauí; Licenciado em Pedagogia pela Faculdade Alfamerica; Bacharel em Direito pela Universidade Católica de Pernambuco.

Rita de Kássia Leopoldo Claudino da Silva

Mestranda em Ciências da Religião pela Faculdade Unida de Vitória; Bacharela em Teologia pela Faculdade de Teologia Integrada; Licenciada em Pedagogia pela Faculdade Alvorada Paulista.

RESUMO

O presente artigo descreve a utilização das Novas Tecnologias da Informação e Comunicação como ferramentas de evangelização para a Igreja Católica. Analisa as mudanças na comunicação e na visão da Igreja Católica sobre os meios digitais para adaptar sua mensagem à cibercultura. Portanto, tem como objetivo apresentar o uso das novas tecnologias, pela religião católica, como uma possibilidade à serviço da formação dos alunos. Nesse sentido, a evangelização, por sua vez, por estar também interligada nesse cenário, não deve ser vista como um processo estagnado, alheia a isso, ou como sendo um projeto ideológico à parte. Ela não só faz parte como pode apresentar à educação, caminhos de seguir aliada num projeto maior de formação dos sujeitos. Isto posto, considerando todo esse cenário contextual, por que não utilizarmos as novas tecnologias na Igreja Católica de uma maneira mais efetiva para a evangelização? Na fundamentação teórica deste artigo, autores, como: Barros e D'Ambrosio (1998), Moran (2010), Masseto (2007), Spadaro (2012), dentre outros, foram utilizados, dando a este trabalho acadêmico seu caráter de cientificidade. O resultado deste artigo científico deixa evidente que existe uma pré-disposição da Igreja em conhecer e utilizar as novas tecnologias em sala de aula. Esta migração da comunicação tradicional na Igreja para com o uso das novas tecnologias pelos seus membros ainda se posiciona no seu estágio inicial. Todavia, trata-se um processo reconhecidamente irreversível.

Palavras-chave: Novas Tecnologias, Igreja Católica, Evangelização.

1 INTRODUÇÃO

Torna-se redundante, nos dias atuais, pensar o quanto a tecnologia favorece o processo educacional em todos os seus níveis de aprendizagem, desde a educação básica até a formação acadêmica. Isto, em função da familiaridade que todos, no cotidiano, convivem com tal fenômeno recente. O acesso a ela permite que as pessoas ampliem seus conceitos e estreitem sua relação física e virtual.

Nesse sentido, o que se aprende em sala de aula, com especificidades de determinado assunto, pode facilmente ser estudado num âmbito maior, nas quais se fazem notar outros aspectos ou variáveis

desse mesmo assunto. Isso quer dizer que a tecnologia passa a ser uma extensão da sala de aula na busca por mais conhecimento, já que podem ser propostos novos modos de aprender e ensinar.

Podemos, então, tentar a síntese dos dois modos de comunicação: o presencial e o virtual, valorizando o melhor de cada um deles. Estar junto fisicamente é importante em determinados momentos fortes: conhecer-nos, criar elos de confiança, afeto, aprendizagem com o outro através do que tocamos, pelos sentidos. Por outro lado, conectados, podemos realizar trocas mais rápidas, cômodas e práticas.

É nesta perspectiva que Moran (2010) compreende que a comunicação virtual nos possibilita interações inúmeras, indicadas por ele como oportunidade de ser realizada interação espaço temporais livres, adaptando-se a ritmos de aprendizagens diferentes, com maior liberdade de expressão por parte dos alunos.

Hoje se reconhece que a ciência e a tecnologia se viabilizam por meio de um processo de construção do conhecimento e que esse processo flui na esfera da comunicação. Isto não é diferente quando consideramos a instituição Igreja Católica, aqui retratada neste trabalho. Juntas, Igreja e novas tecnologias vieram facilitar a comunicação e a comunhão entre as pessoas, anseios profundos que sempre existiram no coração humano e que agora estão sendo colocadas a serviço de aprendizagens mais significativas.

Nesse contexto, a evangelização, por sua vez, por estar também interligada nesse cenário, não deve ser vista como um processo estagnado, alheia a isso, ou como sendo um projeto ideológico à parte. Ela não só faz parte, como pode apresentar à educação caminhos para seguir aliada num projeto maior de formação dos sujeitos.

Dessa maneira, a religião e a sociedade da informação são caracterizadas pelas variadas formas que se obtém informação em uma velocidade imensa, de maneira multimídia, fazendo leituras de links e criando significações. A informação, dessa maneira, se torna conhecimento quando se torna produtiva, integrada em uma visão ética e pessoal, transformando-a em sabedoria.

1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

As comunicações que se realizam na Igreja e pela Igreja consistem principalmente no anúncio da Boa Nova de Jesus Cristo. É a proclamação do Evangelho como palavra profética e libertadora, dirigida aos homens e às mulheres do nosso tempo; é o testemunho prestado, em face de uma secularização radical, à verdade divina e ao destino transcendente da pessoa humana. É, perante os conflitos e as divisões, a tomada de posição pela justiça, à serviço da comunhão entre os povos, às nações e culturas; uma vez que o anúncio da Boa Nova às pessoas formadas por uma cultura de massa, se exige uma cuidadosa atenção às características singulares dos próprios meios de comunicação.

Atualmente a Igreja precisa compreender o uso das novas tecnologias. Isto é necessário a fim de que ela possa comunicar-se eficazmente com os indivíduos — de modo especial com os jovens — que se encontram mergulhados na experiência desta nova tecnologia, como por exemplo, a Internet e, também, em ordem a fazer bom uso da mesma.

Nessa perspectiva, as novas tecnologias oferecem importantes benefícios e vantagens, sob uma perspectiva religiosa, pois transmitam notícias e informações acerca de eventos, ideias e personalidades religiosas: servem como veículo para a evangelização e a catequese. Diariamente, sejam por que instrumento for: internet, tablets, celulares, oferecem inspiração, encorajamento e oportunidades de culto a pessoas confinadas na própria casa ou em instituições. Contudo, para além e acima disto, existem também alguns benefícios mais ou menos peculiares.

Hoje em dia, qualquer cidadão consegue ter um acesso direto e imediato a importantes recursos religiosos e espirituais — livrarias grandiosas, museus e lugares de culto, os documentos do ensinamento do Magistério, os escritos dos Padres e dos Doutores da Igreja, assim como a sabedoria religiosa de todos os tempos. Estas ferramentas de comunicação de massa têm a impressionante capacidade de ultrapassar a distância e o isolamento, levando os indivíduos a entrarem em contato com as pessoas de boa vontade que nutrem os mesmos interesses e que participam nas virtuais comunidades de fé para se encorajarem e auxiliarem umas às outras. Mediante a seleção e a transmissão de dados úteis, através deste meio de comunicação, a Igreja pode prestar um importante serviço tanto aos católicos como aos não católicos.

Isto posto, considerando todo esse cenário contextual, por que não utilizarmos as novas tecnologias na Igreja Católica de uma maneira mais efetiva para a evangelização?

Com efeito, essa foi a questão norteadora do estudo, no qual definiu-se como objetivo geral investigar, pela via da pesquisa bibliográfica e virtual, as possibilidades de uso das novas tecnologias, pela religião católica, como uma possibilidade à serviço da formação dos alunos.

Como objetivos específicos, procuramos levantar ideias em torno da evangelização através das novas tecnologias educacionais e da percepção sobre a importância das tecnologias recentes e o seu uso em prol da evangelização católica.

Nosso entendimento é o de que, dentre as condições inerentes ao uso das novas tecnologias pela Igreja Católica, pode-se criar condições de aprendizagens para o Ensino Religioso através das novas mídias educativas;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Primeiramente iremos descrever aspectos fundamentais da Cibercultura. Para isso, vamos contextualizar o tempo presente. Como Neutzling (2008) percebeu, vivemos um período de grande

transformação tanto socioeconômica quanto ético- cultural. Presenciamos não apenas uma época de mudanças, mas também uma mudança de época. Lipovetsky (2004) a denominou hipermodernidade.

A revolução técnico-científica que nós experimentamos é comparada por Neutzling (2008) com a revolução neolítica que se deu há doze mil anos. Pondera também que a inteligência não está em pane, mas em retardo: ela não consegue acompanhar o ritmo das mudanças. As principais disciplinas do saber, da sociologia, filosofia até as ciências da religião, não tem tido tempo, se assim podemos falar, de forjar os conceitos que nos permitam teorizar essas mudanças.

Esse pensamento é compartilhado por Lipovetsky (2004) que reafirma o papel indispensável dos intelectuais como mantenedores e descobridores obstinados de sentido.

Nesse cenário, a Cibercultura é a expressão de aspiração de construção de um laço social, que não seria fundado nem sobre links territoriais, nem sobre relações institucionais, nem sobre as relações de poder, mas sobre a reunião em torno de centros de interesses comuns.

As relações face a face, em parte, foram sendo substituídas por interações mediadas pelas tecnologias midiáticas. Com isso, a sociedade atual investe massivamente nas interações à distância. O agir a distância passa a ter prioridade em uma lógica em que o tempo conta mais que o espaço.

Segundo Neutzling (2008), o triunfo do numérico, da Internet, do ciberespaço, faz emergir um “sexto continente”, cuja particularidade é a sua desterritorialização. Na verdade, não seria outro continente, mas um espaço fluído, uma nuvem que cobre toda a terra, onde o nativo deste ambiente virtual não está em nenhuma parte e, ao mesmo tempo, está em toda parte. Conforme Reyes (2004), nessa lógica de tempo, a ausência do que está distante ganha presença imediata pelas transmissões eletrônicas. É uma espécie de supremacia da presença do ausente. Ou seja, aquilo que antes era longínquo e estava apartado fisicamente, agora se faz presente por representação em imagem.

Reyes (2004) observa que o próprio conceito e dinâmica da cidade se modificam. Se há a possibilidade de ver e se comunicar com o outro sem precisar se deslocar e realizar muitas atividades pela internet, como compras e serviços bancários, então, Reyes (2004) levanta a hipótese de que estamos iniciando um processo de imobilização absoluta com o crescente redesenho do universo doméstico. A antiga necessidade de deslocamentos na cidade foi superada pela comodidade de um habitar sem deslocamento.

O contrário é o conceito cristão de pessoa humana que define o homem como “ser-para-o-outro”, significando que a felicidade humana está em doar-se ao seu semelhante. O outro no Evangelho é o teu próximo: “Ama teu próximo como a ti mesmo”. Dessa forma, a mensagem evangélica segue a direção contrária do individualismo em vigor.

Por outro viés, o comportamento atual é oriundo da midiatização da sociedade. Existe um afastamento dos seres humanos entre si para se reencontrarem como imagem. Lipovetsky (2004)

afirma que a mídia contribuiu profundamente para a expansão da lógica individualista e, dessa formação midiática, surge um novo tipo de ser humano, o homo midiaticus.

Ao sacralizar o direito à autonomia individual, promover uma cultura relacional, celebrar o amor ao corpo, os prazeres e a felicidade privada, a mídia tem sido agente de dissolução da força das tradições e das antigas divisões estanques de classe, das morais rigoristas e das grandes ideologias políticas.

Os discursos ideológicos, da mesma maneira que os objetos e a cultura de massa foram superados pela lógica da moda, mesmo que tenham sempre funcionado segundo a lógica da transcendência e da perenidade e no culto ao sacrifício e à dedicação. [...] A fé foi substituída pela paixão; a intransigência do discurso sistemático, pela frivolidade do sentido; o extremismo, pela descontração.

Em relação à participação da Igreja Católica nesse processo, Spadaro (2012), discute sobre o cristianismo no tempo da rede, as influências dos programas de busca, redes sociais e toda esta tecnologia afirmando não serem mais apenas instrumentos externos para simplificar a comunicação e a relação com o mundo. Para o autor as recentes tecnologias não são mais ferramentas, isto é, instrumentos completamente externos ao nosso corpo e nossa mente. A rede não é um instrumento, mas um ambiente no qual vivemos.

Pesquisas informam que o número de aparelhos celulares superou o número de habitantes no planeta. Qualquer aparelho celular hoje em dia possui acesso à internet, sendo assim, ao estarmos com um aparelho ligado no bolso estamos sempre conectados.

Preocupado com estas mudanças o Papa Bento XVI, no Pontifício Conselho das Comunicações Sociais de 2011 afirmou que não se trata somente de exprimir a mensagem evangélica na linguagem atual. É o esforço para ajudar todos que são responsáveis pela Igreja a serem capazes de entender, interpretar e falar a “nova linguagem” das mídias na função pastoral. Se as novas linguagens possuem um impacto sobre o modo de pensar e de viver, a cultura digital traz novos desafios para nossa capacidade de falar e escutar uma linguagem simbólica que trata da transcendência.

Atualmente, a Igreja se faz presente nas redes sociais e em toda a Internet. Podemos encontrar hoje ao navegar pela rede, bíblias online, formações em forma de vídeo aulas, jogos educativos e religiosos. Nasce, portanto, uma espécie de paróquia virtual para atender esta população de internautas, tendo, assim, uma visão espiritual da rede, sendo esta também uma conexão da humanidade com Cristo. Segundo Spadaro (2012) o próprio Papa Bento VI ao criar sua conta no Twitter, conecta-se a milhões de fiéis - ele que é o representante de Deus na terra.

3 O COMPUTADOR COMO RECURSO DA EVANGELIZAÇÃO

O computador é uma reunião de circuitos eletrônicos que, sob o controle de programas previamente elaborados, é capaz de receber, processar e armazenar dados.

Processar dados é efetuar sobre eles uma operação com o objetivo de obter novos dados. Armazenar dados é conservá-los durante um tempo suficientemente longo para torná-los utilizáveis. Assim, o computador é um aparelho eletrônico que recebe dados, processa-os logicamente e fornece o resultado dessas operações.

Para desenvolver o seu trabalho diário, seja nas formações, ou em s o professor dispunha, até pouco tempo atrás, de alguns recursos didáticos como o quadro de giz e outros meios audiovisuais. Já se pensava na utilização de computadores como meios auxiliares do processo de aprendizagem. Mas isso, na prática, parecia um sonho, uma cena de ficção científica.

Hoje em dia, o uso de computadores no processo pedagógico já é realidade e uma conquista de todos os espaços educativos e religiosos. Seu emprego não se limita mais a alguns locais privilegiados, pois pode ser encontrado tanto em escolas, como em algumas igrejas.

Assim como o livro, o vídeo e o filme, o computador não é usado apenas para motivar as pessoas e fazê-las participar mais ativamente de sua atividade em questão. Como os outros recursos, ele é um instrumento de comunicação de dados. Livro, vídeo, fotografia, computadores e outros são formas de comunicar conhecimentos e, como tais, interessam à educação, bem como a religião em seus espaços formativos.

No entanto, o computador apresenta uma nova forma de comunicar o conhecimento: ele recebe dados do usuário, analisa-os e, em troca, fornece novos elementos como resposta, de acordo com a necessidade de seu interlocutor. Assim, ele interage com o sujeito. Desenvolve-se então uma espécie de diálogo entre o homem e a máquina: o aprendente e o computador tornam-se interlocutores um do outro.

O computador trabalha realizando um processo de troca: recebe e transmite dados que, interpretados em função de uma necessidade, se transformam em informação. É um instrumento ativo e dinâmico, que fornece feedback, permitindo ao educando tentar novas alternativas e testar suas hipóteses.

No entanto, o computador não substitui o professor, nem o padre, tampouco o líder de pastoral. É apenas mais um recurso de que este se utiliza para atingir os objetivos educacionais propostos e melhorar a qualidade do ensino.

O uso do computador na educação tem sido alvo de debates e questionamentos. Na verdade, o que se discute não é o instrumento em si, mas a maneira de empregá-lo, que depende de uma concepção

filosófica e de uma teoria de aprendizagem. De acordo com a concepção de educação adotada, o computador assumirá um determinado papel na relação entre o aluno, o conhecimento e o professor.

Um dos aspectos que tem sido objeto de discussão é a relação entre a Informática e a Educação. Ao analisar essa relação, Barros e D'Ambrosio (1998) afirmam que esta questão tem dupla face: de um lado, é preciso educar para a sociedade informatizada, a fim de minimizar os custos sociais de uma readaptação tão profunda; por outro lado, é preciso utilizar a Informática para educar, pois isto é condição necessária, em médio prazo, para uma redução significativa dos custos da educação. Sem tal redução será impossível uma real democratização das oportunidades educacionais, a qual se constitui, por si só, na única forma de tornar irreversível o próprio processo democrático.

Na opinião desses autores, cabe ao sistema educacional educar para e pela Informática. Educar para a Informática significa preparar o educando/cidadão para saber usar essa tecnologia e ter condições de interpretar seus efeitos sociais. Nessa perspectiva, a escola tem por função ajudar a preparar o educando para exercer a cidadania na sociedade. Por isso, cabe também a ela dar condições para que os alunos aprendam a usar, a se servir dos novos recursos tecnológicos e a analisar o impacto desses recursos sobre a sociedade.

Educar pela Informática consiste em usar essa tecnologia como um recurso auxiliar no processo ensino-aprendizagem. Esse é outro ponto que tem sido amplamente discutido: de que forma utilizar o computador como recurso auxiliar da aprendizagem?

Portanto, quanto ao uso do computador na educação, podemos perceber que a preocupação de quem faz uso do computador em prol de um conhecimento não deve ser apenas com a aprendizagem da Informática. Sua tônica deve recair principalmente sobre a aprendizagem pela Informática. Pois é pelo uso do computador que o educando experimenta e verifica as formas de pensamento, num contexto de resolução de problemas e de comunicação, bem como desenvolve processos que ele pode transpor para outras disciplinas. O aluno deve ter a possibilidade de manipular o computador como um suporte para as suas descobertas.

Na Igreja, por exemplo, o computador deve ser usado não como um substituto de um coordenador de Crisma, mas como mais um recurso auxiliar de que ele dispõe para facilitar o desenvolvimento do trabalho pastoral. O computador não deve ser encarado também como uma panaceia, isto é, como um remédio para todos os problemas. É apenas mais uma alternativa que se apresenta e cuja contribuição para o processo pedagógico exige, da parte do educador, uma análise crítica, em função das concepções e dos objetivos do que se ensina.

O computador pode ser utilizado de várias formas e para diversos fins. De acordo com a concepção do objetivo adotado. Pode ser usado também para desenvolver as estruturas de pensamento

ou para transmitir conhecimentos. Pode se usado para evangelizar. Sendo apenas mais um recurso pedagógico, seu uso na vai depender da concepção e objetivos de quem faz uso.

Podemos verificar, portanto, que o emprego do computador no processo pedagógico, assim como o uso de qualquer tecnologia, exige do educador/evangelizador uma reflexão crítica. Refletir criticamente sobre o valor pedagógico da Informática significa também refletir sobre as transformações da sociedade, do bem estar do ser humano cristão.

Conhecer é compreender as dimensões da realidade, saber e absorver informações. Esta dar-se de várias formas sendo a mais habitual o processo lógico-sequencial; este se expressa em linguagem falada e escrita, sendo o sentido construído aos poucos em sequências concatenadas.

As novas tecnologias da informação e da comunicação são grandes colaboradoras no processo de aprendizagem e da fé cristã. O surgimento da informática e da telemática proporcionou a oportunidade de entrar em contato com as mais recentes informações, pesquisas e produções científicas do mundo em todas as áreas. Tais tecnologias inovaram o ensino técnico e superior através da EAD (Educação a Distância).

Para a construção do conhecimento em uma sociedade interconectada, é necessário compreender as dimensões de sua realidade, captando-a e expressando-a de forma cada vez mais ampla e integral, gerando assim uma nova forma de raciocinar, de pensar e organizar, de propagar os ensinamentos cristãos.

Outra forma é a hiper-textual, relata situações que se interlaçam, ampliam-se obtendo significados novos, importantes e inesperados. Hoje, as informações são processadas de forma multimídia. O que proporciona uma leitura rápida com significados provisórios gerando uma interpretação rápida para o todo. O processo multimídico possui uma construção do conhecimento mais livre, passando pelo sensorial, emocional e pelo racional.

Com a sociedade cada vez mais interconectada, o processo multimídico é cada vez mais utilizado. Sendo a segunda opção mais utilizada o processo hipertextual.

Os nativos digitais, as crianças e jovens de hoje tem mais facilidades com estes processos, pois lidam com o material digital, podendo este ser linkado e reaproveitado. Este fato gera alguns problemas tanto na educação como na religião. O primeiro é tornar o material impresso obsoleto, e em segundo, os professores e os líderes religiosos em sua maioria ainda não são nativos digitais o que gera uma dificuldade e uma resistência na utilização destes processos.

Segundo Masseto (2007),

Por novas tecnologias em educação, estamos entendendo o uso da informática, do computador, da internet, do CD-ROM, da hipermídia, da multimídia, de ferramentas para educação a distância – como chats, grupos ou listas de discussão, correio eletrônico etc. – e de outros recursos e linguagens digitais de que atualmente dispomos e que podem colaborar

significativamente para tornar o processo de educação mais eficiente e mais feliz. (MASETTO, 2007, p. 152)

As NTICs, como são chamadas tais tecnologias, vem para otimizar o processo de aprendizagem e não substituí-lo, elas sozinhas não resolvem os problemas na educação, porém se utilizadas adequadamente colaboram para as soluções dos mesmos.

Cabe ao professor transmitir conhecimentos e experiências ao aluno. Este se deve colocar como aprendiz, produzindo reflexões e conhecimentos próprios, pesquisas, debates, diálogos e mudanças de comportamentos. O aprendiz cresce e desenvolve-se, o professor é o mediador entre aluno e sua aprendizagem.

Sobre tal entendimento, (Masetto, 2010, p. 137) afirma que,

As novas tecnologias exploram o uso de imagem, som e movimento simultaneamente, a máxima velocidade no atendimento às nossas demandas e o trabalho com as informações dos acontecimentos em tempo real. Colocam professores e alunos trabalhando e aprendendo a distância, dialogando, discutindo, pesquisando, perguntando, respondendo, comunicando informações por meio de recursos que permitem a esses interlocutores, vivendo nos mais longínquos lugares, encontrarem-se e enriquecerem-se com contatos mútuos.

As NTICs aplicadas na educação tornam a aprendizagem mais eficaz, dinamizando as aulas presenciais dando sentido ao estudo de alguns estudos dando exemplos práticos e incentivando a curiosidade em assuntos que normalmente não despertavam interesse dos alunos. No ensino a distância, revolucionou o método da EAD, tornando possível um feedback entre aluno e professor dando características presenciais no ensino a distância.

Na educação presencial quanto na virtual não se deve limitar-se a utilizar apenas uma tecnologia, mas sim combinar um conjunto delas, isto porque a aprendizagem se dá por três meios básicos, visual, áudio e audiovisual. Cada pessoa tem facilidade de captar informações por um desses meios, utilizando recursos que atinjam estes meios, otimizamos a aprendizagem de um todo.

Nesse sentido, o professor que trabalha com a informática na educação e na religião, deverá desenvolver uma mediação pedagógica que promova o pensamento do aluno-cristão: seus projetos, que compartilhe seus problemas sem apontar soluções, ajudando o aprendiz a entender, analisar, testar e corrigir erros.

4 APLICANDO AS NOVAS TECNOLOGIAS DA COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO NA RELIGIÃO

Com o passar dos anos a sociedade se modifica, nascem novas formas de pensar e agir. Na educação e na religião também não são diferentes, tendo estas, modificar a forma de ensinar e de evangelizar, pois tanto a educação como a religião precisam acompanhar a sociedade. Esta que se

atualiza frequentemente. As novas tecnologias da comunicação e informação (NTIC) influenciam diretamente a sociedade, sendo esta considerada interconectada.

As novas tecnologias da comunicação e informação estão cada vez mais presentes no dia a dia das pessoas, hoje em dia, um simples celular ligado conecta seu usuário a internet e as redes sociais. Tal fenômeno obriga de certa forma a educação e a religião a acompanhar esta inovação. Na educação, as escolas e os professores precisam acompanhar o ritmo dos alunos, informatizando salas de aulas e utilizando recursos midiáticos. Na religião não é diferente, a Igreja precisa fazer uso destas tecnologias, pois os jovens já nascem com as novas tecnologias ao seu alcance e não imaginam um mundo sem ela.

Num processo de ensino e de aprendizagem, a questão é, não apenas quem ensina deve adquirir tais tecnologias, mas sim em como utilizá-la como ferramenta de otimização de aprendizagem e evangelização.

Existe uma grande diferença em possuir tecnologia de ponta e em utilizá-la. Na educação isto é muito claro, muitos colégios públicos e privados preocupam-se em possuir um bom laboratório de informática, datashows, entre outros recursos tecnológicos, mas não se preocupam em utilizá-los ou como utilizá-los. A maioria dos laboratórios está com seus computadores ainda encaixados e sem nenhum responsável pela instalação e utilização dos mesmos. Sou testemunha de casos como estes em Campina Grande, como estudante do Curso de Licenciatura em Computação pela Universidade Estadual da Paraíba, quando participei de projetos de formação para professores. Na religião, encontramos desafios ainda maiores, pois muitas vezes não possuímos recursos tecnológicos nem tão pouco treinamentos para este fim.

4.1 A RELIGIÃO E OS AVANÇOS TECNOLÓGICOS

As mudanças de postura acerca do uso das novas ferramentas na área da Informática precisam começar de cima para baixo, tanto a educação como a religião devem estar abertas a tais mudanças, buscando logo em seguida o treinamento e a capacitação de seus membros, os quais também precisam estar atentos a esses desafios, haja vista, muitos destes membros não serem nativos digitais, o que complica ainda mais o processo.

O evangelizador deve ser humilde e confiante, possuir amadurecimento intelectual, emocional e ético. Aberto a novas descobertas, mas sempre questionando o novo, analisando-o.

4.1.1 Podemos modificar a forma de ensinar e de evangelizar

Na educação, através das Novas Tecnologias da Comunicação e da Informação, nasce uma nova forma de ensinar, pois o professor pode demonstrar de maneira visível o sentido de cada assunto, a exemplo de experiências de Física e Química, como também uma forma divertida de aprender,

softwares e jogos educacionais desenvolvidos para tornar prazerosos os assuntos mais desagradáveis para os alunos. Assim proporciona a oportunidade de levar o ensino à distância, onde o professor acompanha uma sala de aula virtual.

Na religião, podemos utilizar as redes sociais para evangelizar, a exemplo do Papa emérito Bento XVI, o qual fez uma conta em uma rede social e em apenas dois dias alcançou dois milhões de seguidores. São as ferramentas das novas tecnologias acessíveis a uma grande parte das pessoas. A Internet é um exemplo disso um meio pela qual podemos alcançar até aqueles que não querem ser alcançados. Uma grande contribuição são os aplicativos para celular, a própria Bíblia, é exemplo disso. As transmissões online de missas, programas e shows hoje levam a palavra de Deus para todo o mundo.

4.1.2 Integrar os meios de comunicação na Escola e na Igreja

Ao chegar à escola e ou à Igreja, por mais jovem que seja, a pessoa já tem passado por processos de educação importantes, o familiar e o da mídia eletrônica, sendo assim, possui conexões cerebrais, roteiros mentais, emocionais e linguagem.

O mundo mostrado pela mídia é mais fácil e agradável, continua educando como contraposto à educação convencional, educa enquanto entretém. As novas tecnologias da comunicação e informação desenvolvem formas sofisticadas de comunicação e opera imediatamente com a sensível, o concreto, a imagem em movimento.

