

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E SEGURANÇA VIÁRIA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE VISUALIZAÇÃO DE REDE A PARTIR DA BASE WOS	
TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND ROAD SAFETY: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND NETWORK VISUALIZATION FROM THE WOS BASE – Ricardo Alves Santos; Adriana Fiorotti Campos	09
A ECONOMIA INSTITUCIONAL E A CADEIA PRODUTIVA DO FEIJÃO: DESENVOLVIMENTO TEÓRICO BASEADO EM DOUGLASS NORTH	
INSTITUTIONAL ECONOMICS AND THE BEAN CHAIN: THEORETICAL DEVELOPMENT BASED ON DOUGLASS NORTH – Paulo Eterno Venâncio Assunção; Alcido Elenor Wander	21
A INTERFACE ENTRE SUSTENTABILIDADE E O DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS	
THE INTERFACE BETWEEN SUSTAINABILITY AND SOLID WASTE DISPOSAL - Lúcia Viegas Fernandes; Lauro Eugênio Guimarães Nalini	34
O SUJEITO SURDO PRE-LINGUAL: O PAPEL DO PSICOLOGO NO IMPLANTE COCLEAR	
THE PRE-LINGUAL DEAF SUBJECT: THE PSYCHOLOGIST'S ROLE IN THE COCLEAR IMPLANT - Lesle Freitas Maciel; Edna Maria Severino Peters Kahhale	42
A PROMOÇÃO DO ENSINO DA ESTATÍSTICA POR MEIO DE UM PROJETO DE EXTENSÃO	
THE PROMOTION OF THE TEACHING OF STATISTICS THROUGH AN EXTENSION PROJECT – Lucas Moreira; Jose Felipe Custodia de Azevedo	50
APLICAÇÃO DE UM REPOSITÓRIO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ARMAZENAMENTO E FONTE DE CONSULTA PARA CURSOS DE GESTÃO	
APPLICATION OF A DIGITAL REPOSITORY AS A STORAGE TOOL AND A SOURCE OF CONSULTATION FOR MANAGEMENT COURSES – André Luiz Ribeiro Antunes; Nanci Oliveira; Marco Rogério da Silva Richetto; Roque Antônio de Moura; Messias Borges Silva	58
TUTORES DIGITAIS: UMA NOVA ERA NA EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI	
DIGITAL TUTORS: A NEW ERA IN EDUCATION IN THE 21ST CENTURY – David Lopes Maciel; Fabrício Moraes de Almeida	71
TRATAMENTO ODONTOLÓGICO PARA AS PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS SOB ANESTESIA GERAL - REVISÃO DE LITERATURA	
DENTAL TREATMENT FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS UNDER GENERAL ANESTHESIA - LITERATURE REVIEW – Adriana Zawadzki de Quadros; Giselle Emilãine da Silva Reis; Yasmine Mendes Pupo	81

IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO CALCÍTICO NOS COMPONENTES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO CÂRTAMO	
IMPACT OF DIFFERENT LEVELS OF CALCITIC LIME ON AGRONOMIC COMPONENTS OF SAFFLOWER CROP – Marinez Carpiski Sampaio; Paulo Sérgio Rabello de Oliveira; Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego; Lucas da Silveira; Reginaldo Ferreira Santos; Andersson Barison	89
ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA NA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE LINHO OLEAGINOSO ASSOCIADO A DOSES DE NITROGÊNIO	
VEGETATION INDEX BY NORMALIZED DIFFERENCE IN THE EVALUATION OF OLEAGINAL FLAX GROWTH ASSOCIATED WITH NITROGEN DOSES – Bruna Regina Carvalho Pinto; Diego Nicolau Follmann; Guilherme Bergeijer da Rosa; Emílso Damm dos Santos; Anderson Crestani Pereira; Alessandro Dal’Col Lúcio	102
PROPRIEDADES FUNGICIDAS E ANTIOXIDANTES DE Schinus terebinthifolia Raddi PARA O CONTROLE DE FUNGOS ASSOCIADOS A SEMENTES	
FUNGICIDAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF Schinus terebinthifolia Raddi FOR THE CONTROL OF SEED-ASSOCIATED FUNGI – Juliana Trindade Lima; Antonio Fernando de Souza; Hildegardo Seibert França	114
GERMINATION OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO TREATMENT WITH NUTRITIONAL COMPLEX	
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO TRATAMENTO COM COMPLEXO NUTRICIONAL – Emmanuel Zullo Godinho; Ricardo Marques Barreiros; Meirielei Nunes Beladeli; Camilly Rafaela Floriano; Matheus Augusto Santos Antoniazzi	123
OCORRÊNCIA DE HELMINTOS EM VACAS LEITEIRAS DA REGIÃO DO OESTE GOIANO	
OCCURRENCE OF HELMINTHS IN DAIRY COWS IN THE WEST GOIANO REGION – Maria Clara Oliveira Costa; Osvaldo José da Silveira Neto; Carlos Eduardo Emídio da Silva; Luíz Henrique Batista Margarida	132
COMPREENSÃO E APLICAÇÃO DO NÚMERO DE EULER: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA	
UNDERSTANDING AND APPLICATION OF THE EULER NUMBER: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW – Matheus Augusto Santos Antoniazzi; Emmanuel Zullo Godinho	139
MODELAGEM DO ROMPIMENTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA EM CASTANHAL – PA	
MODELING OF THE BREACH AND DELIMITATION OF THE FLOOD AREA OF THE DAM AT THE FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF AMAZONIA IN CASTANHAL – PA – Erick Alexandre de Oliveira Fontes; Adriano Frutuoso da Silva; Evandro Lopes dos Santos Junior; Kleber Roberto Matos da Silva	149
A NOVEL HIGH-GAIN BOOST CONVERTER FOR PV APPLICATIONS – Lucas Romeiro; Lúcio dos Reis Barbosa; Leonimer Flávio De Melo	162
O USO DO BLOCKCHAIN COMO FORMA DE AUMENTAR A SEGURANÇA EM SISTEMAS IOT NA AGROINDÚSTRIA	
THE USE OF BLOCKCHAIN AS A WAY TO INCREASE SECURITY IN IOT SYSTEMS IN THE AGRO-INDUSTRY – Victor Inacio de Oliveira; Eloa Torres Cunha; Victor Augusto Felix Teixeira	172
DIMENSIONAMENTO DE UM GRUPO DE TURBINAS TIPO BULBO PARA APLICAÇÕES DE QUEDAS ULTRABAIXAS	
SIZING OF A GROUP OF BULB TURBINES FOR ULTRA LOW HEAD APPLICATIONS – Antonio Carlos Barkett Botan; Ramiro Gustavo Ramirez Camacho; Geraldo Lúcio Tiago Filho; Maria Claudia Costa de Oliveira Botan	186

SISTEMA DE AR-CONDICIONADO APLICADOS À INDÚSTRIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

AIR CONDITIONING SYSTEMS APPLIED TO INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW – Antonio Carlos Barkett Botan; André Guilherme Scheer Rahal Valverde; Cláudia Mayumi Takara; Gabriel Henrique Fradique; Guilherme Meneguelli Rodrigues; Vinicius Moscardo Romualdo 196

DIGITAL TWIN ORIENTADO À CADEIAS DE SUPRIMENTOS DE MANUFATURA NA INDÚSTRIA 4.0: FRAMEWORK DE IMPLEMENTAÇÃO DO GÊMEO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DIGITAL

DIGITAL TWIN DRIVEN TO MANUFACTURING SUPPLY CHAINS IN INDUSTRY 4.0: DIGITAL SUPPLY CHAIN TWIN IMPLEMENTATION FRAMEWORK – Pedro Tondela de Jesus Correia Filho; Osiris Canciglieri Junior; Elpidio Oscar Nara Benitez 205



Edição 213 de setembro de 2023

<http://www.sodebras.com.br/>

ISSN - 1809-3957

DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza, UNESP-FEG (Editor Geral).
Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior, UNESP-FEG (Editor Adjunto).
Prof. Dr. Osiris Canciglieri Júnior, Lough. Univ-UK, PUC-PR.
Prof. Dr. Maria Cláudia Botan, UNIVESP.
Prof. Dr. Thais Santos Castro, UNESP.
Prof. Dr. Agustín Valverde Granja, Universidad de Ibagué- Colômbia.
Prof. Dr. Joacy de Lima Freitas Junior, Agência Nacional de Aviação Civil.
Prof. Dr. José Leandro Casa Nova Almeida, Instituto Federal-RJ.
Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes, UFF.
Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior, UTFPR.
Prof. Dr. José Rui Camargo, UNITAU.
Prof. Dr. José Renato de Oliveira Lima, Universidade Federal do Maranhão.