Sendo o conhecimento construído de forma cooperativa, a Internet auxilia professor e aluno, bem como Igreja e fiel. Uma forma de utilizar a construção cooperativa do conhecimento são as webs salas, redes sociais e grupos criados nas mesmas, o que proporciona uma organização do que fazer presencialmente e a distância. Cada membro contribui com seu conhecimento para a construção do conhecimento geral.

A utilização da Internet desenvolve a intuição, a flexibilidade mental e a adaptação a ritmos diferentes. A intuição é desenvolvida pelo método de tentativas, acertos e erros. A flexibilidade é desenvolvida em maioria por sequências que são imprevisíveis e abertas.

Com a Internet desenvolvemos também novas formas de se comunicar; a escrita é reinventada, de forma mais objetiva, hipertextual e multilinguística, criando relações afetivas e fraternas entre pessoas de diferentes países.

4.1.3 Alguns caminhos para integrar as tecnologias em uma forma inovadora de ensinar e evangelizar

Na sociedade informatizada, estamos aprendendo a nos comunicar, ensinar reaprendendo a integrar o humano e o tecnológico, o indivíduo, o grupal e o social. Ensinar e evangelizar são atividades

que vão além do simples ato de falar, mas envolve o comunicar, com credibilidade, falando de algo que conhecemos e vivenciamos e que contribua para que todos avancemos no grau de compreensão do que existe. As principais reações que o bom professor/educador e missionário despertam no aluno e no fiel são: confiança, credibilidade e entusiasmo.

Necessitamos de pessoas livres, tanto nas Igrejas como nas escolas que modifiquem as estruturas arcaicas existentes. Se somos pessoas abertas, iremos utilizar as tecnologias para nos comunicar e interagir mais e melhores.

Se formos pessoas fechadas, desconfiadas, as tecnologias serão usadas de forma defensiva. O poder de interação não está nas tecnologias, mas em nossas mentes. Ensinar e evangelizar com as novas tecnologias será válido se mudarmos os paradigmas convencionais do ensino que mantém a distância de professores entre alunos, de padres e fiéis.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Num ritmo cada vez mais acelerado e com uma expressiva ascendência na participação de usuários, a Internet, com sua infinidade de recursos, invade irremediavelmente a vida de crianças, jovens, adultos e terceira idade. A comunicação está ficando cada vez mais veloz. A informação perde validade muito rapidamente.

Na vida social como um todo, estar antenado a essas mudanças é premissa básica de um relacionamento construtivo e interativo entre quem ensina e quem aprende. Entretanto, estabelecer esta relação, principalmente na Igreja, requer acesso e domínio destas novas tecnologias que vão auxiliar na necessidade latente de estar atualizado.

Aos evangelizadores que estabelecem trabalhos na Igreja Católica, deverão ter como consciência que saber fazer uso da tecnologia pode vir a ser um canal de aprendizagens significativas. A Igreja, nesta linha, favorece abrindo seu espaço de atuação para que seja implantada uma sintonia dos seus agentes com as ferramentas tecnológicas. Além de obter informações mais rápidas, atualizadas e próximas à realidade, a utilização dessas tecnologias proporcionará uma maior retenção da atenção dos aprendentes, levando-os a participação e interesse em compartilhar mais informações.

É hora de reciclar o método de ensino em sala de aula. A evolução da comunicação colocou à disposição da sociedade formas dinâmicas de trocar e absorver conhecimentos. E na ponta desse processo está a Igreja Católica e também seu corpo docente, objetivando a extrair ao máximo seus benefícios.

Ao concluirmos estas reflexões, oferecemos palavras de encorajamento a vários grupos, em particular aos líderes da Igreja, ao pessoal comprometido no campo da pastoral, aos educadores, aos pais e especialmente aos jovens.

Às pessoas que ocupam lugares de liderança, em todos os setores da Igreja, precisam compreender o uso dessas novas tecnologias, de aplicar esta compreensão na elaboração de planos pastorais para as comunicações sociais, juntamente com políticas e programas concretos nesta área e, onde for necessário.

É necessária a prudência em observar claramente quais são as suas implicações — o potencial para o bem evangelizar — neste novo instrumento de comunicação e a enfrentar de maneira criativa os seus desafios e as suas oportunidades.

Nessa perspectiva, é necessário que haja justiça, de maneira especial para eliminar a divisão digital — o fosso entre as pessoas ricas de informação e as outras que são pobres de informação no mundo de hoje.

O resultado deste artigo científico deixa evidente que existe uma pré- disposição da Igreja em conhecer e utilizar as novas tecnologias para o uso correto dentro das suas esferas de alcance. Esta migração da comunicação tradicional na Igreja para com o uso das novas tecnologias pelos seus membros ainda se posiciona no seu estágio inicial. Todavia, trata-se de um processo reconhecidamente necessário, quanto irreversível.

REFERÊNCIAS

Bento xvi, verdade, anúncio e autenticidade de vida na era digital. Mensagem para o 45º dia mundial das comunicações sociais (2011).

Celam. Comunicação: missão e desafio. São paulo: paulinas, 1988.

Köche, José Carlos. Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa. 14. Ed. Rev. E ampl. Petrópolis: vozes, 1997.

Lakatos, Eva Maria, Marconi, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. São paulo: atlas, 1991.

Moran, José Manuel, Masetto, Marcos T., Behrens, Marilda Aparecida. Novas tecnologias e mediação pedagógica. 17ª. Ed. São paulo: editora papyrus, 2010.

Ruedell, Pedro. Educação religiosa: fundamentação antropológico-cultural da religião segundo Paul Tillich. São paulo: paulinas, 2007.

Spadaro, Antonio. Ciberteologia: pensar o cristianismo nos tempos da rede. São paulo: paulinas, 2012.

Tajra, Sanmya Feitosa. Informática na educação. Novas ferramentas pedagógicas para o professor da atualidade. 4ª. Ed. São paulo, Érica Ltda, 2002.

Usarski, Franki. Ensino religioso e formação docente: ciências da religião e ensino religioso em diálogo. São paulo: paulinas, 2006.

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-042>

Fernando M. Araujo-Moreira

Instituto Militar de Engenharia/IME; Praça General Tibúrcio 80, Urca, CEP 22290-270, Rio de Janeiro RJ.
E-mail: fernando.manuel@ime.eb.br

J. F. Galdino

Instituto Militar de Engenharia/IME; Praça General Tibúrcio 80, Urca, CEP 22290-270, Rio de Janeiro RJ.

Eliene B. Simão-Silva

Instituto Militar de Engenharia/IME; Praça General Tibúrcio 80, Urca, CEP 22290-270, Rio de Janeiro RJ.

A. S. FaddulStelzenberger

Instituto Militar de Engenharia/IME; Praça General Tibúrcio 80, Urca, CEP 22290-270, Rio de Janeiro RJ.

A.J. Boareto-Mendes

Instituto Militar de Engenharia/IME; Praça General Tibúrcio 80, Urca, CEP 22290-270, Rio de Janeiro RJ.

1 INTRODUÇÃO

Em seu livro *Quantum Dialogue - The Making of a Revolution*¹, a escritora Mara Beller mostra que a ciência está enraizada não apenas na conversa (frase do Werner K. Heisenberg), mas na discordância, na dúvida e na incerteza. Ela argumenta que é justamente essa cultura de diálogo e polêmica dentro da comunidade científica que alimenta a criatividade. Beller extrai seu argumento de sua nova leitura radical da história da revolução quântica, especialmente o desenvolvimento da interpretação de Copenhague. Uma das várias abordagens concorrentes, esta versão teve sucesso em grande parte devido às habilidades retóricas de Niels Bohr e seus colegas. Usando uma extensa pesquisa de arquivo, Beller mostra como Bohr e outros comercializaram seus pontos de vista, deturpando e descartando seus oponentes como irracionais e defendendo sua própria posição nem sempre coerente ou bem apoiada como sendo inevitável. Na atual conjuntura de negociações entre os diferentes stakeholders relacionados com as tecnologias quânticas, as habilidades retóricas de Niels Bohr estão mais válidas do que nunca. A pergunta principal a ser respondida neste artigo é quem deve financiar, gerenciar e liderar no Brasil o desenvolvimento dessas tecnologias?

A Segunda Guerra Mundial alçou a Inovação, a Ciência e a Tecnologia ao patamar de assunto de extrema relevância para nortear os destinos de um país. Para incentivá-las, países proeminentes, como os EUA, desencadearam políticas e ações estratégicas de longo prazo. O relatório elaborado em 1945 pelo Diretor do Escritório de Pesquisa Científica e Desenvolvimento, Vannevar Bush, por determinação do Presidente Roosevelt, e as contribuições de outros visionários, ajudaram a definir o

¹ John Fisher, 1.º Barão Fisher – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).
2 M. Beller; *Quantum Dialogue - The Making of a Revolution*; The Chicago University Press (2001).

novo modelo norte-americano de desenvolvimento da Ciência e Tecnologia (C&T), em substituição àquele que destinava a maioria dos investimentos governamentais às pesquisas militares.

Em essência, nesse novo modelo a pesquisa científica básica, desenvolvida sem preocupação de aplicação imediata, assume importância crucial pelo vasto rol de conhecimentos produzidos e que, utilizados por terceiros, gerariam aplicações de outro modo impossíveis de vislumbrar. Nele, atores públicos e privados, civis e militares, compartilham a responsabilidade pela realização da pesquisa científica básica e aplicada e pelo desenvolvimento tecnológico. Isso viria a tornar o ecossistema norte-americano de inovação dinâmico, eficiente e eficaz, beneficiando tanto a área de Defesa quanto o desenvolvimento econômico e social. Mas seguir o exemplo norte-americano nem sempre é adequado. O progresso tecnológico resultante da mecânica quântica é um desses casos.

Figura 1: Einstein and Bohr; Park Kultury, Moscou/ Rússia Science is rooted in conversations; frase de Werner Karl Heisenberg (Würzburg, 1901 — Munique, 1976)².



Mais do que uma possibilidade, o uso na área de Defesa das chamadas Tecnologias Quânticas é uma necessidade premente tanto tática quanto estratégica. O Brasil perdeu enormes oportunidades quando deixou passar outras revoluções tecnológicas bem menos importantes do que aquela associada às tecnologias quânticas, tais como a informática e a nanotecnológica. Por conta disso, o preço pago hoje por esse atraso é tão incalculável quanto irreversível. Entretanto, o país não participar efetivamente desta que é a maior revolução tecnológica da história humana, pode significar uma verdadeira catástrofe não somente socioeconômica, mas principalmente em relação a sua soberania. Estadistas, estrategistas e formuladores de políticas públicas enaltecem o valor da liberdade, da democracia e da antes mencionada soberania, ao reconhecer que a preservação dessa conquista depende da eterna vigilância, ou seja, de uma Defesa Nacional capaz de rechaçar ameaças atuais e futuras. O estado de permanente alerta é o preço a se pagar por algo tão precioso. Como sintetiza Rui

³ Einstein and Bohr; Park Kultury, Moscou/ Rússia; Foto de Marcella Bona; Marcella | Flickr (Acesso em maio/2023).

Barbosa: “Um exército pode passar 100 anos sem ser empregado, mas não pode passar um minuto sem estar preparado”. Esse pensamento alicerça o sentimento de autopreservação e coesão nacional que deve nortear investimentos em Defesa. Embora diversos setores do Poder Nacional possam ser mobilizáveis para atuar em proveito da soberania de um país, cabe ao Estado orquestrar, obter e integrar os Sistemas e Materiais de Emprego Militar (SMEM), a fim de robustecer as capacidades militares de suas Forças Armadas. Essa robustez passa, necessariamente, por estar atualizada do que existe de melhor em termos de tecnologia não somente em termos de poder de combate, mas principalmente em termos de capacidade operacional e de defesa. E não existe nada mais moderno e fundamental em termos de tecnologia de Defesa do que as tecnologias quânticas. Dado o portfólio de projetos estratégicos do Exército Brasileiro (Figura 02) veremos ao longo deste artigo que as Tecnologias Quânticas têm potencial de afetar praticamente todos os seus aspectos, desde aqueles com maior conteúdo tecnológico até os menos sofisticados.

Figura 2: Portfólio dos projetos estratégicos do Exército Brasileiro³.



Indissociável da sobrevivência de Estados e dependente de inovações tecnológicas de alto valor agregado, o setor de Defesa impulsiona o desenvolvimento científico e tecnológico, mobilizando um mercado bilionário de empresas que integram a Base Industrial de Defesa (BID). Imprescindível para induzir projetos inovadores, sobretudo os relacionados diretamente com a Defesa Nacional, os mecanismos adotados pelo Estado em proveito da BID dispõem de poucos estudos para caracterizar os múltiplos fatores intervenientes em sua gênese ou desenvolvimento. Contudo, sabe-se que protagonistas nesse setor, como EUA, a União Europeia, Inglaterra e Rússia, lastream suas

4 O PORTFÓLIO - Site EPEX (eb.mil.br) (Acesso em maio/2023).

5 J. F. Galdino; Base industrial de defesa: ambivalência e sustentabilidade in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 397-400 (2023).

conquistas nas principais guerras do século XX a partir de uma pujante indústria de defesa e de investimentos continuados em educação, ciência e tecnologia, provando a importância dessa tríade para seus povos na solução dos conflitos.

2 O INEGÁVEL LEGADO TECNOLÓGICO DOS CONFLITOS BÉLICOS.

Ao longo da história humana, é possível constatar claramente que o nosso mundo é dual, onde bem e mal são inseparáveis. Dessa maneira, as guerras também deixam sempre um legado positivo, não somente de aprendizado socioeconômico, mas principalmente em termos de produtos úteis para a nossa sociedade pós- conflito. Nos dias atuais, mesmo que não sejam derivadas de conflitos bélicos explícitos, existem inúmeras tecnologias de enorme utilidade para a nossa sociedade que foram derivadas da aplicação de vultuosos recursos financeiros nas áreas de segurança e defesa nacional. Com as tecnologias quânticas, essenciais para essas duas áreas, certamente será igual onde o desenvolvimento de produtos visando a proteção e soberania do país trarão enormes benefícios para a população civil.

Será equivalente ao que aconteceu com a internet. A sua história começa no ambiente da Guerra Fria (1945- 1991). As duas superpotências envolvidas, Estados Unidos e União Soviética, disputavam poderes e hegemonias. Com o intuito de facilitar a troca de informações, pois temiam ataques dos soviéticos, o Departamento de Defesa dos EUA através da ARPA (Advanced Research Projects Agency) criou um sistema de compartilhamento de informações entre pessoas distantes geograficamente, a fim de facilitar as estratégias de guerra. Nesse momento, surge o protótipo da primeira rede de internet, a Arpanet (Advanced Research Projects Agency Network). Em 29 de outubro de 1969 foi estabelecida a primeira conexão entre a Universidade da Califórnia e o Instituto de Pesquisa de Stanford. Foi um momento histórico, uma vez que o primeiro e-mail foi enviado. Hoje, é inimaginável um mundo sem internet. Dessa forma, um produto desenvolvido com objetivo 100% militar se transformou em poucos anos num produto mais do que essencial para a sociedade civil e as suas múltiplas formas de uso (redes sociais, vendas online, teleconferências etc.)

2.1 1ª GUERRA MUNDIAL

O centenário do início da I Guerra Mundial (1914 -1918) é lembrado pelo saldo devastador do conflito que deixou mais 15 milhões de mortos, entre militares e civis. Mas, para além das perdas provocadas pelo primeiro conflito moderno da História, a guerra também motivou descobertas e inovações – algumas delas existentes até hoje. O prático horário de verão, os laváveis e elegantes talheres de aço inoxidável e até as cirurgias plásticas surgiram ou se desenvolveram durante esse período.

Figura 03: (a) soldados franceses usando máscaras de gás em uma trincheira em 1917; a tecnologia de máscaras de gás variou muito durante a guerra e acabou se tornando uma defesa eficaz, limitando a capacidade dos ataques com gás em anos posteriores; (b) parte dos 600 militares italianos mortos por ataque alemão com gás fosgênio; (c) alemães improvisam máscara de gás para um cavalo. As fotos de (b) e (c) correspondem à região de Caporetto (Itália) em 1917⁴.



(a)



(b)



(c)

A Guerra iniciou-se com tecnologias muito pessoais, ou seja, homem a homem. Diversas tecnologias, como o submarino e a aviação, já existiam antes de 1914, mas ganharam força só na segunda metade do conflito. A apropriação das tecnologias para fins bélicos caracteriza esse conflito. Um dos principais avanços foi o uso da eletricidade no campo militar. O rádio, que transmitia voz em vez de códigos, se tornou essencial para a comunicação. Além disso, navios foram equipados com lâmpadas de sinal, alarmes de fogo elétricos e controles remotos. As armas químicas, como gás mostarda e gás cloro, representaram um novo perigo no combate (Figura 03).

Figura 04: Oficiais alemães num carro blindado em 1918.



Além das vítimas militares, o gás matou civis porque o vento levava os gases para áreas residenciais. A utilização de gás de mostarda e de cloro rompeu com a tradição estática da denominada

6 Rusmea: Primeira Guerra Mundial em Fotos: A Frente Ocidental - 100 anos atrás (Acesso em maio/2023).

7 Histórias: Guerra Química (historiasylvio.blogspot.com) (Acesso em maio/2023).

8 Tecnologia e as armas da Primeira Guerra Mundial, 1914-1918 (Acesso em maio/2023).

Guerra de Trincheiras. Porém, o uso de gases tóxicos ainda era precário já que o próprio atacante podia ser prejudicado, dependendo de onde o vento batia.

Segundo o site Global History Network, os oficiais da época sabiam que seria a tecnologia o que determinaria o curso do conflito. O almirante britânico John Fisher (foi o primeiro Lorde do Almirantado da Marinha Real Britânica) escreveu, em 1915, que a Guerra seria “ganha pelas invenções”. Os lança-chamas, os carros blindados (Figura 04), os tanques (Figuras 05 e 06), aviões de guerra, zepelins e os submarinos usados na Primeira Guerra Mundial se tornaram tecnologias decisivas na Segunda Guerra Mundial, iniciada em 1939⁵.

Figura 05: Veículo blindado Mark 1. Popularmente chamados de tanques, estes veículos de invenção britânica, eram tracionados por lagartas em vez dos pneus (que tinham o problema de atolarem na lama) e movidos por motores à combustão interna. Esses blindados partiram para a sua primeira luta no “moedor de carne” chamado de Batalha do Rio Somme (na França) em setembro de 1916. Armado com dois canhões e três metralhadoras, o chamado monstro blindado pesava 28,4 toneladas e media mais de 10 metros de comprimento. Foi a estreia deste tipo de veículo na Primeira Guerra Mundial.



9 Jornal da PUC - Os avanços da tecnologia na Primeira Guerra (puc-rio.br) (Acesso em maio/2023).

10 1916: Primeiro tanque de guerra em ação – DW – 15/09/2021 (Acesso em maio/2023).

11 A7V – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

Figura 06: Veículo blindado alemão modelo A7V (a) numa plataforma de trem em 1917; (b) Uma réplica do A7V no Panzermuseum Munster (Alemanha). Este veículo foi o único blindado alemão produzido durante a Primeira Guerra Mundial. Seu desenvolvimento ocorreu somente no final do conflito, quando em 1917 foram encomendadas 100 unidades, e devido ao pequeno número de unidades produzidas ele teve pouca influência no curso da guerra. Estiveram em combate somente entre março e outubro de 1918. O blindado possuía 7 metros de comprimento, 3 metros de largura e com altura de 3 metros com blindagem feita com chapas de aço de 20 mm nas laterais, 30 mm na frente e 10 mm no teto. Sua blindagem não era de aço endurecido, eficiente apenas em deter tiros de metralhadoras e rifles, mas, não os tiros de calibre maior. O A7V estava equipado com 6 metralhadoras calibre 7.92 mm e um canhão frontal de 5.7 cm. A velocidade máxima era de aproximadamente 15 quilômetros por hora. A suspensão das 24 rodas das lagartas foi suspensa individualmente - uma vantagem sobre os tanques britânicos que não tinham suspensão⁶.



(a)



(b)

A Primeira Guerra Mundial foi um dos eventos mais significativos da história moderna, deixando um legado duradouro em todo o mundo. A guerra começou como um conflito entre as potências europeias, mas logo se tornou um conflito global, com países de todo o mundo se envolvendo. A Alemanha, a Áustria-Hungria e o Império Otomano lutaram contra a França, a Grã-Bretanha e a Rússia, além de outros países aliados. No início, a Alemanha liderava o mundo em poder aéreo com 260 aviões e uma frota de 14 zepelins. Outros aliados da Alemanha, incluindo a Itália, também tinham armas aéreas recém-formadas. Os britânicos tinham cerca de 100 aeronaves nesta época; os franceses, apoiados pela principal indústria aeronáutica do mundo, tinham 156. Cerca de 100.000 aeronaves voaram na guerra, principalmente em apoio às tropas terrestres e marítimas.

Durante a guerra, rápidos avanços foram feitos tanto na estratégia de poder aéreo quanto na tecnologia. Em 1914, os aviões mobilizados para a guerra eram frágeis, estruturas semelhantes a pipas, alimentadas por motores de potência incerta. Na melhor das hipóteses, eles poderiam subir de 2.000 a 3.000 pés (600 a 900 metros) e voar a velocidades de 60 a 70 milhas (95 a 110 quilômetros) por hora.

Apenas quatro anos depois, caças com motores de 150 a 200 cavalos de potência foram equipados com metralhadoras para batalhar a 15.000 pés (4.600 metros) no ar. As aeronaves que foram desenvolvidas durante a Primeira Guerra Mundial eram de três tipos principais, cada um com sua própria finalidade específica. Esses aviões eram embarcações de reconhecimento, aviões de combate e bombardeiros.

12 air force - Students | Britannica Kids | Homework Help (Acesso em maio/2023).

Figura 07: Avião de reconhecimento britânico.



O uso de aeronaves para reconhecimento (Figura 07) foi provavelmente a contribuição mais importante do poder aéreo para o esforço de guerra. Nas primeiras semanas de hostilidades, aviões franceses avistaram os movimentos do Primeiro Exército Alemão, e isso levou à Primeira Batalha do Marne. Os alemães, por sua vez, usaram com sucesso dirigíveis zepelins para monitorar os movimentos de navegação de seus oponentes. Em 1917, essas naves podiam permanecer no ar por mais de 95 horas de cada vez. Centenas de dirigíveis foram construídos durante a guerra para o trabalho de comboio antissubmarino e patrulha costeira. As técnicas de reconhecimento foram muito melhoradas durante a Primeira Guerra Mundial. Os britânicos adicionaram a fotografia à observação visual em 1914, quando tiraram fotos das posições das tropas alemãs durante a Primeira Batalha de Aisne. O rádio passou a ser usado nesta época como um meio de passar mensagens entre aeronaves de reconhecimento e pessoal de terra. No início da guerra, as embarcações de reconhecimento eram geralmente desarmadas. Logo a percepção de que essas naves eram vulneráveis a ataques levou à adoção generalizada do avião de combate - uma aeronave projetada para atacar aeronaves de reconhecimento e bombardeio inimigos. A Grã-Bretanha foi pioneira no uso de aviões de combate. Em 1913 desenvolveu o Vickers Destroyer, um biplano de combate (Figura 08). Em 1915, os franceses desenvolveram o monoplano Morane-Saulnier equipado com um sincronizador de armas que permitia que balas de metralhadora passassem entre as pás de uma hélice giratória. Quando os alemães abateram um avião de combate francês em 1915, o designer holandês Anthony Fokker usou a nave francesa capturada como modelo para seu Fokker Eindecker, um caça monoposto que daria à Luftwaffe (força aérea da Alemanha) superioridade aérea temporária na frente ocidental. De outubro de 1915 até maio de 1916, os Fokker Eindeckers

explodiram os franceses e britânicos dos céus, uma maestria que só foi encerrada quando as forças aliadas melhoraram suas próprias naves de combate em 1916. Naquele ano, os britânicos desenvolveram os caças pusher D.H.2 e F.E.2b. Esses aviões eram equipados com uma ou mais armas fixas no nariz que disparavam para a frente, e o piloto podia apontar sua aeronave como uma arma de disparo.

Figura 08: O Vickers F.B.5 (de Fighting Biplane 5), conhecido como Gunbus, foi um biplano militar britânico de configuração por impulsão de dois lugares utilizado na Primeira Guerra Mundial e desenvolvido em 1915. Estava armado com uma única metralhadora Lewis de calibre 7,7 mm operada pelo observador/artilheiro na parte da frente, foi a primeira aeronave construída especificamente para combate ar-ar a entrar em serviço, tornando-se o primeiro caça operacional do mundo⁷.



A guerra foi marcada por batalhas sangrentas e táticas brutais, incluindo o uso de gás venenoso e o lança-chamas (Figura 09) mas também foram desenvolvidas novas formas de atendimento médico como a radiografia móvel (Figura 10). Estima-se que mais de 16 milhões de pessoas morreram durante a guerra, incluindo civis e militares. Ela teve um impacto significativo na economia global onde muitos países aumentaram seus gastos militares para financiá-la. Isso resultou em uma inflação significativa em muitos deles. Além disso, a guerra interrompeu o comércio global e a produção industrial.

13 air force - Students | Britannica Kids | Homework Help (Acesso em maio/2023).

14 Vickers F.B.5 – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

Figura 09: Lançachamas.



A Alemanha, em particular, sofreu uma grande crise econômica, o que contribuiu para o surgimento do Partido Nazista e a Segunda Guerra Mundial. Ela também teve um impacto humano significativo. Milhões de pessoas morreram durante a guerra, incluindo civis e soldados. Além disso, muitos soldados voltaram para casa com ferimentos graves ou doenças relacionadas à guerra.

Figura 10: Radiografia móvel



As consequências desse conflito foram devastadoras para o mundo. Mas também foram muitos os avanços tecnológicos que derivaram em grandes invenções futuras. Esse é o exemplo do chamado localizador acústico (Figura 11) que daria lugar ao radar durante a Segunda Guerra Mundial, hoje equipamento essencial para atividades civis como o transporte aéreo.

Figura 11: Três modelos diferentes de localizador acústico montados em uma plataforma de rodas e que amplificavam sons distantes monitorados através de fones de ouvido usados por um membro da tripulação, que poderiam direcionar a plataforma para mover e localizar aeronaves inimigas distantes. O desenvolvimento da localização acústica passiva acelerou durante a Primeira Guerra Mundial, e mais tarde foi superado pelo desenvolvimento do radar na década de 1940 durante a Segunda Guerra Mundial⁸.



Também, a Primeira Guerra obrigou acontecer uma mudança drástica no tipo de capacetes utilizados. Em 1915, o francês August-Louis Adrian desenvolveu o capacete de aço fino, com uma viseira soldada na parte dianteira e uma crista correndo pelo meio. Na Grã-Bretanha, surgiu um pouco depois um capacete de aço mais grosso, o Brodie, que lembrava os chapéus usados pelos homens de Enrique V, na Agincourt. Em 1916, a Alemanha estabeleceu o padrão para capacetes, com o Stahlhelm, criado pelo Dr. Friedrich Schwerd, que seria usado por forças alemãs durante a Segunda Guerra Mundial. Seu modelo ainda é usado, com variações, em exércitos da atualidade. Também na área médica houve avanços derivados da guerra. Os primeiros enxertos de pele bem-sucedidos foram realizados em soldados cujos rostos foram severamente desfigurados. Harold Gillies, um cirurgião nascido na Nova Zelândia, foi o pioneiro no tratamento na Inglaterra. Suas ações foram impulsionadas pelas milhares de vítimas que regressavam da batalha em 1916 e alavancou o caminho para a cirurgia plástica de hoje em dia. Uma das técnicas inovadoras introduzidas pelo Dr. Gillies foi a que utiliza o próprio tecido do paciente para ajudar a cirurgia de reconstrução, reduzindo a chance de rejeição.

2.2 2ª GUERRA MUNDIAL

A 2ª Guerra Mundial só terminou com a rendição do Japão no dia 2 de setembro de 1945. Contudo, na Europa, o conflito acabou um pouco antes, no dia 8 de maio quando Berlim sucumbiu às ações do Exército Vermelho da antiga URSS (União das Repúblicas Socialistas Soviéticas). Este conflito de proporções globais geralmente é lembrado, e estudado, pelo viés da sua violência. Estima-se que mais de 85 milhões de vidas foram ceifadas neste período, sendo a maioria dela de civis. Mas há um outro lado bem menos sombrio e que hoje é o responsável por salvar vidas que é o conjunto de tecnologias desenvolvidas associado com esse conflito. Como mencionamos anteriormente, durante as guerras é comum que centros de pesquisas se dediquem ao desenvolvimento e produção de

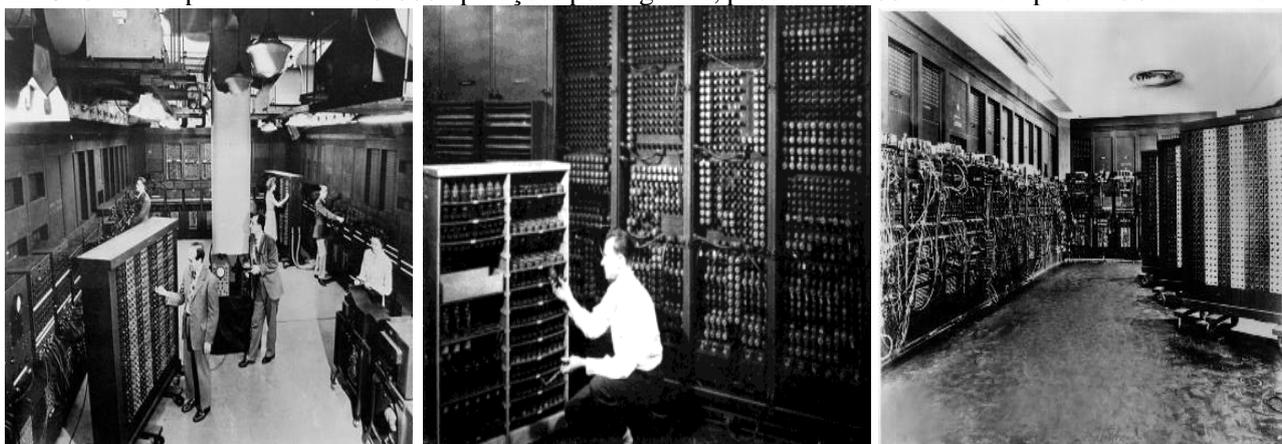
¹⁵ O localizador acústico - Mundo Engenharia (Acesso em maio/2023).

¹⁶ Google images (Acesso em maio/2023).

equipamentos para fins bélicos. Findado o conflito, é natural que estas tecnologias deixem os quartéis e campos de batalha e venham a ser utilizados para fins pacíficos no meio civil. Assim também ocorreu com muitas das tecnologias desenvolvidas durante a 2ª Guerra Mundial.

Quando se pensa em um computador digital eletrônico, considera-se o ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) como sendo o primeiro modelo produzido. Embora ele tenha entrado em operação em 1946, o início do seu desenvolvimento começou ainda em 1943. Era capaz de fazer até 5.000 operações por segundo, possuía 17.468 válvulas e pesava 30 toneladas (Figura 12). Quando projetado, tinha como finalidade fazer cálculos balísticos. Contudo, há quem considere que o primeiro computador de fato, tenha sido a máquina de Turing. O matemático, criptoanalista e cientista Alan Turing, desenvolveu durante a 2ª Guerra mundial uma máquina eletromecânica capaz de quebrar os códigos da máquina Enigma, responsável pela criptografia alemã. De qualquer maneira, considera-se que o computador é mais um produto decorrente da Segunda Guerra Mundial.

Figura 12: Imagens do primeiro computador eletromecânico, o ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer). Embora ele tenha entrado em operação em 1946, o início do seu desenvolvimento começou ainda em 1943. Era capaz de fazer até 5.000 operações por segundo, possuía 17.468 válvulas e pesava 30 toneladas.



Também, a tecnologia de micro-ondas foi criada no esforço de guerra originalmente com fins de identificar a posição de aviões inimigos. Um dos engenheiros ao se aproximar do aparelho em teste com uma barra de chocolate no bolso, observou que esta acabou derretendo. Depois de alguns testes com outros alimentos, como ovo e pipoca, acabou patentando a invenção em 1946.

O projeto de um dos carros mais famosos, começou ainda no início da década de 1930. Após vários protótipos (que não saíram do papel), em agosto de 1940 era produzido oficialmente o primeiro KDF Wagen, que depois acabou virando Volkswagen/Fusca. Mesmo tendo contado com o apoio do estado no início do projeto, logo após poucas unidades fabricadas teve sua produção interrompida só retornando de fato em 1948. Durante o período da 2ª guerra, a fábrica se dedicou a produzir veículos de guerra baseados na plataforma do Fusca.

Outra tecnologia inventada muito tempo antes, mas aprimorada durante a 2ª Guerra foram os radares. Esse equipamento tem sua origem em uma série de pesquisas feitas em 1887 por Heinrich Hertz. Ele realizou experimentos de laboratório que comprovaram a existência das ondas de rádio e sua capacidade de serem refletidas. Esses experimentos foram realizados para testar a proposta de Maxwell de que havia diversas formas de radiação eletromagnética, das quais a luz era uma delas. Hertz e outros físicos subsequentes mostraram que essas ondas têm natureza semelhante à luz visível, pois também podem ser refletidas, refratadas e polarizadas. O radar, do inglês radio detection and ranging (Detecção e distânciometria por rádio), é um dispositivo que permite detectar objetos distantes e inferir suas distâncias à antena direcional transceptora do rádio. Durante a Segunda Guerra Mundial, o radar tornou-se uma ferramenta vital para as operações militares em todo o mundo. O desenvolvimento do radar permitiu que os militares detectassem aeronaves inimigas e mísseis, bem como monitorar as condições climáticas e o movimento de tropas terrestres⁹.

Figura 13: Imagens dos primeiros helicópteros operacionais: (a) O Focke-Wulf Fw 61 foi o primeiro helicóptero totalmente controlável. O seu primeiro voo ocorreu em 1936, pilotado por Ewald Rohlf. O nome mais adequado para este helicóptero é Fa 61, já que era uma aeronave de pesquisa da Focke Achgelis; (b) Sikorsky R-4 de 1944, o primeiro helicóptero produzido em massa¹⁸.



(a)



(b)

Os helicópteros são um outro exemplo de veículo concebido muito antes de ser, de fato, desenvolvido. Eles entraram em operação para fins de resgate e observação durante a Segunda Guerra Mundial e teve a sua produção desenvolvida em grande escala. A primeira ideia pouco prática de um helicóptero foi concebida por Leonardo da Vinci no século XV, mas permaneceu esquecida até a invenção do avião no início do século XX. O primeiro voo bem-sucedido e registrado de um helicóptero ocorreu em 1907, realizado por Paul Cornu, na França. O(a)primeiro voo de um helicóptero completamente controlável foi demonstrado por Hanna Reitsch em 1937 em Berlim conduzindo um Focke-Wulf Fw61. No início do ano de 1940 Igor Sikorsky desenvolveu o Sikorsky R-4 e em 1941

17 Radar – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

18 Helicóptero – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

adaptou flutuadores num Vought-Sikorsky VS-300, tornando-o o primeiro helicóptero anfíbio prático do mundo (Figura 13).

Semelhantemente aos casos anteriores, os antibióticos também foram inventados antes. Alexander Fleming, oficial médico da Marinha Britânica durante 1ª Guerra Mundial, descobriu a penicilina em 1928. Somente em 1938 foi isolada e purificada por W. Florey e Ernst B. Chain. Contudo, foi durante a 2ª Guerra Mundial que a Penicilina passou a ser produzida em larga escala. Como resultado, milhares de soldados aliados foram salvos durante este conflito.

Mais um exemplo de herança tecnológica extremamente relevante derivada de um conflito bélico é o caso do programa espacial norte-americano. O homem só conseguiu colocar o primeiro satélite em órbita e enviar o primeiro homem à Lua graças a outra tecnologia desenvolvida durante a Segunda Guerra Mundial. Foram os foguetes desenvolvidos com fins bélicos que mais tarde encontrariam outros destinos e outros fins. Os alemães, liderados por Wernher von Braun, desenvolveram, durante esse conflito, os foguetes (chamados de bombas voadoras) denominados V1 e V2 (ou A-4 na terminologia alemã), que foram a base para as pesquisas sobre foguetes dos Estados Unidos e da União Soviética no pós-guerra. Ambas as bombas nazistas, usadas para bombardear as cidades de Londres e Paris no final da guerra, podem ser mais bem definidas como mísseis e não como foguetes. A rigor, a V-1 não chega a ser um foguete, mas um míssil que voa com propulsão de avião a jato. Mais recentemente, foram desenvolvidos foguetes especificamente destinados para uso militar, normalmente conhecidos como ICBMs ou mísseis balísticos intercontinentais. Os programas espaciais que tanto americanos quanto soviéticos colocaram em marcha basearam-se em foguetes projetados com finalidades próprias para a astronáutica, derivados destes foguetes de uso militar. Os foguetes usados no programa espacial soviético eram derivados do míssil balístico R.7 que acabou sendo usado para lançar as missões Sputnik¹⁰.

2.3 A GUERRA FRIA

A Guerra Fria começou por volta de 1946 e esse período foi caracterizado pela extrema rivalidade política, ideológica, econômica e militar entre os líderes dos blocos capitalista (EUA) e comunista/socialista (URSS). Como ambos os países previam um confronto direto, eles deram início a uma nova corrida armamentista, mas dessa vez nuclear. Em 1949, foi criada a Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN) que atendia aos interesses dos países ocidentais liderados pelos Estados Unidos da América que financiavam a Europa Ocidental destruída pela Segunda Guerra

19 Foguete espacial – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org)(Acesso em maio/2023).

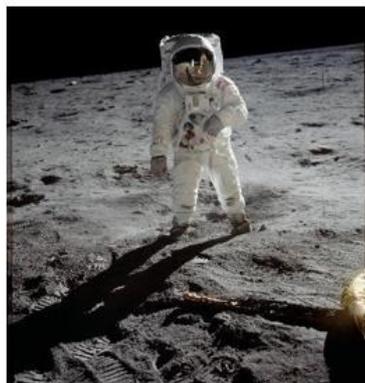
20 Muito provavelmente ele não disse isso, e essas palavras podem ter sido a ele atribuídas para fins políticos pela propaganda soviética Há 60 anos, o primeiro homem no espaço: “Daqui de cima a Terra é belíssima e sem limites” - Vatican News (Acesso em maio de 2023).

Mundial. Em troca, os americanos estimulavam os governantes europeus a preservar o capitalismo e, principalmente, a instalar armas nucleares controladas pela OTAN. Por outro lado, em 1955 foi feita uma aliança similar, mas do lado comunista denominada “Pacto de Varsóvia”. A chamada Guerra Fria e a corrida armamentista decorrente dela estavam iniciadas. Em 1945 a primeira bomba atômica foi produzida e detonada em Hiroshima pelos Estados Unidos. Na sequência, quatro anos mais tarde a URSS também detinha artefatos nucleares se instalando assim o chamado equilíbrio pelo terror. Em 30 de outubro de 1961, a URSS detonou o mais potente artefato nuclear jamais construído, denominado de Bomba Tsar e com poder de destruição de 58 megatons, ou seja, equivalente à detonação de 58 milhões de toneladas de TNT. Entretanto, essa rivalidade entre ambos os blocos também se estendeu ao campo técnico-científico e uma das primeiras – e principais – arenas da disputa, foi na área aeroespacial. Em 04 de outubro de 1957 a URSS colocou em órbita o primeiro satélite artificial lançado pela humanidade, o Sputnik 1 (que significa satélite ou Companheiro Viajante). Em 1961, os soviéticos lançaram a nave espacial Vostok I, tripulada pelo major da Força Aérea russa, o cosmonauta Yuri Gagarin. Com 27 anos de idade, ele foi o primeiro homem a fazer um voo orbital em torno da Terra. As duas primeiras observações que fez em 12 de abril desse ano estando em órbita foram a terra é azul e eu não vejo nenhum Deus aqui em cima²⁰. Em 16 de julho de 1969, os americanos enviaram à Lua a espaçonave Apollo 11 e em 20 de julho o módulo lunar Eagle pousou lá e consagrando Neil Alden Armstrong²¹ como o primeiro homem a pisar no seu solo (Figura 14). Nessa vontade de mostrar superioridade ao mundo, os EUA e a URSS investiram pesadamente em inovação, ciência, tecnologia, pesquisa, sistema de informação e telecomunicações, todas elas focadas na área de Defesa. Por conta disso, nesse período foram muitos os avanços tecnológicos diretamente decorrentes da Guerra Fria. Dentre eles destacamos o forno de micro-ondas, o GPS, as câmeras digitais, os computadores, a internet e significativos avanços militares.

Figura 14: Imagens relacionadas a uma das maiores conquistas do ser humano através da NASA: a chegada do homem na Lua em julho de 1969: (a) foguete Saturno V transportando a nave Apollo 11; (b) caminhada de Neil Armstrong na superfície lunar; (c) resgate da tripulação de volta à Terra no Oceano Pacífico.



(a)



(b)



(c)

Certamente, o maior resultado desse conflito velado foi a criação da própria NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço) em 29 de julho de 1958 (Figura 14), em plena Guerra Fria. E é enorme o número de produtos dela derivados e que hoje são de uso diário, por exemplo: filtro de água, câmera de celular, travesseiro de viscoelástico, fórmula de alimentos enriquecida para bebês, ranhuras transversais em pavimentos (grooving), lentes refletoras de raios ultravioleta, aparelhos dentais transparentes, GPS preciso, tecidos resistentes de aplicação na arquitetura, controles digitais para naves e aviões, amortecedores para terremotos, isolamento térmico, monitores de saúde, normas de segurança alimentar, tênis com amortecedores, colchão ortopédico de espuma com memória, máquina de exercícios bowflex, termômetro auricular, vidro resistente a arranhões, creme dental restaurador, cobertor térmico, relógios de quartzo, prancha de cabelo (a chamada chapinha), aeroponia, dentre muitos outros¹¹.

3 O QUE É FÍSICA QUÂNTICA

3.1 O DEBATE DO SÉCULO XX

Figura 15: Chamada de a fotografia mais inteligente da história, esta imagem da 5ª Conferência Solvay de Física Quântica (outubro de 1927) mostra os 29 cientistas mais famosos da época, dos quais 17 se tornariam ganhadores do Prêmio Nobel nos anos seguintes²⁵.



21 Neil Alden Armstrong foi um engenheiro aeroespacial, aviador naval, piloto de teste, astronauta e professor norte-americano que se tornou o primeiro ser humano a pisar na Lua em 20 de julho de 1969. Armstrong estudou engenharia na Universidade Purdue; em 1949 tornou-se aspirante da Marinha dos Estados Unidos da América e, no ano seguinte, formou-se aviador naval. Lutou na Guerra da Coreia a partir do porta-aviões USS Essex e depois completou seu bacharelado em engenharia; na sequência, trabalhou como piloto de testes na Estação de Voo de Alta-Velocidade da Base Aérea Edwards, voando diversas aeronaves da Série Centenária e, por sete vezes, no North American X-15. Também participou de dois programas espaciais concebidos pela Força Aérea: Man in Space Soonest e X-20 Dyna-Soar.

Neil Armstrong – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

22 Apollo 11 – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

23 “A Terra é azul”: há 60 anos, o homem chegava à órbita do planeta | Agência Brasil (ebc.com.br) (Acesso em maio/2023).

24 40 Years of NASA Spinoff | NASA (Acesso em maio/2023).

Sem entrar em uma explicação detalhada da física envolvida, é interessante discutir brevemente alguns dos princípios subjacentes fundamentais para ajudar a entender as aplicações potenciais das chamadas Tecnologias Quânticas na área de Defesa. Elas exploram fenômenos físicos na escala atômica e subatômica. Fundamental para a mecânica quântica é que, nessa escala atômica, o mundo é probabilístico em oposição ao determinístico. Essa noção de probabilidade foi tema de um debate mundialmente famoso entre Albert Einstein e Niels Bohr durante a quinta Conferência Solvay sobre Física quântica, realizada em outubro de 1927 em Bruxelas (Figura 15). Esta conferência reuniu os 29 físicos mais notáveis da época (17 deles mais tarde se tornariam ganhadores do Prêmio Nobel) para discutir a teoria quântica recém-formulada.

Nesse que foi chamado de debate do século, Niels Bohr defendeu a nova teoria da mecânica quântica tal como foi formulada por Werner Heisenberg, enquanto Albert Einstein tentou manter o paradigma determinista de causa e efeito. Einstein disse que "Deus não joga dados", após o que Niels Bohr rebateu "Einstein, pare de dizer a Deus o que fazer". Hoje em dia, a comunidade científica concorda que Niels Bohr venceu o debate. Isso significa que nosso mundo não tem um roteiro fixo baseado em causa e efeito, mas está de fato sujeito ao acaso. Em outras palavras, você pode saber tudo o que há para saber no universo e ainda não saber o que acontecerá a seguir. Este novo paradigma probabilístico abriu caminho para uma melhor compreensão de algumas das propriedades-chave das partículas quânticas subjacentes às tecnologias quânticas, tais como tunelamento, superposição e emaranhamento. A melhor compreensão desses princípios quânticos fundamentais é o que estimulou o desenvolvimento de Tecnologias Quânticas da próxima geração: sensoriamento quântico, comunicação quântica e computação quântica, dentre outras.

3.2 A ORIGEM

Como mencionado anteriormente, a física (ou mecânica) quântica¹² é a teoria que descreve com sucesso os sistemas físicos cujas dimensões são próximas ou abaixo da escala atômica (átomos, moléculas, partículas atômicas e subatômicas etc.). Ela surgiu no início do século XX em função de problemas encontrados na área industrial associados com a medida de temperatura em fornos siderúrgicos. Em alguns casos, ela também tem sucesso na descrição e explicação de fenômenos macroscópicos tais como supercondutividade e superfluidez (denominados de estados quânticos macroscópicos) e cujos portadores são denominados de bósons (seguem a distribuição estatística de Bose-Einstein). Com o avanço do estudo de fenômenos na escala atômica ficava cada vez mais clara a falha da física newtoniana nessa escala. Assim, foi necessária uma profunda revisão conceitual que

25 Albert Einstein – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

26 Eisberg, R.; Física Quântica; Ed. Geral; ISBN 9788570013095 (2023).

derivou na geração de novas ideias que, em muitos casos, contrariam – até hoje - a nossa intuição. Fenômenos como tunelamento, superposição e emaranhamento quânticos fazem parte desses novos conceitos.

O físico alemão Max Planck é considerado o pai da física quântica. Seu foco foram os estudos das radiações eletromagnéticas e do seu estudo aparece uma das mais importantes constantes da física moderna, denominada de constante de Planck ($h = 6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$). Ela é usada para definir a energia (E) e a frequência (f) de um fóton associado a uma radiação eletromagnética. Essa constante determina a energia de um fóton, mediante a equação $E = h \times f$.

O desenvolvimento da física quântica foi consequência da necessidade de explicar diversos resultados experimentais obtidos entre o final do século XIX e princípios do século XX, que não conseguiam ser entendidos à luz das teorias físicas existentes nesse tempo. Alguns desses fenômenos inexplicados para os quais ela fornece descrições precisas são¹³:

- Espectro de radiação do corpo negro, resolvido por Planck com a proposição da quantização da energia.
- Explicação do experimento de dupla fenda, no qual elétrons produzem um padrão de interferência condizente com o comportamento ondulatório.
- Explicação por Albert Einstein do efeito fotoelétrico descoberto por Heinrich Hertz, onde propõe que a luz também se propaga em forma de partículas quantizadas com energia definida.
- O Efeito Compton, no qual se propõe que a radiação eletromagnética pode se comportar como partícula, quando sua energia for grande o suficiente.
- A questão do calor específico dos sólidos em baixas temperaturas, cuja discrepância foi explicada pelas teorias de Einstein e Debye baseadas na equipartição da energia segundo a interpretação da energia quantizada de Planck.
- A absorção ressonante e discreta de energia por gases, provada no experimento de Franck-Hertz quando submetidos a certos valores de diferença de potencial elétrico.
- A explicação da estabilidade atômica e da natureza discreta das raias espectrais, graças ao modelo atômico de Bohr, que postulava a quantização dos níveis de energia do átomo.

Além de Planck, também contribuíram para os alicerces desta área Albert Einstein, Werner Heisenberg, Louis de Broglie, Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Max Born, Paul Dirac, Wolfgang Pauli, dentre outros¹¹.

A física quântica é uma das áreas mais promissoras da física moderna e pode levar a avanços consideráveis na área de tecnologia da informação e computação quântica, dentre outras áreas que

27 Mecânica quântica – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

formam as chamadas Tecnologias Quânticas e que descreveremos na próxima seção. Ela pode ser considerada a base de toda a física moderna e tem implicações profundas em muitas áreas, desde a tecnologia, (em comunicação e computação quântica), até a cosmologia (no estudo da formação do Universo).

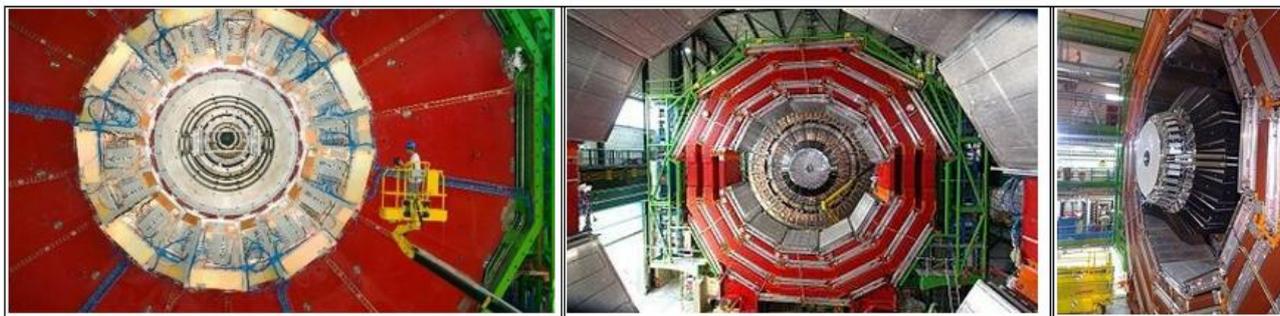
Na física convencional as partículas – que podem ser de luz, por exemplo - são estudadas como algo sólido, que tem um estado, uma energia e um movimento determinado. Já na física quântica, o comportamento e as grandezas dessas partículas mudam de acordo com a interação entre elas, gerando o que se chama de princípio da incerteza de Heisenberg formulado pelo físico alemão Werner Karl Heisenberg em 1927. No mundo microscópico (ou quântico) acontece que se você conhece muito bem a posição de um objeto, por exemplo, você não conhece nada sobre a sua velocidade e vice-versa. Ou seja, não é possível conhecer simultaneamente certos pares de propriedades quânticas com precisão absoluta, por exemplo, posição e momento, ou energia e tempo. Na física quântica quanto mais precisamente conhecemos uma propriedade do objeto estudado, menos precisamente podemos conhecer outra. Outro fenômeno que define os estudos quânticos é a chamada dualidade onda-partícula que descreve a natureza dual de alguns elementos que podem se comportar tanto quanto uma onda – ou seja, uma perturbação que se propaga no espaço ou em qualquer outro meio - ou como uma partícula. Exemplo disso é a luz que, em alguns fenômenos é estudada como uma onda (em fenômenos como refração, difração, espectro de cores etc.) e em outros casos é considerada como uma partícula na forma do chamado fóton, que nada mais é do que um quantum de radiação eletromagnética. Esse comportamento corpuscular do fóton foi explicado por Einstein, como mencionado anteriormente, através do experimento do efeito fotoelétrico¹⁴ em 1905 e que lhe rendeu, junto com os seus trabalhos em física teórica na área de relatividade, o Prêmio Nobel de física em 1921^{11,12}.

As previsões da mecânica quântica foram verificadas experimentalmente com um grau extremamente alto de precisão. Muitas vezes isso tem sido feito com estruturas incrivelmente grandes e sofisticadas como o Grande Colisor de Hádrons (GCH), o maior acelerador de partículas do mundo (Figura 16). De acordo com o denominado princípio de correspondência entre a mecânica clássica e a quântica, todos os objetos obedecem às leis da mecânica quântica. A mecânica clássica é apenas uma aproximação para grandes sistemas de objetos, equivalente a uma mecânica quântica estatística de uma grande coleção de partículas. As leis da mecânica clássica, portanto, seguem as leis da mecânica quântica como uma média estatística no limite de grandes sistemas.

28 Efeito fotoelétrico – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

29 Solenoide de Múon Compacto – Wikipédia, a enciclopédia livre (wikipedia.org) (Acesso em maio/2023).

Figura 16: Três imagens do chamado solenoide de múon compacto (21 metros de comprimento por 15 de altura e 15 de largura, pesando aproximadamente umas 12.500 toneladas) que é um dos detectores de partículas construídos no Grande Colisor de Hádrons (GCH), o maior acelerador de partículas do mundo, com 27 km de circunferência. Localizado próximo a Genebra, na Suíça, o GCH tem contribuído para desvendar alguns dos segredos da teoria quântica, como a partícula chamada de bóson de Higgs, predita inicialmente em 1964 e detectada somente em julho de 2012/29.



As consequências mais importantes são:

- Em estados ligados, como o elétron girando ao redor do núcleo de um átomo, a energia não se troca de modo contínuo, mas sim de modo discreto (descontínuo), em transições cujas energias podem ou não ser iguais umas às outras. A ideia de que estados ligados têm níveis de energias discretos é devida diretamente a Planck.
- É impossível atribuir ao mesmo tempo (i.e., simultaneamente) a posição e o momento exatos de uma partícula quântica, eliminando assim o conceito de trajetória, que é essencial em mecânica clássica. Em vez de trajetória, o movimento de partículas em mecânica quântica é descrito por meio da chamada função de onda, que nada mais é do que uma função da posição da partícula e do tempo.
- A função de onda é interpretada por Max Born como uma medida da probabilidade de se encontrar a partícula em determinada posição e em determinado tempo. Esta interpretação é a mais aceita pelos físicos hoje, no conjunto de atribuições da Mecânica Quântica regulamentados pela Escola de Copenhague. Assim, para descrever a dinâmica de um sistema quântico deve-se, portanto, achar sua função de onda, e para este efeito usam-se as equações de movimento, propostas de maneira independente por Werner Heisenberg e Erwin Schrödinger.