COMITÊ CIENTÍFICO

Valdir Agostinho de Melo, COPPE/UFRJ	Paulo Bassani, UEL
Juliana Corrêa Crepalde, CTIT/ UFMG	Marlene Marchiori, UEL
Lila Teixeira de Araújo Janahú, ESAMAZ	Carlos Humberto Martins, UEM
Volmer Avelino Silvio Paula da Silveira, Estácio	Paulo Fernando Soares, UEM
Durval Corrêa Meirelles, Estácio	Deisy Cristina Corrêa Igarashi, UEM
Ana D'Arc Martins de Azevedo, FAAM/UEPA	Moisés Meza Pariona, UEPG
Maria Lígia Carrijo Monteiro, FACEG	Jarem Raul Garcia, UEPG
Marcus Antonius Costa Nunes, Fac. Vale do Cricaré - PE	Elizabete Campos de Lima, UFABC
Zélia Maria De Melo De Lima Santos, FALUB.	Carlos Suetoshi Miyazawa, UFABC
Sérgio Roberto Montoro, FATEC - Pindamonhangaba	Marcio Zamboti Fortes, UFF
Claudio Antonio Frederico, IEAV / CTA	Pablo Silva Machado Bispo dos Santos, UFF
Maria Manuela Camino Feltes, IFC	Paulo Henrique Furtado de Araujo, UFF
Felipe José da Silva, IFRJ	Paulo Sérgio Scalize, UFG
Givanildo Alves dos Santos, IFSP	Juliana da Cunha, UFG
Paulo Marcos de Aguiar, IFSP	Hilton Pereira da Silva, UFPA
Airton Viriato de Freitas, INSTITUTO DE	Anderson Gonçalves da Silva, UFRA
INFECTOLOGIA EMÍLIO RIBAS	Antonio Carlos Baptista Antunes, UFRJ
Claudio Edilberto Höfler, Instituto Federal Farroupilha	Claudinei de Souza Guimarães, UFRJ
Leila Ribeiro dos Santos, ITA / CTA	Antônio Assis Vieira, UFRRJ
Letícia Peret Antunes Hardt, PUC –PARANÁ	Joel Dias da Silva, UFSC
Eduardo Concepción Batiz, SOCIESC	Leandro Belinaso Guimarães, UFSC
Marcelo Macedo, SOCIESC	Silvio Serafim da Luz Filho, UFSC
Ariovaldo de Oliveira Santos, UEL	Antonio Pedro Novaes de Oliveira, UFSC
André Luiz Martinez de Oliveira, UEL	Rozângela Curi Pedrosa, UFSC
Leonardo Sturion, UEL	Débora de Oliveira, UFSC
Jean-Marc Stephane Lafay, UEL	Fabiano Rodrigues de Souza, UFT -TO
Emília Kiyomi Kuroda, UEL	Cláudio Homero Ferreira da Silva, UFU
Henrique de Santana, UEL	Márcia Susana Nunes Silva, ULBRA
Marli Terezinha Oliveira Vannuch, UEL	Maria Eloisa Farias, ULBRA