As aplicações da mecânica quântica tanto no início (primeira revolução quântica) quanto na atualidade (segunda revolução quântica) são resultado do enorme sucesso que ela teve em explicar muitas das características do nosso universo e é frequentemente a única teoria que pode revelar os comportamentos individuais das partículas subatômicas que compõem a matéria. A mecânica quântica também é extremamente importante para entender, por exemplo, como átomos individuais são unidos por uma ligação covalente para formar moléculas. Ela também pode fornecer informações quantitativas sobre os processos de ligação iônica e covalente mostrando explicitamente quais

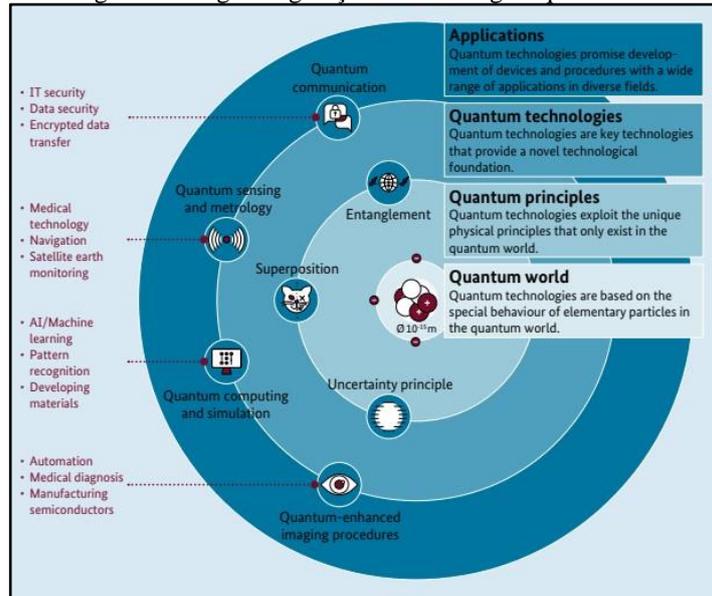
moléculas são energeticamente favoráveis em relação a outras assim como, os tamanhos das energias envolvidas^{11,12}.

Em vários aspectos, muitas das tecnologias modernas operam em uma escala em que os efeitos quânticos são significativos. Aplicações importantes da mecânica quântica incluem química quântica, óptica quântica, computação e comunicação quânticas, ímãs supercondutores, magnetômetros S.Q.U.I.D. (Superconducting QUantum Interference Device), diodos emissores de luz, amplificadores ópticos, laser, transistores e semicondutores, microprocessadores, imagens em medicina e pesquisa em materiais como ressonância magnética nuclear e microscopia eletrônica.

3.3 O SURGIMENTO DA SEGUNDA REVOLUÇÃO QUÂNTICA

O experimento de 1950 realizado pela física sino-americana Chien Shiung Wu, em colaboração com seu assistente de pesquisa, Irving Shakhnov ficou conhecido como experimento WS. É comumente apontado como sendo o primeiro experimento capaz de representar o fenômeno de entrelaçamento quântico antes mencionado, tornando-se a chave para o desenvolvimento de novas tecnologias, tais como a criptografia, o teletransporte, e comunicação e computação quânticas. Foi o início da Segunda Revolução Quântica³⁰. O fenômeno do entrelaçamento quântico se mostrou tão relevante para a ciência que o físico francês Alain Aspect, premiado por seus trabalhos experimentais associados ao EPR e o teorema de Bell, cunhou o termo segunda revolução quântica por considerar a década de 60 como o momento de mudança na física e de grande avanço tecnológico. A habilidade experimental dos físicos em manipularem individualmente sistemas quânticos, tais como elétrons e fótons, também faz parte desta revolução na física. De maneira semelhante à primeira revolução quântica, a qual se refere ao próprio advento e desdobramentos da mecânica quântica, em meados da década de 1920, a segunda revolução quântica também teve seu desenvolvimento de maneira gradual. A própria cultura material, associada às técnicas e à instrumentação disponível à época para a obtenção de resultados significativos, teve seu avanço gradualmente. Se pensarmos na segunda revolução quântica com base nos experimentos, onde o fenômeno do entrelaçamento foi um dos principais a ser desenvolvido, fica claro que esta teoria iria precisar de algumas gerações de experimentos para chegar até o estágio atual. Um fator importante que contribuiu para a consolidação da segunda revolução quântica foi a maneira com que os pares de fótons emaranhados foram produzidos, além das técnicas de detecção e do aparato experimental que se desenvolveu ao longo dos anos.

Figura 17: Segunda geração de tecnologias quânticas¹⁵.



Surgiram assim, decorrentes dessa nova era denominada de segunda revolução quântica, as chamadas tecnologias quânticas, com aplicações que, até recentemente, eram inimagináveis. Estas novas tecnologias são claramente disruptivas e é inegável o papel fundamental, preponderante e estratégico que elas terão nas próximas décadas, principalmente nas áreas de segurança e defesa. Dentre elas destacamos a computação quântica, criptografia quântica, simulação quântica, metrologia quântica, sensores quânticos, imagem quântica, internet quântica etc. (Figura 17).

Muitos dispositivos eletrônicos operam sob efeito do tunelamento quântico que está presente até nos interruptores de luz que não funcionariam se os elétrons não pudessem realizar um túnel quântico através da camada de oxidação nas superfícies de contato do metal. Os chips de memória flash encontrados nas unidades USB usam o tunelamento quântico para apagar suas células de memória. Alguns dispositivos de resistência diferencial negativa também utilizam o efeito de tunelamento quântico, como o diodo de tunelamento ressonante. Ao contrário dos diodos clássicos, sua corrente é transportada por tunelamento ressonante através de duas ou mais barreiras de potencial. Seu comportamento de resistência negativa só pode ser entendido com a mecânica quântica: à medida que o estado confinado se aproxima do chamado nível de energia de Fermi, a corrente túnel aumenta. À medida que se afasta, a corrente diminui. A mecânica quântica é essencial para entender e projetar esses dispositivos eletrônicos¹².

30 A. M. Maia Filho e I. Silva; O experimento WS de 1950 e as suas implicações para a segunda revolução da mecânica quântica; Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 41, nº 2, e20180182 (2019).

31 Adaptado de: Quantum technologies – from basic research to market; Federal Ministry of Education and Research (Germany); A Federal Government Framework Program (2022).

Os pesquisadores estão atualmente buscando métodos robustos de manipulação direta de estados quânticos. Esforços estão sendo feitos para desenvolver mais completamente a criptografia quântica, que teoricamente permitirá a transmissão segura e garantida de informações. Uma vantagem inerente gerada pela criptografia quântica quando comparada à clássica é a detecção de hackers realizando espionagem passiva. Este é um resultado natural do comportamento dos bits quânticos; devido ao chamado efeito observador, se um bit em um estado de superposição fosse observado, o estado de superposição entraria em colapso e se tornaria um estado autônomo. Como o destinatário pretendido esperava receber o bit em um estado de superposição, o destinatário saberia que houve um ataque, porque o estado do bit não estaria mais no estado original.

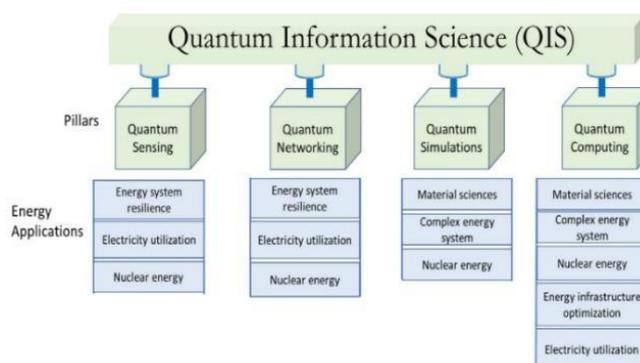
A teoria quântica também tem fornecido descrições precisas para fenômenos como o funcionamento de muitos biológicos diferentes dando lugar à chamada biologia quântica, incluindo o estudo de receptores de cheiro e de estruturas de proteínas. Trabalhos recentes sobre fotossíntese forneceram evidências de que as correlações quânticas desempenham um papel essencial nesse processo fundamental das plantas e de muitos outros organismos. Mesmo assim, a mecânica clássica geralmente pode fornecer boas aproximações aos resultados obtidos de outra forma pela física quântica, normalmente em circunstâncias com grande número de partículas. Como as fórmulas clássicas são muito mais simples e fáceis de calcular que as fórmulas quânticas, as aproximações clássicas são usadas e preferidas quando o sistema é grande o suficiente para tornar insignificantes os efeitos da mecânica quântica. Embora a computação quântica tenha recebido a maior parte da atenção em torno das tecnologias quânticas, existem também outras enormes possibilidades na área de defesa e segurança como mostrado na Figura 17 e que veremos em detalhes a seguir.

3.3.1 Sensoriamento quântico

Os sensores quânticos são baseados em átomos ou fótons ultrafrios, cuidadosamente manipulados usando superposição ou emaranhamento em "estados quânticos" específicos. Ao explorar o fato de que os estados quânticos são extremamente sensíveis a perturbações, os sensores quânticos são capazes de medir pequenas diferenças em todos os tipos de propriedades diferentes, como temperatura, aceleração, gravidade ou tempo. O sensoriamento quântico tem potencial transformador para nossa tecnologia de medição e detecção. Não só permite medições muito mais precisas e sensíveis, como também abre possibilidades para medir coisas que nunca fomos capazes de medir antes. Para citar alguns, os sensores quânticos poderiam nos permitir descobrir exatamente o que está sob nossos pés através de mapeamento subterrâneo; fornecer sistemas de alerta precoce para erupções vulcânicas; permitir que sistemas autônomos "vejam" ao virar das esquinas; e fornecer scanners portáteis que

monitoram a atividade cerebral de uma pessoa¹⁶. Embora as Tecnologias Quânticas possam parecer tecnologias de um futuro distante, os primeiros sensores quânticos já estão no mercado (por exemplo, relógios atômicos e gravímetros). Olhando para o futuro, podemos esperar que mais aplicações de sensoriamento quântico estejam disponíveis ao longo dos próximos cinco a sete anos, com dispositivos de Navegação e Temporização de Posicionamento quântico (PNT) e tecnologias de radar quântico como aplicações específicas a serem observadas.

Figura 18: Os quatro pilares da QIS e as possíveis aplicações para diferentes áreas relacionadas à pesquisa e engenharia de energia³³.



Especificamente na área de energia, o papel a ser desempenhado pelos sensores quânticos será extraordinário. O sensoriamento quântico já está criando oportunidades transformadoras para explorar outras maneiras de fazer medições ultrasensíveis de múltiplos parâmetros. Ao mesmo tempo, o crescente interesse em sensoriamento quântico criou oportunidades para sua implantação visando melhorar os processos relativos à produção, distribuição e consumo de energia. A utilização segura de energia depende de enfrentar os desafios relacionados à estabilidade dos materiais e a sua função, o monitoramento seguro da infraestrutura e a precisão na detecção e medição.

3.3.2 Comunicação quântica

O potencial da comunicação quântica depende de sua promessa de permitir uma comunicação de dados ultra segura, potencialmente até mesmo completamente não hackeável. Atualmente, nossa troca de dados depende de fluxos de sinais elétricos que representam '1s' e '0s' correndo através de cabos de fibra óptica. Um hacker que consegue acessar esses cabos pode ler e copiar esses bits enquanto eles viajam pelo cabo. Na comunicação quântica, por outro lado, a informação transmitida é codificada em uma partícula quântica em uma superposição de '1' e '0', o chamado 'qubit'. Por causa da sensibilidade dos estados quânticos a perturbações externas, sempre que um hacker tenta capturar quais informações estão sendo transmitidas, o qubit "colapsa" para um "1" ou um "0" – destruindo

³² Quantum Sensors Could Let Autonomous Cars 'See' around Corners - Scientific American (Acesso em maio/2023).

assim a informação quântica e deixando um rastro suspeito. A primeira aplicação da comunicação quântica é chamada de Quantum Key Distribution (QKD), que usa partículas quânticas para a troca de chaves criptográficas. No QKD, os dados reais são transmitidos através da infraestrutura de comunicação tradicional usando bits normais, no entanto, as chaves criptográficas necessárias para descriptografar os dados são transmitidos separadamente usando partículas quânticas. Uma extensa experimentação em QKD já está ocorrendo, tanto usando a comunicação terrestre quanto a comunicação baseada no espaço. Em 2016, a China lançou o primeiro satélite de ciência quântica do mundo, Micius, que desde então demonstrou QKD intercontinental terra-satélite e satélite-terra, garantindo uma reunião por videoconferência entre Pequim e Viena¹⁷.

3.3.3 Teletransporte quântico

O teletransporte quântico seria o próximo passo na comunicação quântica. Enquanto no QKD as chaves criptográficas são distribuídas usando tecnologia quântica, com o teletransporte quântico é a própria informação que está sendo transmitida usando pares quânticos emaranhados. A maior distância em que o teletransporte quântico foi alcançado até agora por cabo de fibra óptica é de 50 quilômetros, e o desafio nos próximos anos é escalar o teletransporte quântico para permitir uma comunicação segura em distâncias maiores³⁵. O objetivo final na comunicação quântica é criar uma internet quântica: uma rede de computadores quânticos emaranhados conectados com comunicação quântica ultra segura garantida pelas leis fundamentais da física. No entanto, uma internet quântica não só requer teletransporte quântico em distâncias muito grandes, mas também exigiria o desenvolvimento adicional de outras tecnologias habilitadoras cruciais, como processadores quânticos, uma pilha de internet quântica abrangente, incluindo protocolos de internet e aplicativos de software de internet quântica. Este é realmente um esforço de longo prazo e, embora seja difícil determinar quando exatamente essa tecnologia vai estar pronta, a maioria dos estudiosos se refere a um horizonte de tempo de 10 a 15 anos.

3.3.4 Computação quântica

Outra aplicação da mecânica quântica é o desenvolvimento de computadores quânticos, que devem executar determinadas tarefas computacionais exponencialmente mais rápido que os computadores clássicos. Em vez de usar bits clássicos, os computadores quânticos usam qubits (ou quantum bits), que podem estar em estados superpostos. Programadores quânticos são capazes de

33 Scott E. Crawford et al.; Quantum Sensing for Energy Applications: Review and Perspective; Adv. Quantum Technol. 2021, 2100049 (2021).

34 National agenda on quantum technology: the Netherlands as an international centre for Quantum Technology - QuTech (Acesso em maio/2023).

35 Entanglement sent over 50 km of optical fiber (uibk.ac.at) (Acesso em maio/2023).

manipular a superposição de qubits, a fim de resolver problemas que a computação clássica não pode fazer de maneira eficaz, como pesquisar bancos de dados não classificados ou fatorar números inteiros. A IBM alega que o advento da computação quântica pode progredir nos campos da medicina, logística, serviços financeiros, inteligência artificial e segurança na nuvem.

A computação quântica aumentará significativamente nossa capacidade de resolver alguns dos problemas computacionais mais complexos. Na verdade, a computação quântica é dita ser tão diferente da computação clássica, como um computador clássico difere do ábaco. Como explicado acima, enquanto os computadores clássicos realizam cálculos usando dígitos binários (0 ou 1), os computadores quânticos representam informações usando bits quânticos (qubits) que podem estar em uma superposição de ambos os estados (0 e 1 ao mesmo tempo). Como os qubits são extremamente sensíveis a perturbações externas, para poder controlá-los, manipulá-los e explorá-los, os qubits precisam ser resfriados até um nível extremamente próximo da temperatura mínima absoluta (ou zero kelvin), em torno de 15 mK. Isso é mais frio do que o espaço sideral. Na verdade, o interior de um computador quântico é o lugar conhecido mais frio do universo.

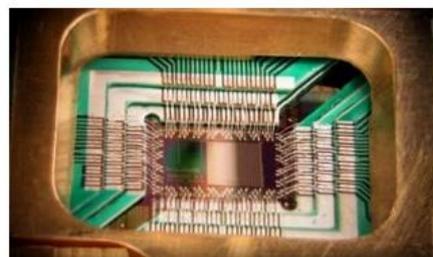
Figura 19: Imagens do computador quântico desenvolvido pela IBM denominado Q System One: (a) imagem externa; (b) imagem das conexões internas dentro do criostato que opera na temperatura de 15mK; (c) imagem do chip, que é o processador fabricado com qubits baseados em junções Josephson feitas a base de nióbio¹⁸.



(a)



(b)



(c)

Qubits permitem que computadores quânticos (Figura 19) façam vários cálculos ao mesmo tempo, potencialmente resultando em um imenso aumento na eficiência computacional em oposição aos computadores clássicos. Há uma série de aplicações em que os computadores quânticos serão particularmente transformadores:

- Simulação de sistemas físicos para descoberta de fármacos e projeto de novos materiais.
- Resolução de problemas complexos de otimização em supply chain, logística e finanças.
- Combinação com inteligência artificial para aceleração de machine learning.

36 The Quantum Computing Era Is Here. Why It Matters—And How It May Change Our World. (forbes.com) (Acesso em maio/2023).

37 The Sounds of IBM: IBM Quantum - YouTube (Acesso em maio/2023).

- Fatoração de números inteiros, permitindo a descriptação dos protocolos de cibersegurança mais utilizados (por exemplo, RSA, um algoritmo de encriptação assimétrica, utilizado para transmissão segura de dados).

Grandes empresas de tecnologia (chamadas de Big Techs) como IBM, Google e Microsoft estão correndo pela supremacia quântica, que é o ponto em que um computador quântico consegue resolver um problema que nenhum computador clássico poderia resolver em qualquer quantidade viável de tempo. Em outubro de 2019, o Google afirmou ter alcançado a supremacia quântica em seu computador quântico de 53 qubits. No entanto, os críticos dizem que o problema resolvido no experimento do Google não tinha valor prático e que, portanto, a corrida pela supremacia quântica ainda está em andamento. Os computadores quânticos atuais têm cerca de 60 qubits, mas novos desenvolvimentos se sucedem em rápida sucessão e as ambições são altas. Em setembro passado, a IBM anunciou um roteiro para o desenvolvimento de seus computadores quânticos, incluindo sua meta de construir um computador quântico com 1000 qubits ainda neste ano de 2023³⁸. O Google tem seu próprio plano de construir um computador quântico de um milhão de qubits até 2029³⁹. Com computadores quânticos de 1000 qubits, os chamados computadores Noisy Intermediate-Scale Quantum (NISQ), já podemos ver algumas aplicações práticas valiosas no design de materiais, descoberta de medicamentos ou logística. Os próximos cinco a dez anos, portanto, serão incrivelmente produtivos para a computação quântica.

Um grande diferencial em termos de computação quântica será quando for possível embarcá-las nos diferentes meios, o que afetará fortemente, por exemplo, a área de robótica. Ainda, deverá ser possível associar a nova área de inteligência artificial quântica. Essa combinação de tecnologias certamente terá fortíssimo impacto na sociedade tanto civil quanto militar.

4 TECNOLOGIAS QUÂNTICAS & DEFESA NACIONAL

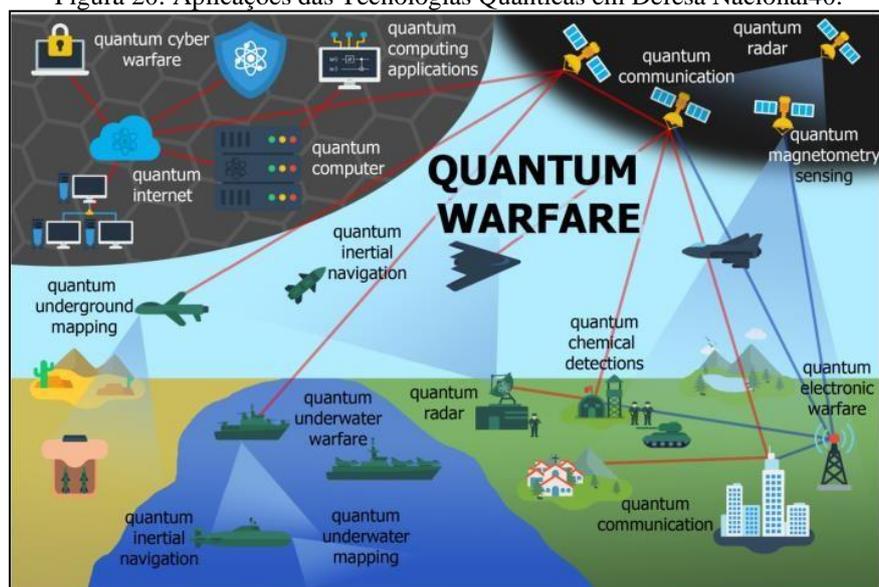
Estudar, compreender e trabalhar com mecânica quântica é um dos maiores desafios da ciência e da engenharia de todos os tempos. Derivar a partir dela as denominadas Tecnologias Quânticas é a maior revolução tecnológica da história humana. Elas prometem impactar fortemente, direta ou indiretamente, todas as áreas. Uma delas será, certamente, a de segurança e defesa nacional, como pode ser amplamente constatado na Figura 20 abaixo.

38 IBM promises 1000-qubit quantum computer—a milestone—by 2023 | Science | AAAS (Acesso em maio/2023).

39 1 Million Qubit, Error Corrected Computer : Google's Goal (quantumcomputingreport.com) (Acesso em maio/2023).

40 Adaptado de: Krelina, M.; Quantum technology for military applications; EPJ Quantum Technol. 8, 24 (2021); <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-021-00113-y>

Figura 20: Aplicações das Tecnologias Quânticas em Defesa Nacional⁴⁰.



As Tecnologias Quânticas têm o potencial de trazer novas e profundas capacidades, permitindo-nos medir o que até agora não era possível de ser mensurado, transformando a cibersegurança e permitindo resolver problemas que nunca fomos capazes de resolver antes. No ambiente de defesa e segurança, duas aplicações terão implicações particularmente significativas a curto e médio prazo²⁰.

Em primeiro lugar, devemos considerar as aplicações do sensoriamento quântico. Os sensores quânticos apresentam diversas e promissoras aplicações militares. Por exemplo, sensores quânticos poderiam ser usados para detectar submarinos e aeronaves furtivas, e poderiam ser usados para determinar Posição, Navegação e Temporização (PNT). Tais dispositivos PNT quânticos poderiam ser usados como sistemas de navegação inercial confiáveis, que permitiriam a navegação sem a necessidade de referências externas, como GPS. Esta seria uma capacidade revolucionária para a navegação subaquática em submarinos, por exemplo, mas também como um sistema de navegação de reserva para plataformas acima da água em caso de perda de sinal GPS.

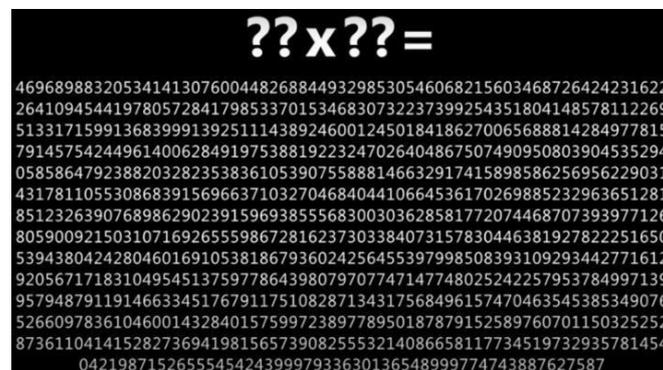
Os primeiros sensores quânticos já estão disponíveis comercialmente, tornando-se a tecnologia mais madura em sensoriamento, comunicações e computação. Além disso, para a comunicação e computação quânticas, espera-se que o setor civil impulse o seu desenvolvimento, dado o imenso valor potencial que elas têm para a indústria civil. No entanto, para o sensoriamento quântico, aplicações potenciais como PNT quântico e radar quântico são particularmente interessantes para os militares. Portanto, cabe aos militares financiar, apoiar e orientar a pesquisa e o desenvolvimento nessa área para tornar reais essas aplicações potenciais.

41 NATO Review - Quantum technologies in defence & security (Acesso em maio/2023).

42 In the war for information, will quantum computers defeat cryptographers? | Craig Costello - YouTube

Em segundo lugar, devemos considerar a chamada ameaça quântica representada pela computação quântica. Como mencionado na seção anterior, a fatoração de inteiros é um tipo de problema que os computadores quânticos podem resolver de forma particularmente eficiente. A maior parte da nossa infraestrutura digital e basicamente tudo o que fazemos online – seja videoconferência, envio de e-mails ou acesso à nossa conta bancária online – é criptografada através de protocolos baseados na dificuldade de resolver este tipo de problemas de fatoração de inteiros (por exemplo, o algoritmo RSA). Embora computadores quânticos que sejam utilizáveis do ponto de vista prático ainda precisem ser desenvolvidos, o algoritmo quântico para resolver esses problemas e descryptografar nossa comunicação digital, ou seja, o algoritmo de Shor, já foi desenvolvido em 1994 e está esperando por um computador quântico capaz de executá-lo. Em 1994, Peter Shor apresentou um algoritmo para computador quântico visando fatorar um número inteiro de tamanho arbitrário. Um cálculo para 4096 bits, usando um computador clássico de 100 MHz levaria 1026 anos para ser resolvido. O mesmo problema, usando o algoritmo de Shor num computador quântico, poderia ser concluído em aproximadamente cinco horas. A Figura 21 exemplifica o problema de fatoração de inteiros utilizado para proteger informações potencialmente confidenciais.

Figura 21: Exemplo de um problema de fatoração de inteiros, que constitui a base dos nossos atuais sistemas de cibersegurança⁴².

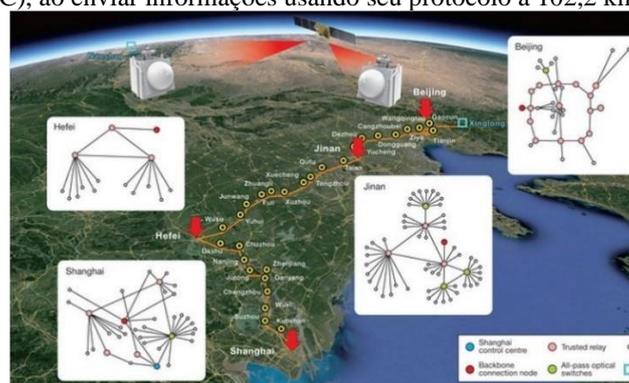


Embora possa se pensar que qualquer calculadora gráfica seria capaz de resolver esse problema matemático aparentemente simples, na verdade, o supercomputador mais rápido do mundo levaria toda a vida útil do universo para resolvê-lo. Um computador quântico, no entanto, seria capaz de resolvê-lo em alguns minutos. Trata-se de uma ameaça urgente para a sociedade, mas também é urgente do ponto de vista da segurança e defesa nacional, ou seja, de conteúdo militar dada a importância de uma comunicação segura. Para combater essa ameaça, teremos que atualizar completamente toda a nossa infraestrutura digital tornando-a segura usando criptografia que seja resistente ao fator quântico, ou seja, segura contra computadores quânticos e clássicos. Uma opção seria esperar que a comunicação quântica (QKD ou teletransporte quântico) amadureça e use essa tecnologia quântica para proteger-se

contra uma outra tecnologia quântica. No entanto, o tempo não está do nosso lado. Não só a tecnologia de computação quântica poderia superar o desenvolvimento da comunicação quântica, como a ameaça já está presente. Com a perspectiva de futuros computadores quânticos, os hackers poderiam roubar informações criptografadas hoje, armazená-las e descriptografá-las em 10 ou 15 anos usando um futuro computador quântico. A melhor opção é implementar a denominada Criptografia Pós-Quântica (PQC), novos algoritmos criptográficos clássicos (ou seja, não quânticos) que nem mesmo os computadores quânticos serão capazes de resolver. O NIST (Instituto Nacional de Padrões e Tecnologia) equivalente ao INMETRO brasileiro, liderou uma competição internacional para selecionar o(s) algoritmo(s) PQC a ser(em) padronizado(s) e adotado(s) em todo o mundo. O processo começou em 2016 e em julho de 2020 o NIST anunciou que tinha sete candidatos finais. Podemos esperar que o NIST faça sua seleção final para padronização e estabeleça padrões reais até 2024. Os tomadores de decisão em todos os setores e dentro das Forças Armadas devem escrever essas datas em seus diários e começar a se preparar para uma grande atualização de segurança cibernética²¹.

Novos avanços na pesquisa e desenvolvimento de tecnologia quântica têm o potencial de trazer novas e extraordinárias capacidades para as forças armadas. Dado o considerável interesse e financiamento para Tecnologias Quânticas vindo tanto da indústria civil quanto dos governos, espera-se que a tecnologia amadureça e que novas aplicações quânticas estejam disponíveis nos próximos anos.

Figura 22: Rede criada pela China quebrando recorde de distância de comunicação direta com segurança quântica. Uma equipe de pesquisadores da Universidade de Tsinghua, na China, quebrou o recorde de distância para comunicação direta com segurança quântica (QSDC), ao enviar informações usando seu protocolo a 102,2 km^{44,45}.



No entanto, para que os militares possam realmente colher os benefícios dessas novas tecnologias quânticas, é essencial que eles se envolvam proativamente neste campo e orientem o

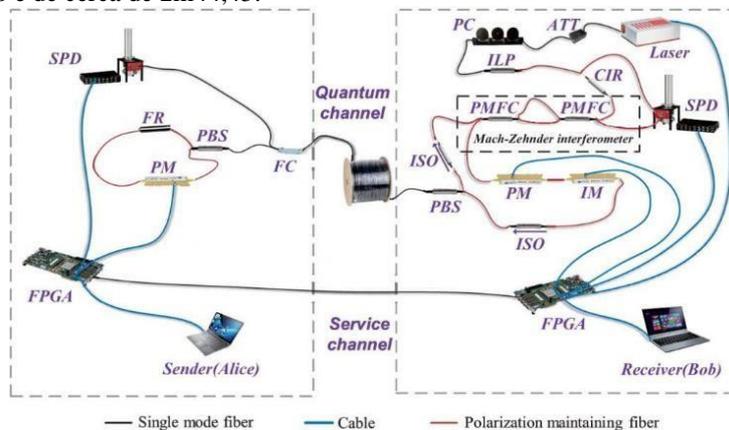
43 Cyber Centre's summary review of final candidates for NIST Post-Quantum Cryptography standards - Canadian Centre for Cyber Security (Acesso em maio/2023).

44 China quebra recorde de distância de QSDC - Olhar Digital (acessado em maio/2023).

45 Zhang, H., Sun, Z., Qi, R. et al.; Realization of quantum secure direct communication over 100 km fiber with time-bin and phase quantum states; Light Sci Appl 11, 83 (2022).

desenvolvimento e a adoção das aplicações militares das tecnologias quânticas. Isso deve incluir não apenas o envolvimento com grandes empresas de tecnologia, mas também especificamente com startups, universidades e institutos de pesquisa, pois estes são vitais para a inovação nessas novas tecnologias. Entretanto, dado tratar-se de tecnologias com conteúdo muito sensível para a segurança e defesa do país, esse processo de desenvolvimento deve ser liderado pelos militares e a suas instituições de pesquisa, desenvolvimento e inovação. A experimentação precoce dessas tecnologias não apenas contribui para seu desenvolvimento, mas também permite que as diferentes organizações militares que serão dele usuárias, se familiarizem com essas tecnologias e suas capacidades, o que ajuda a facilitar a adoção futura. Além disso, a participação ativa no ecossistema quântico aumenta a compreensão dos militares sobre os riscos potenciais associados às tecnologias quânticas, especificamente dentro do domínio cibernético. Exemplo disso é o desenvolvimento da internet quântica que usa comunicação quântica. A China é o país do mundo que está mais avançado nessa tecnologia (Figuras 22 e 23).

Figura 23: Configuração do experimento utilizado na Figura 22; laser: 1550 nm com frequência de repetição de pulso de 50 MHz; Conjunto de porta programável de campo FPGA, atenuante ATT, controlador de polarização de PC, polarizador em linha ILP, Circulador óptico CIR, divisor de feixe de polarização PBS, acolinhador de filtro FC 90:10, polarização PMFC, modulador de fase PM, modulador de intensidade IM com proporção de extinção de 45,1 dB, isolador ISO, rotor Faraday DE 90 graus, detector de nanofios de nanofiação de 85% com mais de 85% de eficiência de detecção, taxa de contagem escura de 50Hz e tempo de reset de 15 ns. O interferômetro assimétrico Mach-Zehnder consiste em dois PMFC, e o comprimento de atraso é de cerca de 2m44,45.



Assim, as Tecnologias Quânticas constituem uma área emergente e potencialmente disruptiva de enorme e fundamental relevância para as áreas de defesa e segurança. São tecnologias duais e, como tais, são de interesse para a indústria da defesa e da segurança e para atores militares e governamentais. As Tecnologias Quânticas para aplicações militares introduzem novas capacidades, melhorando a eficácia e aumentando a precisão, levando assim à chamada guerra quântica, em que devem ser estabelecidas novas estratégias, doutrinas, políticas militares etc. Essas tecnologias podem ter aplicações militares para vários domínios de guerra, por exemplo, terra, ar, espaço, eletrônica, cibernética, submarina e no chamado domínio ISTAR (do inglês intelligence, surveillance, target acquisition and reconnaissance ou seja inteligência, vigilância, aquisição de alvos e reconhecimento).

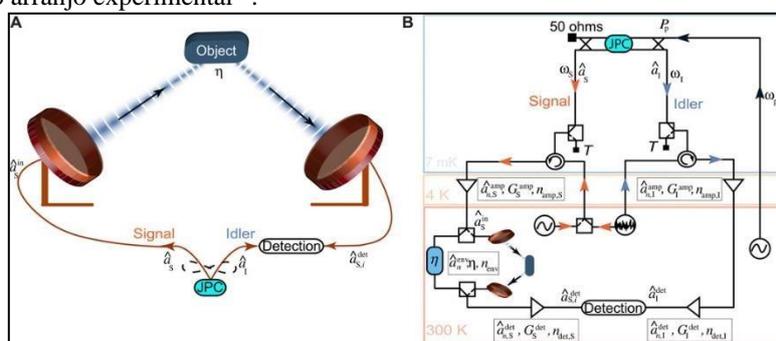
Tecnologia avançadas e suas abordagens

Tecnologias Quânticas: A inovação disruptiva como diferencial estratégico para a Defesa Nacional

Embora a guerra moderna de quarta geração seja caracterizada pela descentralização e pela perda do monopólio dos Estados na guerra, os exércitos de países avançados caracteristicamente têm acesso a tecnologias militares de ponta, o que inclui o aparecimento das Tecnologias Quânticas em toda a sua extensão.

O desenvolvimento do chamado radar quântico desenvolvido em 2020 pela China é um novo tipo de tecnologia de detecção. É chamada de iluminação quântica de micro-ondas, mas é mais conhecida como radar quântico que utiliza fótons de micro-ondas entrelaçados como método de detecção. Certamente, os radares quânticos poderão anular a tecnologia stealth dos chamados aviões invisíveis⁴⁶. O princípio de funcionamento do radar quântico é simples (Figura 24). Em vez de usar micro-ondas "no atacado", dois grupos de fótons, chamados de sinal e inativo, ou intermediário, são entrelaçados. Os fótons de sinal são enviados para o objeto de interesse, enquanto os fótons intermediários são medidos em relativo isolamento, livres de interferências e ruídos. Quando os fótons de sinal são refletidos pelo objeto, o entrelaçamento entre eles e os fótons inativos é perdido, mas uma pequena quantidade de correlação sobrevive, criando uma assinatura que descreve a existência ou a ausência do objeto, independentemente do ruído no ambiente. Ou seja, um grupo de fótons atinge o objeto, e as informações são lidas nos seus parceiros entrelaçados, que nunca vão até o objeto.

Figura 24: Implementação de iluminação quântica de micro-ondas: (A) Representação esquemática de micro-ondas QI. Uma fonte quântica gera e emite campos de micro-ondas emaranhados estacionários em dois caminhos separados. (B) Diagrama de circuito do arranjo experimental²².



O processo é basicamente o mesmo usado recentemente para criar uma câmera quântica que, literalmente, fotografa o que nunca visualizou. "O que nós demonstramos é uma prova de conceito para o radar quântico de micro-ondas" disse Shabir Barzanjeh, que já havia ajudado a desenvolver a tecnologia de radar quântico em 2015. Usando o entrelaçamento gerado a alguns milésimos acima do zero absoluto, foi possível detectar objetos de baixa refletividade a temperatura ambiente⁴⁶. Embora o entrelaçamento quântico seja frágil, o radar quântico tem algumas vantagens sobre os radares convencionais. Por exemplo, em baixos níveis de energia, os sistemas de radar convencionais sofrem

⁴⁶ Construído primeiro protótipo de radar quântico (inovacaotecnologica.com.br) (Acesso em maio/2023).

de baixa sensibilidade, tendo dificuldade em distinguir entre a radiação refletida pelo objeto e o ruído de fundo. A iluminação quântica oferece uma solução para esse problema, uma vez que as semelhanças entre o sinal e os fótons intermediários gerados pelo entrelaçamento quântico tornam mais eficaz distinguir os fótons de sinal (recebidos do objeto de interesse) do ruído gerado no ambiente²³.

5 CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO EM DEFESA NACIONAL

Figura 25: O principal sistema anti-blindagem de ombro do mundo, o chamado Javelin dispara um míssil guiado automaticamente para o alvo após o lançamento, permitindo que o artilheiro se proteja e evite o contra-fogo. Soldados ou fuzileiros navais podem se reposicionar imediatamente após o disparo, ou recarregar para enfrentar outra ameaça. Usando um perfil de ataque superior arqueado, Javelin sobe acima de seu alvo para melhorar a visibilidade e, em seguida, ataca onde a armadura é mais fraca. Para disparar, o artilheiro coloca um cursor sobre o alvo selecionado. A unidade de lançamento de comando Javelin então envia um sinal de bloqueio antes do lançamento para o míssil. Com seu design de lançamento suave, o Javelin pode ser disparado com segurança de dentro de edifícios ou bunkers. Ele foi desenvolvido e produzido para o Exército e Corpo de Fuzileiros Navais dos EUA pela Joint Venture Javelin entre a Lockheed Martin em Orlando, Flórida e a Raytheon em Tucson, Arizona⁴⁸.

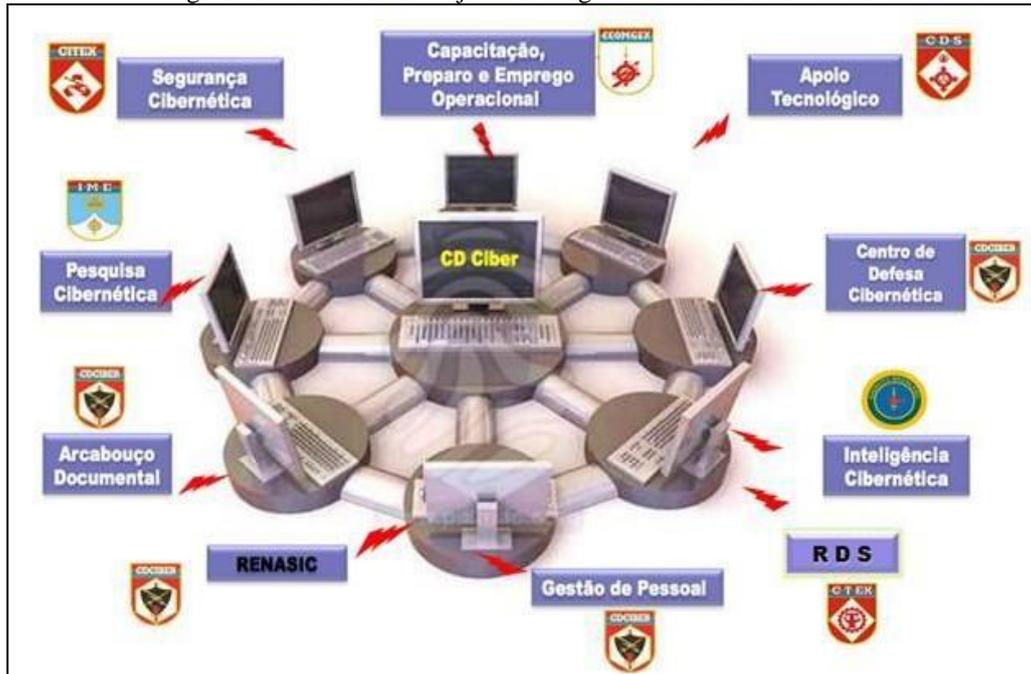


A atual guerra Ucrânia-Rússia mostra que a tecnologia do lançador de mísseis Javelin (Figura 25) colocou toda a frota de blindados russos fora do conflito, já que frente ao seu poder de fogo, ela ficou literalmente obsoleta. Essa tecnologia não acoplou – ainda – nenhum conceito associado às tecnologias quânticas que, na sua maioria, ainda não são embarcáveis. Mas isso chegará a ser realidade muito rápido. Provavelmente, quando isso acontecer, as Tecnologias Quânticas estarão associadas a conceitos de inteligência artificial, robótica, cibernética, comunicação quântica, computação quântica e internet quântica descritas anteriormene. Como expressou o Almirante britânico John Fisher em 1915, quando se referia à Primeira Guerra Mundial, que o conflito ia ser ganho pelas invenções. Nada mais verdadeiro.

47 Shabir Barzanjeh, Stefano Pirandola, David Vitali, Johannes M. Fink; Microwave quantum illumination using a digital receiver; Science Advances 6, 19, 0451 (2020). DOI: 10.1126/sciadv.abb0451.

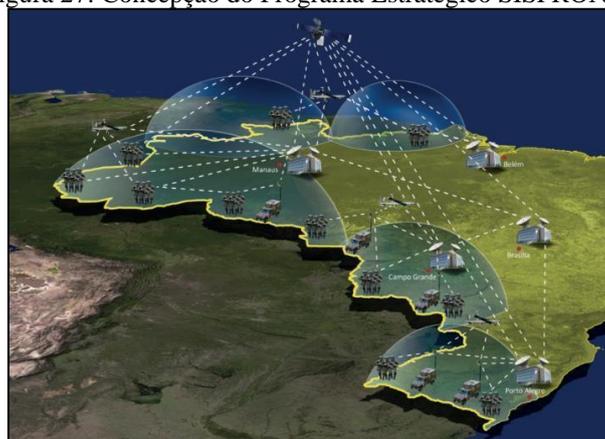
48 Javelin Weapon System | Lockheed Martin (Acesso em maio/2023).

Figura 26: Estrutura do Projeto Estratégico de Defesa Cibernética²⁴.



O Setor Cibernético abrange atualmente todos os aspectos da vida cotidiana, uma vez que atua através do emprego de modernos meios tecnológicos, redes de computadores e de comunicações destinadas ao trânsito de informações. Desta forma, seja no atendimento das necessidades individuais das pessoas, seja dando suporte para as organizações diversas, inclusive aquelas dedicadas a setores estratégicos do País, como a Defesa Nacional, a Cibernética é um campo de atuação vasto e complexo, e sua segurança implica na segurança das pessoas e da própria Nação.

Figura 27: Concepção do Programa Estratégico SISFRON50.



49 CIBERNÉTICA - Site EPEX (eb.mil.br) (Acesso em maio/2023).

50 SISFRON - Site EPEX (eb.mil.br) (Acesso em maio/2023).

A Figura 26 mostra a estrutura do Projeto Estratégico de Defesa Cibernética, a partir do Comando de Defesa Cibernética (ComDCiber). A Figura 27 mostra a concepção do Programa Estratégico de Vigilância das Fronteiras (SISFRON). Em ambas as figuras fica clara o potencial de vulnerabilidade do sistema e a capacidade de dano que pode significar o acesso a ele de hackers. E isso, como vimos antes, é completamente possível de acontecer haja vistas que estruturas cibernéticas bem mais sofisticadas do que as nossas (Pentágono, Nasa, US Navy etc.) foram invadidas por hackers em diversas oportunidades infringindo a eles pesados danos financeiros e, principalmente, estratégicos.

5.1 A QUARTA REVOLUÇÃO INDUSTRIAL, A GUERRA DO FUTURO E AS TECNOLOGIAS QUÂNTICAS

A influência da tecnologia em todas as áreas, em particular na de Defesa, vem sendo cada vez mais preponderante²⁵. A chamada Quarta Revolução Industrial está afetando o crescimento econômico, o desenvolvimento, a segurança e a soberania dos países, as relações internacionais e em particular a natureza dos conflitos bélicos. Diferentemente das antecessoras, lastreadas em inovações disruptivas em áreas específicas, a Quarta Revolução Industrial se desenvolve a partir da confluência de inovações ocorridas em várias áreas. Nesse diapasão, não é possível destacar algo que sintetize a essência desse novo período, como inegavelmente foram as molas propulsoras das três primeiras revoluções industriais, tal como a construção de ferrovias e a invenção da máquina a vapor; o advento da eletricidade e da linha de montagem; e o surgimento dos semicondutores, da computação e da internet. Porém, é possível identificar algumas tendências, como hiperconectividade, digitalização e convergência digital; e o compartilhamento de informações e dados, estes, muitas vezes, armazenados na “nuvem”. O aparecimento da computação quântica e da internet quântica terá enormes reflexos em todos esses aspectos.

A Quarta Revolução Industrial é caracterizada pela combinação de avanços ocorridos em três dimensões: (a) a física que compreende incessantes e surpreendentes progressos em novos materiais, sensores, nanotecnologia, microeletrônica e infraestrutura física de Tecnologia de Informações e Comunicações (TIC); (b) a lógica alavancada pela Inteligência Artificial (IA), protocolos de comunicações e algoritmos utilizados em vasta gama de aplicações; e (c) a Humana e da Natureza compreendendo estudos de fenômenos naturais, do mundo animal e de segredos do funcionamento e do comportamento dos seres humanos. Algoritmos genéticos, redes neurais artificiais, técnicas de aprendizagem, sequenciamento genético, bioimpressão e enxames de drones, são algumas das linhas de pesquisa inspiradas por tais estudos.

51 J. F. Galdino; A quarta revolução industrial e a guerra do futuro; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 126-128 (2023).

Avanços concomitantes nessas dimensões tornam possível o desenvolvimento de: internet ubíqua e móvel de alto desempenho; sensores menores, mais poderosos e baratos; robótica; Internet das Coisas (IoT, do termo em inglês Internet of things), Internet das Coisas no Campo de Batalha (IoBT, do termo em inglês Internet of Battle-Field Things), cidades inteligentes, veículos autônomos, impressão aditiva, tecnologias vestíveis, enxames de VANT, armas inteligentes etc. Inovações baseadas em IA estão surgindo em decorrência: do fácil acesso à grandes quantidades de dados, os quais são imprescindíveis para a aprendizagem e convergência de algoritmos “inteligentes”; do aumento exponencial na capacidade de processamento (Lei de Moore) e de armazenamento, de ser fundamental para viabilizar a execução de algoritmos de IA em tempo real; dos avanços no desenvolvimento de software de busca e de técnicas de aprendizagem profunda; da disponibilização de sensores que capturam volumoso conjunto de dados em tempo real; e do progressos na área de atuadores, em muitos casos, essenciais para que as ações advindas dos algoritmos de IA sejam implementadas. Quando as novas tecnologias quânticas, principalmente a computação, forem embarcáveis o desempenho funcional de veículos autônomos, enxames de VANT e todas as áreas da robótica deverá ser extraordinário. Ainda, se associado à IA, teremos veículos com desempenho funcional hoje inimaginável.

Na defesa, o uso de Tecnologias Quânticas terá reflexos muito significativos. Eletrônica embarcada e componentes de software passam a assumir papel relevante nos artefatos e nos vetores aéreos, navais e terrestres. O advento das Redes Cognitivas, Computação em Nuvem e os avanços nas comunicações digitais em canais sem fio intensificam a interconectividade. As tecnologias críticas subjacentes a esses assuntos permitem às Forças Armadas desenvolver o princípio de guerra centrada em rede, a adoção de sofisticados sistemas de comando e controle, bem como alcançar consciência situacional no Teatro de Operações em nível de detalhe jamais observado na história.

Destaca-se também que avanços em dispositivos (sensores, detectores e atuadores) quânticos, processamento digital de sinais utilizando computação quântica, materiais avançados desenvolvidos usando IA associada à computação quântica, automação, comunicação quântica, processadores digitais e processamento paralelo irão impulsionar extraordinariamente o desenvolvimento Sistemas Militares Mecatrônicos Autônomos. O advento dessa grande rede provocará, indubitavelmente, mudanças paradigmáticas na face da batalha, descortinando novos e hercúleos desafios, oportunidades e ameaças. Robôs e outros sistemas inteligentes operando com Tecnologias Quânticas e com IA, com graus variados de autonomia e locomoção bioinspirada, enxames de drones, diversos tipos de sensores, tecnologias vestíveis formarão uma grande rede, por meio da qual esses dispositivos irão interagir em tempo real não apenas entre si, mas também com seus controladores e “clientes” humanos. Executando inúmeras missões críticas, esses sistemas inteligentes serão alvos altamente compensadores. A

segurança – amparada por protocolos baseados em Tecnologias Quânticas - será, portanto, um requisito primordial na concepção e operação de sistemas de guerra inteligentes e suas redes de apoio. Indubitavelmente, os avanços são enormes, mas trazem grandes ameaças, particularmente para países que possuem baixa capacidade tecnológica acumulada em setores críticos, sendo capazes apenas de operar as tecnologias advindas da Quarta Revolução Industrial.

Uma das facetas mais visíveis disso é a Guerra Cibernética, cujas vulnerabilidades intensificam-se com a dependência tecnológica, mas que serão extraordinariamente minimizadas através do uso de Tecnologias Quânticas (computação, comunicação e criptografia quânticas). O estudo da 4ª Revolução Industrial e da Guerra Cibernética torna-se fulcral à evolução da arte e do pensamento militar e da Guerra Híbrida. É notório o aumento de casos de ataques cibernéticos divulgados na imprensa e emblemático de um novo paradigma o ataque desferido pelas Forças Armadas Israelenses, bombardeado um prédio que supostamente servia de base para um grupo de hackers do grupo terrorista Hamas. A face mais obscura e pouco explorada desse período bélico relaciona-se com os reflexos em relação à Guerra do Futuro. Porém, é evidente e translúcido que, nessa nova era, a dependência tecnológica será extremamente grave para um país, comprometendo-se de forma massiva não apenas o crescimento econômico e o desenvolvimento, mas principalmente a segurança e a soberania, por se intensificarem as vulnerabilidades cibernéticas. A forma mais rápida e segura de se proteger-se contra essas ameaças é o desenvolvimento de sistemas de proteção baseados em tecnologias quânticas, tanto pela adoção de sistemas de comunicação e computação quânticas, quanto pelo uso de dispositivos (sensores, detectores e atuadores) baseados em tecnologias quânticas.

Assim, mais do que nunca é preciso investir em ferramentas de prospecção, planejamento estratégico e estabelecer metas e objetivos focados nas áreas auspiciosas e portadoras de futuro, dentre as quais, as Tecnologias Quânticas são, de longe, as mais promissoras. Torna-se peremptório realizar planejamento de médio e longo prazos para retirar o Brasil do enorme atraso no campo da inovação, e colocá-lo em posição compatível com sua musculatura fisiográfica e econômica, sobretudo em áreas que se inserem no cerne da Quarta Revolução Industrial. Certamente é o caso das Tecnologias Quânticas. A busca, na maioria das vezes infrutífera, de se tentar suplantarmos o gap tecnológico, sobretudo em áreas inerentes a Era Industrial deve ficar em um segundo plano.

5.2 SUPREMACIA QUÂNTICA E DEFESA NACIONAL: O PAPEL DAS TECNOLOGIAS QUÂNTICAS

No cenário quase sombrio descrito anteriormente, qual é a relação entre a supremacia quântica de uma nação e a defesa nacional? ²⁶. A União Europeia anunciou em 2016 um investimento de US\$ 1,13 bilhão em um projeto para acelerar as pesquisas em tecnologias quânticas. Em 2019, durante o Workshop Quantum Computing “Are You Ready?” foi apresentada a iniciativa europeia para as comunicações quânticas. Ela foca no desenvolvimento de uma estratégia no campo da computação quântica que emerge em vários setores como o financeiro, o farmacêutico, o da indústria, o da energia e o da mobilidade. Em abril de 2019, matéria da revista *IstóÉ Dinheiro* mostrou, sob o título “A corrida pelo computador quântico”, que esta nova tecnologia, de acordo com o Boston Consulting Group (BCG), deve movimentar no mundo até 2030 ao redor de US\$ 50 bilhões com avanços associados em diversas áreas como economia, agricultura e medicina. Ainda de acordo com essa mesma revista, a corrida para estar na vanguarda dessa tecnologia não se limita ao setor privado, sendo que o governo norte-americano anunciou, em dezembro de 2018, que iria disponibilizar US\$ 1,2 bilhão para financiar pesquisa quântica no país. Entretanto, é a China que lidera os investimentos visando obter produtos com Tecnologias Quânticas ao destinar US\$ 10 bilhões para a construção de um laboratório de Ciência da Informação Quântica inaugurado em 2020. A nossa dependência de sistemas avançados de tecnologia de informação é total e absoluta em todas as áreas. Em defesa nacional certamente isso é um fator de extrema importância. Em junho de 2018, a IBM apresentou o denominado Summit, supercomputador mais rápido do mundo construído com recursos de inteligência artificial e machine learning, mas sem recursos de computação quântica nem de materiais supercondutores. Este computador tradicional (i.e., não quântico), considerado como sendo a ferramenta científica mais poderosa já criada até então, foi projetado e construído para o Departamento de Energia dos Estados Unidos da América e é capaz de realizar 200 quatrilhões de operações matemáticas ($200.000.000.000.000 = 2 \times 10^{17}$) por segundo. No final de setembro de 2019, o jornal britânico *Financial Times* anunciou que a empresa Google teria atingido a “supremacia quântica”, ponto em que um computador quântico teria realizado uma operação que uma máquina tradicional não seria capaz de fazer. Nesse caso, o chip Sycamore, projetado pelo Google, teria executado em pouco mais de três minutos um cálculo que o IBM Summit levaria 10 mil anos para realizar. Pouco mais de um mês depois, na edição 284 de outubro de 2019, matéria da *Revista Fapesp* mostrou que os computadores quânticos, finalmente, estão saindo dos laboratórios de pesquisa e ficando disponíveis comercialmente. Nesse sentido, em janeiro desse ano, a IBM fez o lançamento do denominado Q System One que é o

52 Araujo-Moreira, F.M.; Supremacia quântica e defesa nacional: a nova realidade; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 245-247 (2023).
53 Quantum Manifesto - A New Era of Technology (tno.nl) (Acesso em maio de 2023).

primeiro computador quântico universal disponível ao público e que pode realizar vários tipos de operações. Um programa de inteligência artificial produzido na Universidade de Flinders, na Austrália, desenvolveu sozinho em 2019 uma nova vacina para o vírus influenza (gripe) tão eficaz que testes em humanos já estão sendo realizados nos Estados Unidos da América. Por outro lado, pesquisadores do MIT (Massachusetts Institute of Technology), da Universidade de Oxford e da IBM, mostraram que o uso da computação quântica poderia acelerar o Machine Learning, tecnologia que junto com Deep Learning são derivadas (e incluídas) na inteligência artificial (IA). Juntar ambas as áreas tem um potencial de processamento de informações e obtenção de resultados muito grande que, na maioria das situações, tem enorme relevância estratégica. Durante a pandemia da Covid-19, ficou claro, e de maneira semelhante ao trabalho feito na Austrália, que dispormos de uma vacina confiável e economicamente viável num curto período poderia ter salvado milhões de vidas no mundo. Dispor de recursos científicos de última geração tais como a computação quântica é essencial para a soberania de uma nação. É essencial, quase emergencial, o Brasil desenvolver e adotar Tecnologias Quânticas em todos os setores estratégicos, principalmente o de segurança e defesa.