Maria Lúcia Castagna Wortmann, ULBRA
 Hélio Raymundo Ferreira Filho, UNAMA/UEPA
 Maria Claudia Botan, UNESP
 Ana Maria Pires Soubhia, UNESP - Araçatuba
 Eduardo Maffud Cilli, UNESP - Araraquara
 Helena Carvalho de Lorenzo, UNESP - Araraquara
 Heitor Miranda Bottura, UNESP - Bauru
 Helio Grassi Filho, UNESP - BOTUCATU
 Lenisse Domingos dos Santos Cintra Lima, UNESP.
 Augusto Eduardo Baptista Antunes, UNESP.
 Durval Luiz Silva Ricciulli, UNESP - Guaratinguetá
 Francisco Antônio Lotufo, UNESP - Guaratinguetá
 Inácio Bianchi, UNESP - Guaratinguetá
 João Zangrandi Filho, UNESP - Guaratinguetá
 José Feliciano Adami, UNESP - Guaratinguetá
 Leonardo Mesquita, UNESP - Guaratinguetá
 Marcio Abud Marcelino, UNESP - Guaratinguetá
 Messias Borges Silva, UNESP - Guaratinguetá
 Rubens Alves Dias, UNESP - Guaratinguetá
 Sílvia Maria A. Lima Costa, UNESP - Ilha Solteira
 Gláucia Aparecida Prates, UNESP - Itapeva
 Áureo Evangelista Santana, UNESP - Jaboticabal
 Teresa Cristina Tarele Pissarra, UNESP - Jaboticabal
 Gilda Carneiro Ferreira, UNESP - Rio Claro
 Fernando Luis Ferttonani, UNESP - São José do Rio Preto
 Azor Lopes da Silva Júnior, UNESP - São José do Rio Preto
 Andréa Rossi Scalco, UNESP - Tupã
 José Renato Oliveira de Lima, UNESP-IQ, Araraquara
 Luiz Antonio Rossi, UNICAMP
 Nelson Nunes Tenório Júnior, UNICESUMAR
 Luis Henrique de Carvalho Ferreira, UNIFEI - Itajubá
 Paulo Cesar Crepaldi, UNIFEI - Itajubá
 Robson Luiz Moreno, UNIFEI - Itajubá
 Tales Cleber Pimenta, UNIFEI - Itajubá
 Fernando das Graças Braga da Silva, UNIFEI - Itajubá
 Leonardo Breseghello Zoccal, UNIFEI-Itajubá
 Larissa Morimoto Doi, UNIFESP
 Fernando Kenji Nampo, UNIFIL
 Adriano Vargas Freitas, UNIGRANRIO
 Angelo Santos Siqueira, UNIGRANRIO
 Eline das Flores Victor, UNIGRANRIO
 Luiz Eduardo Silva Souza, UNIGRANRIO
 Michel Jean Marie Thiollent, UNIGRANRIO
 Abel Rodolfo Garcia Lozano, UNIGRANRIO / UERJ
 Lileane Praia Portela de Aguiar, UNINORTE.
 Eliane Cardoso Brenneisen, UNIOESTE
 Luiz Ernani Henkes, UNIPAMPA
 Maria Conceição de Oliveira, UNIPLAC
 Wilson Engelmann, UNISINOS
 Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, UNITAU
 Pedro Paulo Leite do Prado, UNITAU
 Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes, UNITAU
 Adriana Araujo Diniz, UNIV. ESTADUAL DO
 MARANHÃO
 Danilo Émmerson Nascimento Silva, UNIV. FEDERAL DE
 PERNAMBUCO
 Adelar João Pizetta, UNIV. FEDERAL DO ESPÍRITO
 SANTO
 Adriana Fiorotti Campos, UNIV. FEDERAL DO ESPÍRITO
 SANTO
 Adriana Demite Stephani Carvalho, UNIV. FEDERAL DO
 TOCANTINS
 Ademir Gomes Ferraz, UNIV. FEDERAL RURAL DE
 PERNAMBUCO
 Rudimar Luís Scaranto Dazzi, UNIVALI
 Carlos Nabil Ghobril, Universidade de São Paulo - USP
 Filomena Maria Cordeiro Moita, Universidade Estadual da
 Paraíba
 Márcia Maria Melo Araújo, Universidade Estadual de Goiás
 Élsio José Corá, Universidade Federal da Fronteira do Sul -
 UFFS
 Edemar Rotta, Universidade Federal da Fronteira do Sul -
 UFFS
 Walter Roberto Hernández Vergara, Universidade Federal de
 Grande Dourados - FAEN-UFGD
 Édison Martinho da Silva Difante, Universidade Federal de
 Passo Fundo - RS
 Antonio Amaral Barbosa, Universidade Federal de Pelotas
 João Carlos Gomes, Universidade Federal de Rondônia
 ANA EUCARES VON LAER, Universidade Federal de
 Santa Maria - UFSM
 André Riani Costa Perinotto, Universidade Federal Do Piauí,
 Campus De Parnaíba
 Diogo da Silva Cardoso, UFRJ.
 Cláudia Moura de Melo, Universidade Tiradentes.
 Osvaldo Yoshimi Tanaka, USP
 Ana Cristina D'andretta Tanaka, USP
 Heloiza Helena Gomes de Matos, USP
 Rodrigo Pinto de Siqueira, USP - Lorena
 José Leandro Casa Nova Almeida, USS
 Adalberto Matoski, UTFPR
 Guataçara dos Santos Junior, UTFPR
 Rita de Cassia da Luz Stadler, UTFPR
 Juarez da Silva Thiesen, UTFPR
 Maria de Lourdes Bernartt, UTFPR
 Alessandro Jaquil Waclawovsky, UTFPR
 Pedro Ramos da Costa Neto, UTFPR
 Frieda Saicla Barros, UTFPR
 Rogério Marcos da Silva, UTFPR
 Gerson Máximo Tiepolo, UTFPR
 Jair Urbanetz Junior, UTFPR
 Ariel Orlei Michaloski, UTFPR
 Fabiana de Fátima Giacomini, UTFPR
 Ieda Viana, UTP
 Camila Nunes de Moraes Ribeiro, UTP
 Angela Ribas, UTP
 Sandro Germano, UTP
 Maria Rose Jane Ribeiro Albuquerque, UVA- Acaraú
 Luciano Silva Figueiredo, UFRGS
 Gerson dos Santos Lisboa, UFG-GO
 Laercio Gouvea Gomes – IFPA
 Fabrício Moraes de Almeida – UNIR