5.3 O SISTEMA DE INOVAÇÃO MILITAR E AS TECNOLOGIAS QUÂNTICAS

Levando em conta os parágrafos anteriores, aparece como sendo fundamental a integração do sistema de inovação militar com o sistema nacional de inovação²⁷. Ao longo da história, incontáveis avanços tecnológicos, originalmente destinados ao desenvolvimento de produtos e sistemas militares, “transbordaram” para outros setores gerando inovações de ruptura com enormes benefícios para a sociedade. Particularmente no século XX, sofisticadas pesquisas de interesse militar impulsionaram inovações e o crescimento econômico dos países pioneiros. Malgrado a tese defendida por alguns pensadores, especialmente aquela expressa por Samuel P. Huntington em seu famoso livro *O choque de civilizações*⁵⁵, prosperou hipótese diversa de que a queda do Muro de Berlim representaria a promessa de uma época de progressivo declínio de crises e de grandes conflitos internacionais. Em que pese a proliferação de conflitos sugerindo a confirmação das teorias de Samuel P. Huntington, o fato é que o desmantelamento da União Soviética contribuiu, sobretudo, para reduzirem-se os gastos direcionados à defesa, tanto para a aquisição de artefatos bélicos, como para a realização de pesquisas

54 J. F. Galdino; A importância da integração do sistema de inovação militar e o sistema nacional de inovação; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo- Moreira; 155-157 (2023).

55 O livro *O choque de civilizações* é uma teoria proposta pelo cientista político Samuel P. Huntington, segundo o qual as identidades culturais e religiosas dos povos serão a principal fonte de conflito no mundo pós-Guerra Fria. A teoria foi originalmente formulada em 1993, num artigo da *Foreign Affairs* chamado "The Clash of Civilizations?" como reação ao livro de Francis Fukuyama *The end of history and the last man*, lançado em 1992. Huntington posteriormente expandiu sua tese num livro de 1996 chamado *The Clash of Civilizations and the Remaking of World Order*. A expressão foi usada pela primeira vez por Bernard Lewis num artigo do exemplar de setembro de 1990 de *The Atlantic Monthly*, chamado *The Roots of Muslim Rage* (do inglês, *As Raízes da Ira Muçulmana*).

científicas, arrefecendo assim o dinamismo do setor e o correspondente efeito de transbordamento. Por outro lado, nos últimos trinta anos, o ritmo de inovação voltado para setores civis da sociedade vem atingindo patamares que os especialistas definem como inusitados na história. Nesse mesmo diapasão, estudos prospectivos indicam que essa tendência intensificar-se-á ainda mais em razão: dos impressionantes avanços nas comunicações digitais de abrangência planetária; do invulgar dinamismo que impulsionou a Era do Conhecimento; e, mais recentemente, dos progressos que vem ocorrendo no bojo da Quarta Revolução Industrial. Em suma, com apoio estatal em pesquisas básica e aplicada e os investimentos privados focados em inovação, os desenvolvimentos voltados para o mercado civil tornaram-se grandes impulsionadores dos avanços científicos e tecnológicos. Contribuíram para essa conjuntura: o modelo de Inovação Aberta; a criação de redes de inovação, que transcendem fronteiras nacionais; e a proliferação de ambientes de inovação, como parques, polos e distritos. Enfim, atualmente, são inúmeras as demonstrações de transbordamento às avessas, em que inovações destinadas ao mercado convencional, são robustecidas e integradas para gerar novas capacidades na área de Defesa. Isso vem se tornando especialmente corriqueiro nas chamadas tecnologias genéricas e duais, com grande potencial mercadológico, em especial, aquelas ligadas à área da 4ª Revolução Industrial. Por conta disso, uma maior sinergia entre os setores de P&D militares e civis, bem como as adoções do modelo de Inovação Aberta e de Tríplice Hélice na Defesa são uma tendência mundial e o mote de diretrizes e aspirações nacionais. As estratégias de Desenvolvimento e de Defesa tornam-se cada vez mais indissociáveis e impulsionadas pela inovação. De fato, em um mundo globalizado e no qual emergem novas e desafiadoras ameaças assimétricas que se somam às tradicionais, a inovação torna-se fundamental para promover o crescimento econômico, o acúmulo das capacidades tecnológicas e a autonomia em áreas sensíveis à Defesa Nacional. A sinergia entre setores civis e militares que labutam para promover a inovação pode tornar eficiente, eficaz e parcimonioso o uso dos recursos públicos, sobretudo em um País com déficit em diversos setores da sociedade e com poucos meios para investir em ciência e tecnologia, especialmente, na área de Defesa. A área de Defesa é altamente demandante de ciência, tecnologia e inovação. No caso de tecnologias quânticas, dado o seu alto custo e seu enorme grau de solicitação, essa demanda crescerá várias ordens de grandeza. Por conta disso, tanto o Livro Branco de Defesa, quanto a Política Nacional de Defesa e a Estratégia Nacional de Defesa destacam a associação, a vinculação e a mútua dependência entre a Estratégia de Defesa e a Estratégia de Desenvolvimento, bem como a necessidade de desenvolvimento científico e tecnológico para promover autonomia em áreas importantes, como a cibernética, a nuclear e a espacial. Novamente, as Tecnologias Quânticas deverão impactar fortemente essas três grandes pelo que fica clara a necessidade de seu preempatório desenvolvimento e implantação nas nossas forças armadas e estruturas associadas.

O Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército Brasileiro passa por um processo de transformação objetivando criar um ambiente favorável à inovação; fortalecer a Base Industrial de Defesa do Brasil; e, particularmente, intensificar a integração e cooperação entre a academia, o governo e as corporações. Uma importante etapa desse processo é a consolidação do Sistema Defesa, Indústria e Academia de Inovação (SisDIA), recém-criado e inspirado no modelo da Hélice Tríplice, e a implantação da Agência de Gestão de Inovação Tecnológica (AGITEC) do Exército Brasileiro, vocacionada para as áreas de informações e prospecções tecnológicas, gestão do conhecimento científico tecnológico, gestão da propriedade intelectual e promoção da cultura de inovação no Exército Brasileiro. Todavia, o Sistema de Ciência, Tecnologia e Inovação do Exército Brasileiro interage, depende e está condicionado ao sistema nacional de inovação do Brasil. Portanto, a capacidade de inovação daquele, depende visceralmente da deste sistema. Assim, analisar este sistema é importante não apenas para a adoção de políticas públicas que viabilizem o crescimento e desenvolvimento nacionais, mas também para impulsionar a área de Defesa. Convém lembrar que a expressão “Sistema Nacional de Inovação” (SNI) foi cunhada por Freeman, no final da década de 1980, para designar um conjunto de instituições públicas e privadas, cujas atividades e interações contribuem para a criação, avanço e difusão das inovações tecnológicas de um país. O conceito vem evoluindo desde então, mas seus elementos essenciais mantêm-se preservados. Mensurar a capacidade de um sistema de inovação de um país é uma tarefa bastante complexa, porém peremptória não apenas para subsidiar a definição de políticas públicas, mas também para avaliar os resultados das aplicações das ações estratégicas decorrentes dessas iniciativas. Muitos estudos e pesquisas são realizados com o objetivo de desenvolver indicadores de inovação e avanços marcantes ocorrem nessa área. Dentre os indicadores que avaliam a capacidade de inovação de SNI, destacam-se os produzidos pelo Global Innovation Index (GII). Infelizmente, a capacidade de inovação do Brasil é bastante modesta, conforme mostram diversos indicadores. Considerando os índices do GII, o Brasil encontra-se na 54ª posição no ranking internacional, segundo o relatório de 2022 do GII5²⁸. Dessa maneira é necessário considerar a priorização de áreas tecnológicas como premissa para impulsionar a inovação. E nesse conjunto, as Tecnologias Quânticas certamente deverão ser prioritárias.

5.4 INOVAÇÃO MILITAR E AS TECNOLOGIAS QUÂNTICAS

Ao se analisar a importância da integração do Sistema de Inovação Militar com o Sistema Nacional de Inovação aparece uma notável faceta da interdependência desses sistemas de inovação: os

56 Brasil ganha três posições no ranking global de inovação — Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (www.gov.br) (Acesso em maio/2023).

57 J. F. Galdino; A priorização de áreas tecnológicas como premissa para impulsionar a inovação; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 189-192 (2023).

transbordamentos de inovações desenvolvidas para atender necessidades militares para aplicações civis e o aproveitamento daquelas originalmente destinadas ao mercado convencional na concepção de produtos e sistemas de emprego militar⁵⁷. Há também inúmeras interdependências decorrentes dos insumos que um sistema aporta no outro e diversos projetos de pesquisas e desenvolvimento empreendidos com a participação de atores dos dois sistemas. Entretanto, para se alcançar um sistema militar de inovação expressivo, é fundamental dispor de um Sistema Nacional de Inovação (SNI) pujante e eficiente. Todavia, em que pesem as diversas políticas e ações estratégicas nacionais promovidas nos últimos vinte anos para impulsionar o SNI do Brasil, o país exibe indicadores de desempenho bastante modestos e indícios de tendências não permitem vislumbrar um cenário auspicioso no curto prazo. Ao contrário, as inferências são de afastamento dos países mais inovadores do mundo. O Brasil encontra-se na 54ª posição no ranking internacional de inovação, sendo superado por alguns países da América Latina. A suposta incompatibilidade entre os recursos investidos e os pífios indicadores de desempenho do SNI levou o Tribunal de Contas da União (TCU) a realizar uma auditoria operacional nos programas nacionais voltados para a promoção da inovação. O escopo da auditoria se restringiu a aspectos de governança e concluiu que não há planejamento de longo prazo para o setor, tampouco coordenação das iniciativas governamentais, nem formas eficientes de se avaliar a execução e os resultados das ações desencadeadas. O estudo indicou o excesso de temas priorizados na Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI), a ausência de mecanismos que visem desdobrar a estratégia em planos de médio prazo, a carência de eficientes processos de acompanhamento das ações empreendidas, resultando em falhas de monitoramento e avaliação das políticas públicas de fomento à inovação, além do inexistente alinhamento das iniciativas governamentais com a ENCTI em questão. São enormes os desafios a serem superados para que o Brasil logre posição de destaque no campo da inovação. A literatura especializada difunde muitos estudos que analisam o desempenho do Sistema Nacional de Inovação do Brasil e discutem óbices que extrapolam os aspectos de governança apontados pelo TCU. Entretanto, um dos mais instigantes e essenciais é, indubitavelmente, a realização de ações estratégicas de longo prazo, que devem compreender o planejamento, a execução, o monitoramento e a avaliação dessas estratégias. Porém mais complexo do que diagnosticar o problema é descobrir como resolvê-lo. Nessa caminhada um passo inicial basilar é a fixação de prioridades, seara na qual, é mister trazer à baila iniciativas recentes do Exército Brasileiro. Desde 2009, quando iniciou o seu Processo de Transformação, o Exército vem envidando esforços para ampliar sua capacidade de inovação e de planejamento de longo prazo a fim de proporcionar à Força Terrestre meios mais modernos para cumprir suas missões constitucionais em um contexto cada vez mais dinâmico e incerto. Inspiradas em teorias e práticas consagradas no mundo, as ações em andamento no Exército buscam, dentre outros objetivos, aperfeiçoar seu planejamento

estratégico de longo prazo com base na convergência e no desenvolvimento de eficientes metodologias de prospecção tecnológica, prontidão tecnológica, alinhamento estratégico e criticidade que em conjunto constituem a essência da denominada Metodologia de Planejamento e de Gestão da Inovação, desenvolvida pela AGITEC e que se encontra em fase de experimentação. Com isso, o processo decisório de nível estratégico, bem como os órgãos formuladores de políticas voltadas para o Sistema Militar de Inovação passarão a contar com subsídios que certamente aprimorarão suas práticas, pois resultarão da aplicação de métodos científicos consistentes. São informações detalhadas sobre: tecnologias portadoras de futuro, ainda nas fases de iniciação e de crescimento do ciclo de vida; seus impactos potenciais nas capacidades pretendidas pelo Exército no horizonte temporal de 20 anos; as vulnerabilidades decorrentes de uma eventual dependência estrangeira com relação às tecnologias prospectadas; os benefícios auferidos pelos domínios autóctones dessas tecnologias quanto ao Desenvolvimento e Soberania Nacionais; e os riscos tecnológicos de se empreender novos e instigantes projetos de Pesquisa e Desenvolvimento. Com esse arcabouço de informações, augura-se facilitar o complexo e fundamental processo de priorização de áreas tecnológicas para inovação. Apontado em alguns estudos que analisam o desempenho do SNI como um importante gargalo das políticas públicas voltadas para o setor, a falta de foco e a consequente pulverização dos recursos públicos destinados à promoção da inovação também é destacada no relatório do TCU. Identificar as vocações nacionais, selecionar as áreas tecnológicas e promover ações continuadas de longo prazo de fomento nessas áreas são temas que seguramente devem ser contemplados na concepção de uma PNI capaz de alçar o Brasil a uma posição de destaque na inovação. O Exército nos ensina que a solução para a falta de foco pode ser encaminhada com a adoção de ferramentas como Prospecção Tecnológica, Prontidão Tecnológica, Alinhamento Estratégico e Análise de Criticidade, fatores todos essências para que o desenvolvimento e adoção de Tecnologias Quânticas seja exitoso.

5.5 AS TECNOLOGIAS QUÂNTICAS COMO VETOR DE TRANSFORMAÇÃO DO EXÉRCITO BRASILEIRO

Pelo anteriormente exposto, a gestão da inovação deve ser considerada como o vetor de transformação do Exército Brasileiro²⁹ e as Tecnologias Quânticas devem ser o seu carro-chefe. A indústria de defesa brasileira atingiu o apogeu na década de 1980, quando 90% das demandas do Exército eram atendidas pelo mercado interno e a pauta de exportação incluía diversos produtos de elevado valor agregado com considerável conteúdo nacional. A capacidade tecnológica do Brasil no setor de defesa era reconhecida internacionalmente e o País figurava como o 8º maior exportador

58 J. F. Galdino; Gestão da inovação como vetor de transformação do Exército Brasileiro; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 288-291 (2023).

mundial nesse concorrido nicho de mercado. Por diversas razões internas e externas em 2013, o Brasil ocupava apenas a 23^a colocação no ranking das exportações de defesa. O período de “apagão” (de aproximadamente 25 anos) coincidiu com uma época de vertiginoso desenvolvimento tecnológico internacional e de intensas e marcantes transformações no mundo. Readquirir proeminência e alcançar elevada capacidade tecnológica é uma tarefa hercúlea, cujo sucesso depende da persistência de inventores e gestores, de investimento contínuo, da participação de diversos setores da sociedade, e, sobretudo, de planejamento estratégico de longo prazo. O abissal hiato tecnológico enfrentado pela Base industrial de Defesa (BID) e pelo EB revelou a necessidade de ir-se além da mera, conquanto imprescindível, aquisição de equipamentos novos e modernos. Era mister empreender um amplo Processo de Transformação no seio da Força, com o objetivo precípua de transmutar estruturas concebidas sob a égide da Era Industrial em uma organização capaz de enfrentar os complexos desafios da Era do Conhecimento e de responder, com oportunidade, às demandas do Exército Brasileiro. Nesse processo ganhou vulto a vertente de Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I), vertente na qual as Tecnologias Quânticas certamente deverão ter um papel mais do que preponderante. Destarte, o Departamento de Ciência e Tecnologia (DCT) elaborou estudos específicos que concluíram sobre a necessidade imperiosa de implantar-se: modelos de gestão da inovação que privilegiem a participação da comunidade científica nacional de forma ampla em assuntos de Defesa; que possibilitem o domínio de tecnologias críticas subjacentes aos produtos e sistemas de Defesa; que incentivem a pesquisa básica e aplicada, bem como a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) em rede, congregando organizações civis e militares que labutem no campo da ciência e tecnologia do País, e que irmanadas terão melhores condições de ampliar a capacidade tecnológica nacional, passo indispensável para o desenvolvimento, o crescimento econômico e a soberania; que busquem a exploração da natureza dual das tecnologias desde os seus níveis iniciais de maturidade; e que realizem a proteção, divulgação e externalização dos ativos intangíveis do Exército Brasileiro em proveito do desenvolvimento da indústria nacional. Enfim, almeja-se um novo paradigma de gestão da inovação alinhado com a visão de um Exército Empreendedor, atento aos acontecimentos atuais, capaz de prospectar o futuro e as oportunidades de progresso tecnológico, ao mesmo tempo que valoriza suas tradições e reafirma os princípios e valores que notabilizam essa secular, permanente e regular Instituição do Estado brasileiro. Nesse diapasão, tornaram-se essenciais a adoção de paradigmas modernos na área de gestão da inovação, como a Inovação Aberta e a Tríplice Hélice, a realização de mudanças organizacionais em estruturas existentes e a criação de organizações específicas para contribuir com a gestão da inovação. Assim surgiram o Sistema de Defesa, Indústria e Academia de Inovação (SisDIA de Inovação) e a AGITEC. Por uma questão de exiguidade de espaço, focarei doravante nesta última. Ativada como Organização Militar do DCT em janeiro de 2018, a AGITEC foi preparada para lidar com áreas complexas,

multidisciplinares, abrangentes e fulcrais da Era do Conhecimento, como prospecção tecnológica, gestão do conhecimento científico-tecnológico, promoção da cultura de inovação e gestão da propriedade intelectual. Tendo por essência a condição de órgão de assessoramento, a Agência gera subsídios para contribuir com processos decisórios que promovam a criação de um ambiente favorável à inovação no campo científico-tecnológico, sobretudo em colaboração com os diversos setores da sociedade (Tríplice Hélice & Inovação Aberta).

5.6 A QUESTÃO FULCRAL: CIBERNÉTICA E A CAPACIDADE NACIONAL FRENTE ÀS TECNOLOGIAS QUÂNTICAS

Para alavancar o desenvolvimento e o crescimento econômico do Brasil é fundamental incentivar áreas indutoras das tecnologias que compõem a 4ª Revolução Industrial, dentre as quais se destaca a nova Cibernética, que deverá ser baseada em Tecnologias Quânticas. De não ser assim, a atual cibernética ficará rapidamente obsoleta, e pior, extremamente vulnerável. Uma análise cuidadosa nos mostra a sua importância e indícios da capacidade nacional³⁰. A interconectividade impactou transversalmente a sociedade e alçou a cibernética ao patamar de assunto estratégico, repercutindo simultaneamente nas expressões científica e tecnológica, política, econômica, militar e psicossocial das nações. Desenvolver tecnologias cibernéticas de amplo espectro de aplicações tornou-se fulcral para incorporar os extraordinários avanços advindos da 4ª Revolução Industrial antes mencionada, amplificar vocações técnicas e industriais, melhorar a qualidade de serviços e atividades essenciais ao funcionamento da sociedade sem, contudo, desgarnecer a segurança de infraestruturas críticas, ou expor a soberania nacional a riscos sem precedentes. Por força das relações humanas estabelecidas no ambiente doméstico ou corporativo, pessoas e objetos se conectam a intrincadas redes de comunicações, potencializando as possibilidades de intercâmbio de ideias e de conhecimentos e favorecendo a ciclos cada vez mais breves de aprendizado e inovação. Paradoxalmente, essa interconexão de valor inestimável também facilita que ações nefastas sejam perpetradas contra indivíduos, instituições e, até mesmo, Estados. Essas atividades ilegais não se restringem ao roubo e à exposição de dados para fins sombrios, mas abrangem ataques cujos epicentros eclodem na dimensão digital, e as consequências infringem danos no plano físico, impactando serviços essenciais ou conduzindo ao caos ou ao colapso de sistemas complexos como os utilizados nos setores aeroportuários, financeiros, geração e distribuição de energia elétrica, militares e de saúde pública/privada. Com frequência, as diferentes mídias difundem a ocorrência de problemas econômicos, políticos, militares e geopolíticos desencadeados por exitosas ações cibernéticas. Essas

59 J. F. Galdino; Cibernética: importância e indícios da capacidade nacional; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 319-322 (2023).

notícias sugerem que as ameaças cibernéticas são capazes não apenas de provocar a desordem urbana, mas também de negar capacidades operativas militares explorando vulnerabilidades de sistemas, plataformas e produtos de defesa integrados em rede. Esse cenário suscita alguns questionamentos, como: em que estágio de evolução se encontra a ameaça Cibernética? Como o Brasil se posiciona em termos de capacidade tecnológica nesse setor? As respostas dessas questões podem subsidiar a adoção de políticas públicas e estratégias de Estado visando preparar adequadamente o País para enfrentar os desafios do futuro. A AGITEC conduziu um estudo de prospecção tecnológica sobre as principais ameaças cibernéticas, buscando explorar as questões supracitadas e concluiu que a cibernética, em amplo senso, ainda é uma área de conhecimento incipiente, sugerindo que seus efeitos, consequências e possibilidades apresentaram apenas as primeiras evidências. Ao avaliar o estágio de evolução das principais tecnologias, os atores mundiais mais proeminentes e a participação nacional, o estudo em comento evidenciou que o setor se encontra fragilizado quanto ao desenvolvimento autóctone, ao menos em relação a seus ativos de propriedade intelectual e de artigos científicos indexados. Essa constatação se coaduna com a histórica dependência do Brasil de fornecedores internacionais na obtenção de produtos e sistemas complexos, neste caso, nas áreas de tecnologias da informação e comunicação. A implementação em curso de infraestrutura importada para a nova geração de telefonia móvel celular de 5G no Brasil, ilustra a limitada capacidade tecnológica do País concernente ao desenvolvimento de ativos para o mundo digital, expõe vulnerabilidades nacionais a ataques cibernéticos, cujas consequências são potencialmente nefastas à Defesa e Segurança nacionais. Outros países, como a Índia, tomaram a decisão estratégica de desenvolver tecnologias visando a concepção de seus próprios sistemas de 6G em um futuro não muito distante. No aludido estudo, foram identificadas apenas 17 patentes depositadas no Brasil por residentes e 182 por não residentes, particularmente de empresas multinacionais com possíveis pretensões de realizar reserva de mercado no País. Chama atenção o baixo percentual de patentes de residentes, apenas 8,54%, muito aquém da média nacional que gira em torno de 20%, ou seja, se habitualmente a maior parcela das invenções protegidas no Brasil provém do capital intelectual estrangeiro, essa relação é ainda mais desfavorável no setor cibernético. Ao se confrontar a quantidade de patentes de nacionais ou residentes com o total evidenciado pelo estudo prospectivo de quase 51 mil no mundo, constringe constatar que a capacidade tecnológica nacional predita pelos documentos se mostra inexpressiva, sendo inferior a 0,04%. Em que pese modesta, a participação do País em termos de produção científica indexada gira em torno de 0,7%, bem superior à de patentes de invenção. Todavia, vale lembrar, que essa performance é bem inferior ao padrão médio do País que supera a marca de 3%. Além disso, os estudos indicam que o Brasil possui percentual maior de publicação nas ameaças cibernéticas com histórico mais remoto e que apresentam estágio avançado do ciclo de vida. Nas tecnologias recentes a produção nacional é ainda mais modesta.

Um futuro mais promissor passa por: intensificar a formação de recursos humanos; fomentar startups e empresas; e investir em P&D em Defesa Cibernética. Ações exitosas na Guerra do Futuro serão dependentes de tecnologias susceptíveis a ameaças cibernéticas e as Forças Armadas capazes de atuar neste domínio estarão mais bem preparadas para enfrentar as ameaças difusas que notabilizam o século XXI, logrando maior grau de liberdade para conduzir operações de múltiplo espectro. Nesse sentido, as Tecnologias Quânticas certamente vão desempenhar um papel fundamental. Sendo que a defesa do Estado é missão constitucional das Forças Armadas, para o seu cumprimento os empreendimentos envolvendo Ciência, Tecnologia e Inovação vêm assumindo uma relevância cada vez maior. No Processo de Transformação do Exército, iniciado em 2010, a efetiva participação da indústria e da academia é considerada fulcral para aprimorar a capacidade do Sistema Setorial de Inovação do Exército, encurtar os prazos das atividades de pesquisa e desenvolvimento, aumentar o conteúdo nacional de projetos estratégicos e elevar o estoque de conhecimento em temas críticos para o desenvolvimento de capacidades militares terrestres. Essa busca de integração cada vez maior com a parcela civil da sociedade vem contando com ações norteadas por referenciais teóricos modernos, como a Inovação Aberta, referenciais estes já difundidos e praticados nos países e setores empresariais que se destacam pela capacidade de inovação.

Outra área além da cibernética que será fortemente impactada pelas Tecnologias Quânticas será a de Inteligência Artificial (IA). Os estudos sobre Inteligência Artificial iniciaram-se na década de 1950, com os trabalhos seminais do inglês Alan Turing e com os empreendimentos da Corporação Research and Development (RAND), que em 1956 cria e financia o primeiro programa de inteligência artificial, o Logic Theorist, projetado para imitar as habilidades de resolução de problemas de um ser humano. As aplicações baseadas em IA, geralmente, empregam algoritmos sofisticados que executam uma quantidade surpreendente de operações lógicas e matemáticas, utilizam volumoso conjunto de dados para sua convergência e, em alguns casos, usam sensores e atuadores. No setor de defesa, as capacidades de percepção, cognição, gestão automatizada ou semiautônoma de artefatos bélicos habilitadas pela IA, têm potencial para adicionar nova dinâmica ao combate e aumentar a velocidade das ações ou de resposta para lapso temporal sem precedentes. As aplicações militares de IA são transversais e impactam áreas como coleta e análise de inteligência, logística, operações ciberespaciais, comando e controle, além de uma variada gama de armas de defesa antiaérea e de veículos militares autônomos. A evidência de dispositivos ciberfísicos na escala de 5 nanômetros, como o menor chip da IBM, corrobora a opinião de estudiosos, estrategistas e visionários do setor de defesa, para os quais as capacidades tecnológicas de alguns países possibilitarão construir artefatos bélicos como robôs militares e drones muito pequenos e altamente letais. Especialistas militares alertam que a IA possui o condão de reduzir barreiras de entrada, ou seja, de permitir que países e empresas com pouco lastro

tecnológico possam se tornar competitivos em curto intervalo de tempo, o que pode ser corroborado por análise da trajetória econômica das principais empresas emergentes no setor.

5.7 OS RUMOS PARA A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL QUÂNTICA

É a Inteligência Artificial Quântica a próxima fronteira a ser superada? Em recente estudo³¹ de prospecção tecnológica realizado pela AGITEC foi investigado o tema de IA e mostrou que o Brasil contribui com apenas 1,84% das publicações científicas em revistas indexadas e com 0,39% dos depósitos de patentes de invenção no mundo. Sob a ótica do setor de defesa, esse estudo evidenciou como auspiciosa a aplicação da IA em Cibernética, Redes de Sensores sem Fio, Simulação, Detecção de Objetos e Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT), Sistemas de Comando e Controle e Sistemas Mecatrônicos. Aplicações como seleção, detecção e engajamento de alvos, e o uso autônomo de enxames de drones estão entre as expectativas mais endossadas de IA para a Guerra do Futuro. Em que pese importantes para múltiplos setores e essenciais para a defesa, constatou-se que os esforços nacionais de ciência e tecnologia para tais aplicações são ainda mais incipientes, uma vez que as principais iniciativas nacionais se voltam para energia, educação, inteligência computacional, direito, sistemas de informação, banco de dados, realidade virtual e agricultura de precisão. Em tempos remotos, espadas, arcos e flechas eram consideradas as mais avançadas e importantes armas de guerra. O estado da arte do pensamento militar revolucionou-se com o advento da pólvora e das armas de fogo. Outras inovações militares infletiram irreversivelmente o poder de combate na era moderna, mas nenhuma introduziu tanta capacidade de destruição e aniquilação em massa quanto as armas nucleares. No período pós-moderno, a Inteligência Artificial emerge como tecnologia disruptiva de baixa barreira de entrada, característica que permite a novos atores governamentais ou privados lograr protagonismo. Ao adicionar cognição a robôs, a artefatos cibernéticos, a armamentos e a diversos dispositivos, a IA associada com Tecnologias Quânticas demonstra potencial inimaginável incluindo a condução e coordenação de operações complexas com vantagens sem precedentes sobre a capacidade humana. Suas implicações transversais para múltiplos setores da economia, defesa e segurança nacional justificam as Políticas de Estado e as ações estratégias adotadas por vários países que não pretendem negligenciar neste domínio tecnológico portador de futuro.

A capacidade científico-tecnológica é fundamental para impulsionar as expressões econômica e militar das nações³². Neste caso, ela é essencial para tornar mais eficiente, eficaz e dinâmico o Sistema Setorial de Inovação de Defesa que tem a Base Industrial de Defesa nacional como elemento fulcral. Assim sendo, inferir sobre o desempenho das empresas que atuam no setor de defesa pode

60 J. F. Galdino; Inteligência artificial, ainda dá tempo; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 375-378 (2023).

61 J. F. Galdino; A indústria de defesa e a expressão militar do poder nacional; in: Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 360-362 (2023).

evidenciar tendências ou fatos portadores de futuro com possibilidade de indicar mudanças no tabuleiro geopolítico mundial. As Forças Armadas de países que desenvolvem seus sistemas, equipamentos e armamentos ou que induzem adequadamente o desenvolvimento tecnológico e de fronteira autóctone, faz extensivo uso das capacidades técnicas nacionais e empreendem visão de longo prazo. Os investimentos em Defesa cooperam para o transbordamento tecnológico, ou seja, para que soluções técnicas concebidas originariamente para determinada finalidade logrem resultados mais abrangentes, gerando, entre outros ativos, conhecimento científico, patentes, profissionais capacitados e novas empresas, que servirão de insumos para um novo ciclo virtuoso. Os países que não possuem uma estratégia de Estado eficiente para impulsionar a ciência, a tecnologia e a inovação, especialmente, em assuntos de interesse militar, mormente conduzem processos de obtenção priorizando a aquisição no mercado externo em detrimento do desenvolvimento próprio. Entre as razões para abdicar ou restringir o desenvolvimento tecnológico interno, pode-se citar a premência de preservar a capacidade operativa, posto que atividades de P&D nacionais podem ensejar delongas orçamentárias, administrativas e até fabris que resultem na indisponibilidade do produto ou em sua disponibilidade posterior às necessidades da Força. Em suma, convém que os empreendimentos tecnológicos de impacto conciliem as prementes necessidades operacionais com o fortalecimento da BID nacional, buscando atingir um bom compromisso entre aquisição internacional e PD&I autóctone, particularmente visando aumentar o conteúdo nacional em áreas críticas sem alongar cronogramas de obtenção de produtos, sistemas e armamentos centrais para a manutenção da capacidade operacional da Força.

Para o desenvolvimento autóctone de tecnologias críticas de interesse da Defesa, que é o caso das tecnologias quânticas, deve-se promover maior integração entre Governo, Academia e setor produtivo (BID), ampliar o estoque de conhecimento nacional, elevar a capacidade de realizar P&D e impulsionar a inovação. O Sistema Setorial de Inovação de Defesa interage e depende do próprio Sistema Nacional de Inovação. Os grandes players buscam evitar que neófitos prosperem e logrem êxito no mercado mundial de Defesa. Nesse setor, que envolve a soberania dos países, fóruns econômicos e organismos multilaterais possuem pouca ou nenhuma ingerência.

6 SUMÁRIO & CONCLUSÕES

O século XIX foi conhecido como a era das grandes máquinas, por exemplo a máquina a vapor. Apesar dos inúmeros e importantes avanços em todas as áreas registrados século XX, ele certamente passa para a história como a era da informação. O século XXI era aguardado para dar início da nova era da inovação. Entretanto, o que devia ter seguido seus antecessores e durar 100 anos, durou menos do que 20, dando lugar ao início da chamada era das Tecnologias Quânticas. Tal fato comprovou, mais

uma vez, as previsões futuristas de Raymond Kurzweil, inventor e futurista norte-americano, feitas na década de 1980 relativas ao crescimento exponencial⁶³.

O ex-engenheiro do Google, Raymond Kurzweil, se tornou pioneiro em campos de reconhecimento ótico de caracteres, síntese de voz, reconhecimento de fala e teclados eletrônicos, e há algum tempo vem trazendo algumas previsões para o futuro principalmente nesse tipo de segmento. Em 1990 ele previu que um computador conseguiria vencer dos campeões mundiais de xadrez no ano de 2000. Além disso, ele também conseguiu prever o surgimento de aparelhos como os computadores portáteis e smartphones, além da evolução da tecnologia sem fio e até mesmo da internet. Atualmente, suas previsões estão focadas principalmente na corrida da evolução em termos de inteligência artificial. Segundo ele, o rápido crescimento nesse campo fará com que a imortalidade seja alcançada em pouco tempo, até 2030. Ray acredita que esse processo irá evoluir no ponto de vista médico, principalmente, permitindo que a robótica, que ele denomina como nanobots, possam trabalhar de forma rápida no corpo humano a nível celular para combater tanto doenças quanto o envelhecimento. Com isso, se terá alcançado a imortalidade, já que ele afirma que os humanos poderemos aumentar a expectativa de vida mais de um ano a cada ano. Esses nanobots estariam implantados dentro do corpo, fluindo pela corrente sanguínea e fazendo reparos sempre que necessário. Independentemente do Ray acertar ou não essas próximas previsões, a questão central é que, para elas se tornarem realidade, muito possivelmente o serão somente através do uso das Tecnologias Quânticas.

Independentemente dessas previsões estarem ou não certas, o caso é que o uso dessas novas tecnologias é urgente e essencial principalmente nas áreas de segurança e defesa de forma a podermos garantir a nossa soberania como país. E, dados os objetivos marcadamente diferentes⁶⁴ dos três principais players – academia, corporações e forças armadas – parece óbvio que o processo de desenvolvimento e implantação das Tecnologias Quânticas, deve ser gerenciado e liderado pelas Forças Armadas, em particular pelo Exército Brasileiro. Isso, porque cabe às outras forças cuidar das outras duas áreas estratégicas, ou seja, a área nuclear cabe à Marinha do Brasil e do setor aeroespacial cabe à Força Aérea Brasileira. Integrado ao Programa de Defesa Cibernética na Defesa Nacional, o Exército Brasileiro desenvolve o seu Programa Estratégico de Defesa Cibernética, que tem por finalidade coordenar e integrar os projetos e processos do Setor Cibernético, bem como desenvolver

62 Raymond Kurzweil; *The Age of Intelligent Machines*; ISBN: 9780262111218; Ed. Mit Press (1990).

63 Raymond Kurzweil; *The Age of Spiritual Machines*; ISBN: 0-670-88217-8; Ed. Viking Press (1999).

64 O interesse precípua da academia é formar recursos humanos e gerar publicações; o interesse precípua do setor corporativo é gerar valor e lucros através do comércio dos seus produtos. No caso das Forças Armadas, esse interesse não é nem intelectual nem financeiro, mas a defesa da pátria e da sua soberania.

65 J. F. Galdino; Lições sobre os desafios enfrentados pela indústria de defesa do Brasil no período de 1950 a 1990; in: *Collection of opinion articles on strategic studies in defense and security*. ISBN 978-65- 87080-44-4; Ed. JC Sanches, FM Araujo-Moreira; 393-396 (2023).

as capacidades cibernéticas das Forças Armadas, por meio de integração, coordenação e atuação conjuntas.

É inimaginável pensar que dados estratégicos e sigilosos das operações das nossas Forças Armadas tenham de ser analisados por um computador quântico estrangeiro como o Sycamore (do Google) ou o Osprey (da IBM) pela falta de equipamento local. Ou desenvolvemos de forma autóctone as Tecnologias Quânticas necessárias ou as nossas áreas de segurança e defesa ficarão, em pouco tempo, obsoletas com inimagináveis e nefastas consequências. Ninguém irá fazer por nós o nosso dever de casa.

Respondendo à pergunta: quem deve financiar, gerenciar e liderar no Brasil o desenvolvimento dessas tecnologias? A resposta é óbvia e decorrente do texto anterior: cabe ao Exército Brasileiro gerenciar os recursos financeiros oriundos do governo federal e liderar o processo de pesquisa, inovação e desenvolvimento das diferentes tecnologias quânticas na forma que melhor se garanta o bem-estar da população e a soberania do Brasil.

Cenário competitivo para a inserção e desenvolvimento de agroindústrias: Um estudo de caso do município de Palmeira das Missões/RS

  <https://doi.org/10.56238/tecavanaborda-043>

Mariana Assis Borges

Universidade Federal de Santa Maria,
E-mail: aborges.mari@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3129-1424

Mariana Juliani Portal

Universidade Federal de Santa Maria
E-mail: mariana-juliani@hotmail.com
ORCID: 0000-0002-2292-1236

Paloma de Mattos Fagundes

Universidade Federal de Santa Maria
E-mail: paloma.mattos@ufsm.br
ORCID: 0000-0003-0150-4422

João Pedro Velho

Universidade Federal de Santa Maria,
E-mail: velhojp@ufsm.br
ORCID: 0000-0003-3901-8200

Nilson Luiz Costa

Universidade Federal de Santa Maria,
E-mail: nilson.costa@ufsm.br
ORCID: 0000-0003-2000-1521

RESUMO

A região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, sustenta seu desenvolvimento econômico através da agricultura, contando com o município de maior Valor Adicionado Bruto do estado. Apesar do alto potencial agrícola, tal município concentra sua produção em commodities e monoculturas, com baixo incentivo à agroindustrialização. No entanto, sabe-se que sistemas agroindustriais geram impactos diretos no desenvolvimento econômico e

1 INTRODUÇÃO

Com impactos diretos no desenvolvimento rural, a agroindustrialização vem ganhando grande importância, principalmente na geração direta e indireta de postos de trabalho e no desenvolvimento de novas oportunidades para a agricultura familiar. Representa também a reinclusão de agricultores na economia e a possibilidade de uma distribuição de renda mais equitativa no meio rural, bem como melhoria na qualidade de vida. O processo de agroindustrialização também é um caminho para trazer valor agregado à matéria-prima e aumentar a comercialização de produtos em diferentes mercados. As

rural das localidades em que estão inseridos, resultando em novos postos de trabalho e diversificação de renda. Além disso, a diversificação dos agronegócios e a criação de novos produtos envolvem diferentes agentes, organizações sociais, políticas e instituições, sustentando elementos de competitividade no setor. Seguindo esse aspecto, é crescente o número de projetos que auxiliam no incentivo e criação novas agroindústrias. No entanto, faz-se necessário compreender o cenário competitivo existente no local onde as agroindústrias serão inseridas, para que sua a instalação e o seu desenvolvimento sejam assertivos. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo identificar aspectos de competitividade vivenciados pela única agroindústria certificada no município de Palmeira das Missões/RS e, com isso, realizar a caracterização do cenário vigente para a instalação de novas empresas do segmento. Utilizou-se matriz SWOT, como ferramenta de análise, aplicando-a com o corpo técnico do instituto de extensão e com a agroindústria certificada. Contudo, encontrou-se vivências e perspectivas distintas sobre a mesma problemática. O entendimento holístico sobre aspectos de competitividade, permitirá posicionamentos futuros mais assertivos, possibilitando que as agroindústrias adotem estratégias eficazes para o seu crescimento e promovendo, por consequência, o desenvolvimento econômico e social da região.

Palavras-chave: Agroindústrias, Sistemas Agroindustriais, Agronegócios, Competitividade, Análise SWOT.

demandas recentes por produtos diferenciados, com maiores exigências e nichos específicos torna possível a produção em pequena escala e proporciona novas mudanças de mercado (LAUSCHNER, 1995; FEIX et al., 2021; FERRO MORENO et al., 2023; LIU, 2021).

Dessa forma, a diversificação de produtos e os diferentes atores envolvidos no processo de agroindustrialização das propriedades agrícolas, além dos incentivos ao desenvolvimento rural e sustentável, ressaltam aspectos importantes de competitividade no setor (JOUZDANI; GOVINDAN, 2021; LIU, 2021). No agronegócio, pequenas e médias empresas são cada vez mais impactadas por fatores estratégicos que possibilitem melhoria e competitividade nos seus segmentos (CANNAS, 2021). A competitividade considera aspectos internos e externos que interferem direta ou indiretamente na manutenção e sobrevivência das organizações. Vale destacar que existem diferentes influências políticas, sociais, culturais e produtivas, que influenciam na formação dos empreendimentos agroindustriais. Segundo Porter (1993), a competitividade de uma indústria é resultado das suas estratégias competitivas.

A interpretação de uma realidade dinâmica, enquadrada em determinados contextos sociais, inclui o conhecimento, a aprendizagem e a adaptação como os principais motores da estratégia (GARTNER et al., 2022). No planejamento estratégico é essencial que as empresas utilizem das vantagens competitivas a seu favor, entendam o ambiente em que estão inseridas, assim como conheçam das suas fraquezas e ameaças. Entende-se que os cenários enfatizam as incertezas presentes na indústria, como Porter (1989) esclarece ao mencionar que cada tendência ou mudança possível pode resultar em um impacto significativo sobre a estrutura industrial, e o grau de incerteza de previsão de seu impacto, ao ser analisada.

O Brasil conta com instituições, empresas públicas e privadas, entre outros, que visam incentivar e garantir o crescimento industrial de cidades localizadas no interior do país. Sendo assim, o estado do Rio Grande do Sul, tem em seu escopo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), a qual tem como finalidade fomentar a Agricultura Familiar, através do acompanhamento técnico e a capacitação dos agricultores. A Emater/RS, surgiu em 1955 com o intuito de promover e exercer a extensão rural no Rio Grande do Sul. Nesse período, iniciou-se os primeiros movimentos de fomento e incentivo à agricultura no Brasil, cenário em que nasceu diferentes instituições voltadas à representatividade agrária e agrícola. Contudo, o Instituto Emater consolida-se não somente pelos serviços de orientação e conhecimento técnico agrícola, mas também pelo papel social e econômico exercido. De acordo com o livro “50 anos de Extensão Rural no Rio Grande do Sul”, desenvolvido pela Emater/RS, “extensão rural é definida como o processo técnico educacional destinado a ajudar especialmente os pequenos produtores rurais, no melhoramento da agricultura e da vida rural” (EMATER/RS-ASCAR, 2005, p15).

Diante desse contexto, a Emater de Palmeira das Missões/RS em um projeto recente, pretende auxiliar na instalação e criação de 20 agroindústrias no município até 2023. No entendimento da instituição, ao estabelecer este projeto, tanto os produtores rurais, quanto a cidade e região terão ganhos econômicos e sociais, possibilitando uma melhor qualidade de vida, geração de renda, emprego, segurança alimentar e bem-estar social. Portanto, diante desta iniciativa, questiona-se: qual é o cenário competitivo existente no município de Palmeira das Missões/RS para a instalação e desenvolvimento de agroindústrias?

O município apesar de possuir grande participação no PIB agropecuário brasileiro e contar com 136,71 mil hectares de área total em imóveis rurais, de acordo com o SICAR/RS - Sistema de Cadastro Ambiental Rural, concentra sua produção em monoculturas e grandes latifúndios que movimentam poucos mecanismos de desenvolvimento socioeconômico. A riqueza produtiva de Palmeira das Missões/RS tem como base o mercado de commodities, principalmente a cultura da soja. No entanto, a maioria da população urbana e rural apresenta índices significativos de pobreza. De acordo com o IBGE (2019), a faixa de remuneração média dos trabalhadores é de R\$1.531 reais e a agropecuária é responsável por apenas 10% das empresas do município, implicando em baixa oferta de empregos e renda. Sendo assim, destaca-se que o desenvolvimento da agricultura familiar, bem como de agroindústrias, é um segmento em potencial que pode transformar esta realidade.

Cientes de que o desenvolvimento da agricultura familiar e o fomento à agroindustrialização em cenários estratégicos competitivos são essenciais para os sistemas formadores da economia regional, assegurando segurança alimentar, qualidade de vida, diversificação de renda, desenvolvimento rural e novas formas de comercialização. Objetiva-se, com o presente trabalho, identificar aspectos de competitividade vivenciados pela única agroindústria certificada no município de Palmeira das Missões/RS e, com isso, realizar a caracterização do cenário vigente para a instalação de novas empresas do segmento. Estudo que pode otimizar resultados, prever oportunidades e minimizar impactos negativos futuros para novas agroindústrias.

Realizando a identificação e caracterização do cenário competitivo local para a inserção de agroindústrias, pretende-se mapear as principais barreiras e oportunidades existentes para os agricultores. Este diagnóstico é necessário para fornecer subsídios e melhorias na competitividade de agroindústrias em Palmeira das Missões/RS, conseqüentemente, permitir outras iniciativas em prol do desenvolvimento regional. Pretende-se assim, também, desvelar e divulgar iniciativas ou informações desconhecidas, que devem estar à disposição dos produtores. O fomentando e propagação de agroindústrias pode servir como incentivo ao surgimento de novos empreendimentos rurais em Palmeira da Missões/RS, bem como de alicerce para a criação de políticas públicas direcionadas.

O estudo ainda pode ser justificado pela escassez de trabalhos relacionados, principalmente em perspectivas de gestão e competitividade. Sob esse aspecto, também vale ressaltar que apesar do crescimento agrícola da região, as relações entre desenvolvimento e agroindustrialização ainda não foram analisadas. Para cumprir com o objetivo deste estudo, foram referenciados conceitos de agronegócio, agroindustrialização e competitividade. Como instrumento de análise estratégica sobre os cenários encontrados, utilizou-se matriz SWOT e entrevistas semiestruturadas. Nas últimas etapas do trabalho discute-se resultados e considerações finais.

2 AGRONEGÓCIOS E AS AGROINDÚSTRIAS

O termo agronegócios, ganhou notoriedade em 1957, quando Davis e Goldberg, desenvolveram a abordagem de sistemas de agronegócios, denominada Agribusiness Systems Approach. Esses autores tinham, segundo Zylbersztajn, Neves e Caleman (2015), a intenção de mostrar que a industrialização da agricultura é um fenômeno inevitável, caracterizado por significativos ganhos de escala e pelo aumento da comoditização da produção do setor agrícola.

Dessa forma, o termo agronegócio se refere ao conjunto de atividades vinculadas com a agropecuária (BACHA, 2004), sendo assim o agregado de atividades, são divididas em aproximadamente 4 segmentos/setores: fornecedores de bens e insumos, atividades agropecuárias, processos de transformação da agroindústria, operações de armazenagem, transporte e distribuição (SOARES, 2015).

Segundo Santos (2017), o agronegócio brasileiro tem como desafio evoluir de forma competitiva e, principalmente, sustentável, com o objetivo de atender a demanda interna, conquistar e manter espaço no mercado externo, por meio do fornecimento de produtos e de processos com qualidade, com preços atrativos.

No Brasil, observar-se o significativo crescimento do agronegócio através da sua expressiva contribuição no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que corresponde a 27,4% do PIB. Esse valor é baseado nos cálculos realizados pelo Cepea (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), da Esalq/USP, em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil) e mostrou que o PIB referente ao agronegócio cresceu 8,36% em 2021, alcançando a sua maior participação no PIB brasileiro, desde 2004 (CEPEA, 2022). Esses dados demonstram que a oferta e a demanda por bens e serviços relacionados à produtos agrícolas é crescente e movimenta a economia, seja ela local ou nacional, pois há pessoas que investem e consomem tais produtos.

Analisando os segmentos do agronegócio e suas contribuições no crescimento econômico e social do país, as agroindústrias podem ser citadas como um segmento importante, que contribuiu 1,63% para o crescimento do PIB. Dessa maneira, é importante ressaltar a importância das

agroindústrias que, muitas vezes, acaba sendo um setor deixado a margem de uma atividade agrícola e que possui grande potencial de proporcionar uma renda extra aos produtores rurais, inserção de tecnologias na propriedade, desenvolver a sucessão familiar e inserir técnicas de inovação tanto na produção como na propriedade.

Nesse contexto, é notável que as agroindústrias são um dos setores da cadeia produtiva do agronegócio que tem se destacado e, essas são caracterizadas pelo processamento de produtos agroalimentares em estabelecimentos de pequeno porte, geralmente um local familiar (SOARES, 2016). Normativamente, as agroindústrias se caracterizam e se referem, a uma indústria rural que transforma e beneficia produtos agropecuários de origem animal ou vegetal, seja em uma instalação própria, comunitárias ou de terceiros. A matéria-prima é proveniente do próprio estabelecimento ou de outros produtores, e a destinação final do produto seja dada pelo produtor (IBGE, 2006)

Ao analisar as ações e inter-relações entres os segmentos da cadeia do agronegócio, tem-se que, além da agricultura, as agroindústrias também presencia e experimenta os avanços de inovação e modernização, o que acaba por ser um ponto de grande importância, tanto econômica como social (GAZOLLA, 2021). Tratando-se de inovação, os agricultores passaram a mudar as suas percepções diante do sistema de produção e a criar novidades com a intenção de melhorar as suas condições locais e o meio ambiente em que se encontram, bem como toda a região (MARQUES; 2009; OLIVEIRA, 2014).

É nesse sentido que, os produtos que passam por agroindústrias obtêm um maior valor agregado, pois as matérias-primas são transformadas em alimentos ou outros produtos. Além disso, pode-se considerar que as agroindústrias dispõem de práticas sociotécnicas consideradas inovadoras e criativas, e contribuem para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis, através do crescimento da agricultura familiar, produção e consumo de alimentos frescos e artesanais, com menor emissão de gases de efeito estufa e promovendo o incentivo da cadeia curta de comércio de alimentos (GAZOLLA; SCHNEIDER, 2017).

Diante desse contexto, o cenário do município de Palmeira das Missões/RS, é dito como sendo essencialmente agrícola, uma vez que esse setor possui grande participação no PIB agropecuário, sendo o município com maior Valor Adicionado Bruto do Rio Grande do Sul (1,3%) segundo o IBGE (2019). Porém, a atividade agrícola tem a sua produtividade concentrada no setor de grãos, o que acaba por ocasionar um baixo incentivo ao desenvolvimento local e regional e não promove a diversificação de produção e, por consequência, de produtos.

A diversificação da cadeia do agronegócio, proporciona inúmeras vantagens, seja para o produtor, para a população ou para a região. Assim, um dos incentivos para o estímulo dessas atividades é a certificação das atividades agroindustriais através da promoção de selos, como o selo

SIM (Sistema de Inspeção Municipal) e o selo Sabor Gaúcho, que identifica os produtos vindos da agricultura familiar e é destinado aos integrantes do Programa Estadual de Agroindústria Familiar (PEAF) (CONTERATTO, 2021).

Essas certificações e selos que são atribuídos a produções diferenciadas, estimulam os produtores rurais a buscar uma agricultura diversificada, não apenas voltada às commodities, como também os consumidores que passam a buscar produtos de qualidade através da confiança proveniente da interação com o produtor. Busca-se que a interação produtor-consumidor aconteça para que através dela seja possível a valorização dos produtos locais.

3 COMPETITIVIDADE DOS SISTEMAS AGROINDÚSTRIAIS

O desenvolvimento rural, não somente agrícola, vem despertando o interesse de produtores e instituições dos principais países produtores do mundo. Atores que buscam diferentes alternativas de diversificação no agronegócio como forma de competitividade e sobrevivência no setor. Resgatam iniciativas de turismo rural, inserção de agroindústrias e demais atividades que abarcam a agricultura familiar (TESTA et al., 1996). No Brasil, foram adotadas diferentes estratégias de desenvolvimento rural ao longo do século XX, do “confronto” entre reforma agrária e modernização (Revolução Verde) prevaleceu o incentivo à agricultura tecnificada e de larga escala, gestão política e econômica que reflete no desenvolvimento de sistemas agroindústrias até os dias atuais. (BUAINAIN, 1999; SOUZA FILHO; BUAINAIN, 2010).

Nesta perspectiva, este trabalho reconhece o caráter sistêmico da cadeia, de modo que a competitividade das agroindústrias depende de fatores externos e internos, do que aconteceu antes e depois do estabelecimento de determinada agroindústria. Reforçando ainda o entendimento de que as estratégias competitivas não só respondem ao meio ambiente, mas também adaptam ou modelam este mesmo ambiente (PORTER, 1989). O caráter sistêmico da competitividade também nos permite considerar o esforço das empresas para se manterem no mercado, adicionando a influência de diversos fatores, como infraestrutura, política, inovação, mercado e instituições que atuam em toda a cadeia agroindustrial. Assim, a abordagem sistêmica da competitividade pode ser considerada como fenômeno que se move por meio de diferentes influências, cujo resultado se traduz em vantagens competitivas necessárias para a criação e manutenção das organizações (SANTANA, 2001).

O conceito de competitividade sistêmica foi construído nas discussões da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE, 1992), diferenciando-se da competitividade industrial através de dois elementos centrais: i) análise competitiva em quatro níveis (metanível, macronível, mesonível e micronível). Os níveis meta e meso são complementares aos macroníveis e microníveis, mais considerados em abordagens alternativas de competitividade. Portanto, o metanível

analisa fatores como a capacidade de interação social e estratégias relacionadas à governança, enquanto o mesonível, trata da ligação entre elementos econômicos e políticos que suplementam a atividade industrial. Como segundo elemento central de diferenciação, destaca-se ii) a ligação de elementos da inovação tecnológica, relacionados a economia e sociologia industrial, viés destinado ao estudo de governanças (ESSER et al., 1996).