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

ISSN: 1809-3957 / Prefixo DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

Vol. 18 – N° 213 – SETEMBRO/ 2023

EDITORIAL

Setembro é o mês que marca o início da primavera, época relacionada com a alegria e felicidade. Entretanto, é nesse mesmo mês que a luta contra uma doença silenciosa ganha fôlego: a luta contra a depressão. Da mesma forma, especialmente neste mês, há uma campanha nacional contra o suicídio, denominada “Setembro Amarelo”. Por isso, o editorial deste mês relembra que esta revista tem contribuído com estudos sobre a saúde humana, trazendo periodicamente publicações que versam sobre psicologia, neurologia, psiquiatria e psicanálise. Em âmbito geral, as pesquisas na área da saúde são bem-vindas na SODEBRAS, que reconhece que o desenvolvimento acadêmico-científico é importante para a melhoria da qualidade de vida da população.

A SODEBRAS – Soluções Para o Desenvolvimento do País – publica artigos científicos das mais diferentes áreas do conhecimento. Devido seu caráter interdisciplinar e a qualidade de seu corpo editorial a Revista tem sido utilizada por pesquisadores do Brasil e do mundo, para publicar estudos de alta relevância para o desenvolvimento técnico-científico da sociedade humana. Além disso, a SODEBRAS conta com o apoio da UNALAR, editora que está no mercado há mais de duas décadas; e também do ITANACIONAL, instituto de ensino e pesquisa localizado em Cisneiros - distrito de Palma-MG. Para contribuir com uma dinâmica ainda maior, no que diz respeito à circulação e a produção do conhecimento, a SODEBRAS adota uma periodização mensal. Sabe-se que em um mundo de rápidas mudanças e de constantes transformações a ciência precisa estar na vanguarda da propagação de informações. Além disso, as edições possuem formato eletrônico de acesso livre e gratuito, assim como indexação nacional e internacional.

De acordo com a classificação dos periódicos avaliados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (QUALIS / CAPES), somos extrato B2, o que demonstra a seriedade do trabalho realizado pela revista.

Boa leitura
Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior
Editor Adjunto – Revista SODEBRAS