Sendo assim, nesta perspectiva, a competitividade deve ser pensada como ator central para o desenvolvimento econômico, sendo produto da interação dos níveis meta, macro, meso e micro. Competitividade é complexa, exige um alto nível de capacidade organizacional, interativa e gerencial por parte dos grupos interessados, os quais devem lutar por uma gestão sistemática, envolvendo a sociedade como um todo. A dinâmica do desenvolvimento de sistemas agroindustriais competitivos depende, em grande parte, da capacidade de inter-relações destas organizações, entre atores públicos e privados. Incluindo assim empresas, associações, instituições estatais, privadas e institucionais, bem como o setor científico. Tais relações resultam em regulamentações, políticas públicas, privatização de empresas, financiamento, apoio financeiro externo, infraestrutura, logística, educação e informação, entre outros (ESSER et al., 1996).

Para Porter (1993), o desenvolvimento socioeconômico está diretamente relacionado à competitividade, pensamento que o autor denomina de Diamante da Competitividade, ou ainda, Vantagem Nacional. O diamante de Porter (1993) é definido através da interação entre quatro determinantes: i) condições de fatores, ii) condições da demanda; iii) indústrias correlatas de apoio e iv) estratégia, estrutura e rivalidade da empresa. Nesta perspectiva, entende-se que quanto mais estes determinantes estiverem relacionados, maiores serão as chances para o desenvolvimento de organizações competitivas. Ainda reforçando este entendimento holístico a respeito da competitividade, Farina e Zylbersztajn (1994), destacam quatro forças que interferem na competitividade do agronegócio: (i) o ambiente macroeconômico; (ii) as tendências sociais e demográficas; (iii) o acesso a equipamentos / tecnologia; (iv) as regulamentações governamentais.

Na tentativa de também elucidar a competitividade sistêmica, Duren, Martin e Westgren (1991), adotam quatro elementos que podem influenciar no desempenho competitivo dos sistemas agroindustriais, são eles: (i) fatores controláveis pelo governo, (ii) fatores controláveis pela firma;

(iii) fatores quase controláveis; (iv) fatores não controláveis, nem pela firma e nem pelo governo. Portanto, empresas que reconhecem a especificidade e complexidade das relações inerentes aos sistemas agroindustriais, apresentam capacidade competitiva. No entanto, é necessário entender que as empresas não controlam todo o ambiente, existem fatores endógenos e exógenos que influenciam nos aspectos de competitividade. Além disso, cada cadeia possui suas especificidades, tratando-se de um cenário totalmente heterogêneo, incluindo normativas, regulamentações, políticas,

incentivos, pesquisas e infraestruturas totalmente diferentes. Para Siffert Filho e Faveret Filho (1998, p. 4) “empresas agroindustriais competitivas são aquelas que, reconhecendo a especificidade das transações com as quais lidam, apresentam capacidade para desenvolver e sustentar vantagens competitivas frente a seus concorrentes”.

Portanto, diante das diferentes abordagens mencionadas, a competitividade pode ser entendida como reflexo de iniciativas públicas e privadas, individuais e coletivas. Devido a perspectiva sistêmica da competitividade, a cooperação entre diferentes elos da cadeia se faz imprescindível para a sobrevivência de determinadas organizações, principalmente quando falamos em segmentos menos favorecidos em incentivos e políticas públicas, como é o caso das agroindústrias familiares.

4 MÉTODO

A abordagem metodológica deste trabalho é de caráter exploratório, por meio de um estudo de caso (YIN, 2005) da única agroindústria com selo de certificação estadual na cidade de Palmeira das Missões/RS. Sendo o estudo de caso um método abrangente e de investigação empírica, possibilita a análise de elementos diversificados do contexto agroindustrial no município, além de proporcionar maior amplitude e análise. Também adequado para entender eventos contemporâneos, o estudo de caso se faz relevante ao revelar conjunturas e supostos incentivos à criação e estabelecimento de agroindústrias familiares em Palmeira das Missões/RS (GIL, 1991).

De natureza qualitativa, esta pesquisa tem como fonte de dados, informações primárias e secundárias sobre o ambiente externo e interno do segmento de agroindústrias familiares em Palmeira das Missões/RS. Para coleta de dados utilizou-se de entrevistas, revisão bibliográfica e análise documental. Como instrumento, também utilizou-se Matriz SWOT, no intuito de identificar forças, fraquezas, oportunidades e ameaças no tocante das agroindústrias. A análise SWOT foi desenvolvida pela Escola de Administração Geral da Universidade de Harvard, na década de 1960, sendo aplicada principalmente por meio de estudos de casos em organizações (MINTZBERG; AHLSTRAND; LAMPEL, 2000). Desta forma, a matriz SWOT tornou-se um instrumento de diagnóstico organizacional, no intuito de minimizar fraqueza e maximizar oportunidades (COSTA; SABBAG, 2015).

A primeira etapa da pesquisa foi de revisão bibliográfica e análise documental acerca da existência, funcionamento e desenvolvimento de agroindústrias no município. Posteriormente, para a análise e caracterização dos aspectos que tangem a formação de agroindústrias em Palmeira das Missões/RS, bem como para o entendimento sobre aspectos de competitividade da única agroindústria certificada no município, realizou-se entrevista com a proprietária da empresa e com três responsáveis técnicos da Emater de Palmeira das Missões/RS. A terceira etapa constitui-se da elaboração de uma

matriz SWOT ao final de cada entrevista, no intuito de verificar a equivalência das percepções e vivências de cada público-alvo. Por fim, em quarta etapa, realizou-se o cruzamento dos dados obtidos (primários e secundários) com a bibliografia estudada.

5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados são apresentados sob duas perspectivas. A primeira pretende refletir os entendimentos e percepções da Emater/RS em relação ao incentivo, surgimento e ascensão de agroindústrias em Palmeira das Missões/RS, assim como mencionar ameaças, forças, oportunidades e fraquezas do segmento. Já no segundo viés, busca-se discutir as mesmas questões e orientações metodológicas. Porém, sob a luz do entendimento e vivência da única agroindústria certificada no município, a fim de cruzar os dados obtidos e refletir a respeito das concordâncias ou discordâncias encontradas. Trazer duas perspectivas de atores distintos da cadeia, faz com que este estudo levante questões ambíguas e potencialmente inexploradas.

O trabalho exercido pela Emater/RS é reconhecido por disseminar informação e conhecimento técnico a pequenos agricultores, sendo, portanto, também promotora do desenvolvimento regional e do bem-estar social das famílias agricultoras atendidas. No caso da Emater/RS – Palmeira das Missões, entrevistada neste estudo, notou-se a construção recente de uma série de iniciativas direcionadas ao fomento de agroindústrias em Palmeira das Missões/RS. Dentre as ações identificadas, destaca-se o mapeamento e incentivo para criação de 20 agroindústrias no município.

A partir do conhecimento desta iniciativa, surgem questionamentos em relação a inserção das 20 agroindústrias no município. A produtividade agrícola de Palmeira das Missões/RS concentra-se em monoculturas, que implicam no baixo incentivo ao desenvolvimento econômico, local e regional. De tal forma que, de acordo com a Emater/RS - Palmeira das Missões, somente uma agroindústria é formalizada e certificada no município, um fato espantoso, visto as potencialidades da região.

No Quadro 01 aponta-se a Matriz SWOT desenvolvida com o corpo técnico da Emater, composto por três extensionistas, ambos envolvidos com o projeto de incentivo às agroindústrias.

Quadro 1 - Matriz SWOT com técnicos da Emater/RS

Forças (ambiente interno)	Fraquezas (ambiente interno)
<ul style="list-style-type: none"> • Saber produzir; • Matéria prima; • Qualidade; • Interesse sobre o desenvolvimento local; • Consumo interno (segurança alimentar). 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependência de matéria prima; <ul style="list-style-type: none"> • Mão de obra; • Conhecimento técnico; <ul style="list-style-type: none"> • Marketing; • Qualificação.
Oportunidades (ambiente externo)	Ameaças (ambiente externo)
<ul style="list-style-type: none"> • Segurança alimentar; <ul style="list-style-type: none"> • Legislação; • Conhecimento técnico; • Dependência de externos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mercados institucionais; • Agregar renda/valor ao produto; <ul style="list-style-type: none"> • Sucessão familiar; • Marketing; • Alta demanda e mercado

Fonte: Elaborado pelos autores.

No quadro elaborado com a Emater, nota-se uma perspectiva otimista sobre o cenário encontrado em Palmeira das Missões/RS para tais empreendimentos. Apesar das fraquezas e ameaças destacadas, o potencial de inserção de agroindústrias no município, quando comparado a heterogeneidade, a produtividade e capacidade de expansão agrícola, se sobressai em relação às dificuldades encontradas.

De acordo com a Emater/RS - Palmeira das Missões/RS, existem muitas propriedades rurais no município que possuem potencial para a agroindustrialização. Contudo, a falta de informação e conhecimento sobre os processos de formalização dificultam a iniciativa por parte dos produtores. A maioria desconhece as vantagens e benefícios da formalização no setor, assim como não conhecem sobre políticas públicas, financiamentos e incentivos fomentados por instituições como a Emater. De acordo com os entrevistados, a Emater/RS - Palmeira das Missões/RS busca incentivar a criação de agroindústrias e está envolvendo diferentes entidades neste objetivo, incluindo a Prefeitura de Palmeira das Missões, a Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente, assim como a Secretaria de Saúde, responsável pela vigilância sanitária do município.

Para a Emater, conhecimento e qualidade de produção, acesso facilitado à matéria prima, demanda de consumo interno e necessidade de promover o desenvolvimento local são aspectos de força. Fatores que são considerados como característicos das agroindústrias do município, pois muitos agricultores possuem sistemas integrados de produção, principalmente quando falamos do queijo, segmento destacado pelos extensionistas. De acordo com os entrevistados, a maioria dos produtores interessados em participar do projeto de incentivo a novas agroindústrias são produtores de leite que querem formalizar a produção e comercialização do queijo. O objetivo dos agricultores é ganhar mais espaço nos supermercados do município e região, além de novas formas de diversificação de renda.

Importante destacar que os interessados no processo de agroindustrialização são agricultores familiares que possuem menor capacidade ou estrutura produtiva. Além dessas perspectivas, os extensionistas também pontuam o interesse em maior desenvolvimento econômico regional, envolvendo diferentes atores interessados.

Em relação às fraquezas, destaca-se a escassez de mão de obra, conhecimento técnico, dificuldades com ferramentas de marketing e divulgação, bem como falta de matéria-prima. Algumas propriedades, apesar de possuírem produção própria, podem futuramente sofrerem com excesso de processamento e falta de matéria-prima. Neste cenário, também existem pessoas interessadas em empreender no segmento, mas que não estão envolvidas com a produção de matéria-prima ou com outros processos da cadeia, justamente pela capacidade reduzida de mão de obra e estrutura. A falta de conhecimento técnico e informação ainda estão presentes no campo, muitos agricultores familiares desconhecem os processos necessários para criação e gestão de agroindústrias, assim como não consideram ferramentas de marketing e comunicação como importantes para diferenciação e manutenção dos negócios.

No que tange às oportunidades, os entrevistados destacam segurança alimentar, mais flexibilidade em legislações, conquistas de novos selos que atribuem confiança e valor agregado aos produtos, mais espaço para conhecimento técnico em pequenas cadeias e mais demanda de consumo. Dentre as oportunidades, ressalta-se novas características de consumo cada vez mais difundidas, em que consumidores prezam pela procedência dos alimentos, sustentabilidade e segurança alimentar. Em cadeias curtas esse fator se torna característico e de fácil alcance, pois este modelo de negócio possui menos envolvidos ou atravessadores, assim como mais controle e possibilidades de diferenciação nos alimentos produzidos (GAZOLLA, 2017).

Como ameaças a Emater cita: mercados institucionais; dificuldades em agregar valor ao produto; sucessão familiar das propriedades rurais; marketing e alta demanda. Os entrevistados mencionam os riscos de acordos políticos institucionalizados com grandes indústrias, cenário em que pequenas empresas podem perder participação no mercado. As dificuldades em agregar valor ao produto e as exigências dos mercados consumidores também assustam, pois muitos agricultores não possuem informação ou conhecimento adequado. Incluindo ainda, investimentos em marketing, cada vez mais necessários em sociedades globalizadas, regidas por plataformas virtuais e mídias sociais. Outro ponto são as dificuldades de sucessão familiar, para muitos produtores este fator impede o início do empreendimento, pois os filhos não darão continuidade aos negócios. A população rural do Brasil está envelhecendo, segundo o IBGE (2017) a maioria dos agricultores no país estão em faixas etárias superiores aos 55 anos. Por fim, quando menciona-se cadeias curtas, a ameaça da alta demanda sempre

se faz presente, muitos produtores não mantêm fluxos de produção adequados e, por vezes, não cumprem com fatores de rotatividades ou reposições.

No Quadro 2 estão apontados os aspectos referentes à percepção da proprietária da única agroindústria instalada no município.

Quadro 2 - Matriz SWOT com a proprietária da agroindústria

Forças (ambiente interno)	Fraquezas (ambiente interno)
<ul style="list-style-type: none"> • Incentivo familiar; • Colaboradores (mão de obra); • Força de vontade própria; <ul style="list-style-type: none"> • Estrutura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de incentivo (político/clientes); <ul style="list-style-type: none"> • Marketing; • Distância da agroindústria até a cidade; <ul style="list-style-type: none"> • Estrada ruim.
Oportunidades (ambiente externo)	Ameaças (ambiente externo)
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda escolar; • Pessoas com visão que auxiliem no desenvolvimento de agroindústrias; • Possível venda para cidades da região; • Possíveis feiras de produtores na cidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de políticas públicas e que essas sejam bem estruturadas e aplicadas; • Desinformação de instituições públicas; • Troca de exigências por parte das entidades fiscalizadoras; <ul style="list-style-type: none"> • Sucessão familiar.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Do ponto de vista da agroindústria, a principal força do empreendimento é caracterizada por “força de vontade da proprietária”, motivação em ir atrás de conhecimento e de meios para iniciar o trabalho. Essa proatividade está somada às demais forças citadas, o incentivo da família e a mão de obra familiar. Fatores que acontecem através da busca de uma melhoria na qualidade de vida e pelo objetivo de diversificação na fonte de renda. O incentivo familiar vem de encontro com a estrutura da agroindústria, também citada como uma de suas forças, que tem como sede um imóvel já pertencente à família. Assim, a construção de uma estrutura, que poderia vir a ser um desincentivo ao início das atividades foi um ponto forte para a inserção do empreendimento. Em contrapartida, a agroindústria cita como fraqueza a falta de incentivo dos órgãos e políticas públicas, principalmente, no âmbito municipal. Afinal, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), de onde deveria vir a maior demanda e fonte de renda da agroindústria, promove muitos empecilhos, como dificuldades de venda e burocratização para a comercialização de produtos.

Ao utilizar uma estrutura já existente, a agroindústria está localizada no interior, ou seja, no meio rural do município. A distância entre a agroindústria e a cidade, somada com a infraestrutura ruim das estradas, é uma das suas maiores fraquezas e um ponto que dificulta sua expansão comercial.

Um dos pontos fracos da agroindústria é o seu marketing, que a proprietária cita como uma melhora que deve ser feita. Essa questão, vem de encontro com uma das ameaças externas que a

agroindústria tem, que é a troca de exigências feitas pelos órgãos públicos. De acordo com a entrevistada, “uma hora era exigido código de barras nas etiquetas dos produtos e agora já não é mais obrigatório, isso acabou por gerar gastos desnecessários”. A proprietária aponta também que o selo Sabor Gaúcho teve um processo longo (cerca de 9 meses) e burocrático para ser conquistado e, no final, não agregou valor aos seus produtos, desestimulando investimentos em marketing ou embalagens.

As ameaças para o desenvolvimento da agroindústria, voltam-se para questões de políticas públicas e conhecimentos técnicos, uma vez que ao ir atrás de informações legais para expandir o negócio, não há entendimento sobre o processo que é preciso seguir, existindo divergência de informações. Este ponto, somado à burocratização dos processos, é um entrave no crescimento de vendas e do negócio ao todo.

Nesse contexto, analisando as respostas da Matriz SWOT, observa-se que a ameaça da falta de políticas públicas, também pode ser uma oportunidade. Afinal, se houver boas políticas que incentivem os produtores familiares a industrializar e comercializar produtos, estima-se que haverá um maior número de produtores a se "agroindustrializar" e, assim, desenvolver esferas econômicas e sociais. É, nesse sentido, que a empreendedora aponta como oportunidade o trabalho e auxílio de pessoas com visão, conhecimento sobre processos agroindustriais, bem como medidas que promovam seu crescimento. A criação de feiras de produtores locais no município, é um exemplo de medidas que viriam a incentivar na população o hábito de comprar produtos locais e com procedência conhecida, além de promover relações de troca entre produtor e consumidor, que segundo Conteratto (2021), é uma relação de confiança e que tem grande importância dentro das cadeias curtas do agronegócio.

Uma oportunidade importante para a agroindústria é a perspectiva de comercializar os seus produtos em cidades da região, aumentar a demanda e atrair novos clientes. Essa perspectiva só é possível quando a atividade é legalizada, conta com selo e certificação atribuídos pelos fiscais municipais. Vender para municípios da região é, além de uma oportunidade, um incentivo para a empreendedora seguir com a atividade, tendo em vista que os mercados da cidade não cedem espaço para que ela comercialize seus produtos. Com isso, a venda em Palmeira das Missões fica restrita às demandas de merenda escolar e clientes que compram diretamente na agroindústria. Atingir novos mercados é um passo importante para a diversificação das atividades.

A sucessão familiar entra como uma ameaça ao negócio, pois os filhos saíram do meio rural para estudar, um movimento que tem sido recorrente nesse meio. Estudos, como o de Matte (2019), demonstram que as chances dos filhos de produtores retornarem para a propriedade e assumirem o negócio dos pais são remotas. Porém, a proprietária da agroindústria cita a possibilidade de se mudar.

Ela cogita ir para onde os filhos estão e vender seus produtos de alguma outra forma na cidade, sem deixar de exercer a atividade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário onde o agronegócio é voltado para a produção agrícola de commodities, as agroindústrias passam a ser um instrumento estratégico para o desenvolvimento econômico e social de uma região. Assim, dentro de um contexto estratégico competitivo, esse setor garante diversificação da fonte de renda para os produtores rurais, desenvolvimento da economia local e, por consequência, melhora na qualidade de vida. Este panorama impulsiona não apenas o crescimento do local onde estão inseridos, mas sim um desenvolvimento dinâmico e diversificado.

Sendo assim, ao identificar os aspectos de competitividade vivenciados pela única agroindústria do município de Palmeira das Missões, foi possível entender os fatores que impactam negativamente essa atividade, bem como quais são os pontos fortes e oportunidades que se tem e que podem ser melhoradas para maximizar o desenvolvimento dessa e de novas agroindústrias que se instalem no município e região.

Os resultados obtidos com a aplicação da Matriz SWOT, em dois atores distintos, demonstram visões diferentes sobre o meio onde as agroindústrias irão se instalar, mas esse fato é relevante para as considerações sobre o cenário competitivo do município. Uma vez que mensurar os fatores que se deve considerar para uma tomada de decisão, há uma menor probabilidade de esses impactarem negativamente a atividade quando ela estiver em funcionamento.

Garante-se então que as agroindústrias sejam posicionadas de forma eficaz no município e que as estratégias adotadas sejam assertivas ao introduzir esses empreendimentos no meio competitivo dos agronegócios e assim, por consequência, promover o desenvolvimento econômico e social da região.

Este trabalho limita-se a realidade de apenas um local, assim, sugere-se que o estudo seja expandido a âmbito estadual para que se tenha conhecimento de uma realidade mais ampla e para que políticas públicas possam ser discutidas. A realização deste estudo, apontou para a falta de pesquisas na área de políticas públicas destinadas à agroindustrialização, tanto políticas nacionais como estaduais, bem como de pesquisas sobre a inserção social e econômica das agroindústrias nos municípios e/ou regiões.

REFERÊNCIAS

- Bacha, c. J. C. Economia e política agrícola no brasil. São paulo: atlas, 2004.
- Buainain, a. M. Trajetória recente da política agrícola brasileira. 1999. 326p. Tese (doutorado) - universidade estadual de campinas, instituto de economia, campinas, sp. Disponível em: <<http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000195605>>. Acesso em: 28 jul. 2022.
- Cannas, r. Exploring digital transformation and dynamic capabilities in agrifood smes. *Journal of small business management*, 1–27. 2021. <https://doi.org/10.1080/00472778.2020.1844494>
- Censo agropecuário 2017. Resultados definitivos. Rio de janeiro: ibge, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?t=publicacoes>. Acesso em: ago. 2022.
- Cepea. Pib-agro/cepea: pib do agro cresce 8,36% em 2021; participação no pib brasileiro chega a 27,4%. Disponível em: < <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx> > acesso em: 01 ago 2022
- Conteratto, caroline et al. Agroindústrias familiares rurais: um estudo dos empreendimentos do município de constantina-rs. *Revista grifos*, v. 30, n. 53, p. 94-113, 2021.
- Costa, s. M. A. L.; sabbag, o. J. Strategic planning for dairy cattle: swot analysis applied to a property of a farmers' association in dracena, são paulo, 2015.
- Davis, john h.; goldberg, ray a. A concept of agribusiness. Boston: havard university, 1957.
- Duren, e. Van; martin, l.; westgren, r. Assessing the competitiveness of canada's agrifood industry. *Canadian journal of agricultural economics*, ottawa, v. 39, p. 727-738, 1991.
- Emater. Rio grande do sul/ ascar. 50 anos de extensão rural no rio grande do sul. Porto alegre: emater/rs-ascar, 2005. 159 p. Il.
- Esser, k. Et al. Competitividad sistémica: nuevo desafio a las empresas y a la política. *Revista da cepal*, santiago, n. 59, 1996.
- Farina, e. M. M. Q.; zylbersztajn, d. Competitividade e organização das cadeias agroindustriais. San José: instituto interamericano de cooperação para a agricultura, 1994. 63 p.
- Feix et al., 2021. Painel do agronegócio do rio grande do sul – 2021 (2021). Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/painel-agro>. Acesso em: 18. Mai. 2022.
- Ferro moreno, santiago ferro; perez, santiago agustín. Strategic management of the agroindustrial network of first transformation in la pampa, argentina. *Journal of the international council for small business*, p. 1-12, 2023.
- Gazolla, m.; deno, m. B.; perondi, m. A. Inovação no desenvolvimento rural e regional: o caso das novidades multidimensionais das agroindústrias familiares: innovation in development rural and regional: the case of multidimensions novelties in the family agroindustries. *Desenvolvimento Em questão*, v. 19, n. 56, p. 74-95, 2021.

Gartner, j., maresch, d., & tierney, r. The key to scaling in the digital era: simultaneous automation, individualization and interdisciplinarity. *Journal of small business management*, 1–28 (2022). <https://doi.org/10.1080/00472778.2022.2073361>

Gazolla, m. Por que muitos agricultores não formalizam o comércio de alimentos através das cadeias curtas?. In: gazolla, m.; schneider, s. (org.). *Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas*. Porto alegre: editora da ufrgs, 2017. P. 455-472.

Gazolla, m.; schneider, s. Conhecimentos, produção de novidades e transições sociotécnicas nas agroindústrias familiares. *Organizações rurais & agroindustriais, lavras*, v. 17, n. 2, p. 179-194, 2015.

Gazolla, m.; schneider, s. (org.). *Cadeias curtas e redes agroalimentares alternativas: negócios e mercados da agricultura familiar*. Porto alegre: editora da ufrgs, 2017. 523 p. (série estudos rurais).

Gazolla, m. Perspectiva multinível e coevolucionária e a noção de novidades no desenvolvimento rural e regional: aplicações aos estudos das práticas criativas da agricultura familiar. *Redes, santa cruz do sul (on-line)*, v. 25, n. 1, p. 232-254, jan./abr. 2020.

Gil, a. C.. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São paulo: atlas, 1991.

Guindani, a. A.; guindani, r. A.; cruz, a. W.; martins, t. S. *Planejamento Estratégico orçamentário: série administração estratégica*. Curitiba: ibpex, 2011.

Ibge. Instituto brasileiro de geografia e estatística. *Censo agropecuário de 2006*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 28. Jul. 2022.

Jouzani, j.; govindan, k. On the sustainable perishable food supply chain network design: a dairy products case to achieve sustainable development goals. *J. Clean. Prod.*, 278 (2021), pp. 1-20. <https://doi-org.ez47.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jclepro.2020.123060>.

Lauschner, r. *Agribusiness, cooperativa e produtor rural*. São leopoldo: unisinos, 1995.

Liu, 2021. Linking different sustainable development goals (sdgs) via food production diversity. *Eur. J. Sustain. Dev.*, 10 (2021), pp. 53-62, 10.14207/ejsd.2021.v10n1p53.

Marques, f. C. *Velhos conhecimentos, novos desenvolvimentos: transições no regime sociotécnico da agricultura: a produção de novidades entre agricultores produtores de plantas medicinais no sul do brasil*. 2009. 220 f. Tese (doutorado em desenvolvimento rural) – universidade federal do rio grande do sul – ufrgs, porto alegre, 2009.

Matte, a.; spanevello, r. M.; lago, a.; andreatta, t. Agricultura e pecuária Familiar: (des) continuidade na reprodução social e na gestão dos negócios. *Revista brasileira de gestão e desenvolvimento regional*, v. 15, p. 19-33, 2019. Disponível em: <https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/4317>. Acesso em: 10. Mai. 2023.

Mendes, j. T. G. *Agronegócio: uma abordagem econômica*. São paulo: pearson prentice hall, 2007.

Mintzberg, h.; ahlstrand, bruce; lampel, joseph. *Safári de estratégia: um roteiro pela selva do planejamento estratégico*. Porto alegre: bookman, 2000.

Oliveira, d. Produção de conhecimentos e inovações na transição agroecológica: o caso da agricultura ecológica de ipê e antônio prado/rs. 2014. 232 p. Tese (doutorado em desenvolvimento rural) – universidade federal do rio grande do sul – ufrgs, 2014.

Porter, m. E. A vantagem competitiva das nações. Rio de janeiro: campus, 1989. Porter, m. E. A vantagem competitiva das nações. Rio de janeiro: campus, 1993.

Santana, a.c. de a economia do pará e as perspectivas de crescimento. Monteiro, w. (org.) Guia empresarial do pará. Belém,2001, v. Único, p.90- 99.

Siffert filho, n.; faveret filho, p. O sistema agroindustrial de carnes: competitividade e estruturas de governança. Revista bndes, rio de janeiro, n. 10, dez. 1998.

Soares, t. C.; jacometti, m. Estratégias que agregam valor nos segmentos do agronegócio no brasil: um estudo descritivo. Revista eletrônica de estratégia & negócios, v. 8, n. 3, p. 92-120, 2015.

Souza filho, h. M. Buainain, a. M. Economia agrícola. São carlos: edufscar, 2010.

Testa, et al. O desenvolvimento sustentável do oeste catarinense (proposta para discussão). Florianópolis: epagri, 1996. 247p.

Yin, r. K. Estudos de caso: planejamento e métodos. 3. Ed. Porto alegre: bookman, 2005.

Zylbersztajn, decio; neves, marcos fava; caleman, silvia m. De Queiroz. Gestão de sistemas de agronegócios. Atlas, 2015.

REALIZAÇÃO:

SEVEN
publicações acadêmicas

ACESSE NOSSO CATÁLOGO!



WWW.SEVENEVENTS.COM.BR

CONECTANDO O **PESQUISADOR** E A **CIÊNCIA** EM UM SÓ CLIQUE.