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	<p>SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E SEGURANÇA VIÁRIA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE VISUALIZAÇÃO DE REDE A PARTIR DA BASE WOS</p> <p>TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND ROAD SAFETY: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND NETWORK VISUALIZATION FROM THE WOS BASE</p> <p>Ricardo Alves Santos; Adriana Fiorotti Campos</p>
6-3	<p>A ECONOMIA INSTITUCIONAL E A CADEIA PRODUTIVA DO FEIJÃO: DESENVOLVIMENTO TEÓRICO BASEADO EM DOUGLASS NORTH</p> <p>INSTITUTIONAL ECONOMICS AND THE BEAN CHAIN: THEORETICAL DEVELOPMENT BASED ON DOUGLASS NORTH</p> <p>Paulo Eterno Venâncio Assunção; Alcido Elenor Wander</p>
7-7	<p>A INTERFACE ENTRE SUSTENTABILIDADE E O DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS</p> <p>THE INTERFACE BETWEEN SUSTAINABILITY AND SOLID WASTE DISPOSAL</p> <p>Lúcia Viegas Fernandes; Lauro Eugênio Guimarães Nalini</p>
7-7	<p>O SUJEITO SURDO PRE-LINGUAL: O PAPEL DO PSICOLOGO NO IMPLANTE COCLEAR</p> <p>THE PRE-LINGUAL DEAF SUBJECT: THE PSYCHOLOGIST'S ROLE IN THE COCLEAR IMPLANT</p> <p>Lesle Freitas Maciel; Edna Maria Severino Peters Kahhale</p>
7-8	<p>A PROMOÇÃO DO ENSINO DA ESTATÍSTICA POR MEIO DE UM PROJETO DE EXTENSÃO</p> <p>THE PROMOTION OF THE TEACHING OF STATISTICS THROUGH AN EXTENSION PROJECT</p> <p>Lucas Moreira; Jose Felipe Custodia de Azevedo</p>
7-8	<p>APLICAÇÃO DE UM REPOSITÓRIO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ARMAZENAMENTO E FONTE DE CONSULTA PARA CURSOS DE GESTÃO</p> <p>APPLICATION OF A DIGITAL REPOSITORY AS A STORAGE TOOL AND A SOURCE OF CONSULTATION FOR MANAGEMENT COURSES</p> <p>André Luiz Ribeiro Antunes; Nanci Oliveira; Marco Rogério da Silva Richetto; Roque Antônio de Moura; Messias Borges Silva</p>
7-8	<p>TUTORES DIGITAIS: UMA NOVA ERA NA EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI</p> <p>DIGITAL TUTORS: A NEW ERA IN EDUCATION IN THE 21ST CENTURY</p> <p>David Lopes Maciel; Fabrício Moraes de Almeida</p>

SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS E SEGURANÇA VIÁRIA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA E DE VISUALIZAÇÃO DE REDE A PARTIR DA BASE WOS

TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND ROAD SAFETY: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS AND NETWORK VISUALIZATION FROM THE WOS BASE

Ricardo Alves Santos¹
Adriana Fiorotti Campos²

Resumo – *Em um mundo globalizado, o planejamento das estratégias de Segurança Viária é essencial para instituições públicas atingirem seus objetivos. No entanto, a produção acadêmica sobre o assunto é escassa, limitando o acesso a informações fundamentadas. Investir em pesquisas é crucial para melhorar políticas e práticas relacionadas à segurança nas vias públicas. Neste contexto, este artigo teve por objetivo analisar como a temática Soluções Tecnológicas aplicada na Segurança Viária está localizada no âmbito da produção científica. Para isso sua abordagem metodológica contou com uma análise bibliométrica e de visualização em rede com a utilização do software VOSviewer, a partir da base de pesquisa na plataforma Web of Science e com o auxílio do software Zotero. Os resultados obtidos permitiram identificar a formação de rede de coautoria entre autores, a ocorrência simultânea das palavras-chave e dos principais termos utilizados em títulos e resumos de artigos predominantes no campo de pesquisa. A conclusão principal é que os estudos na área de soluções tecnológicas e segurança viária parecem ser ainda embrionários, com baixo acoplamento e contribuição em rede.*

Palavras-chave: *Soluções Tecnológicas. Segurança Viária. Rede. VOSviewer.*

Abstract – *In a globalized world, the planning of Road Safety strategies is essential for public institutions to achieve their goals. However, academic production on the subject is scarce, limiting access to substantiated information. Investing in research is crucial to improving policies and practices related to road safety. In this context, this article aimed to analyze how the theme Technological Solutions applied in Road Safety is located within the scope of scientific production. For this, its methodological approach included a bibliometric analysis and network visualization using the VOSviewer software, based on the research base on the Web of Science platform and with the help of Zotero software. The results obtained allowed*

¹ Mestre em Gestão Pública pela Universidade Federal do Espírito Santo. Contato: ricardo.ras.prf@gmail.com.

² Doutora em Planejamento Energético pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (PPE/COPPE/UFRJ); Docente da Universidade Federal do Espírito Santo. Contato: afiorotti@yahoo.com.

identifying the formation of a co-authorship network between authors, the simultaneous occurrence of keywords and the main terms used in titles and abstracts of predominant articles in the research field. The main conclusion is that studies in the area of technological solutions and road safety seem to be still embryonic, with low coupling and network contribution.

Keywords: *Technologic Solutions. Road Safety. Network. VOSviewer.*

I. INTRODUÇÃO

Em um mundo globalizado, o planejamento das estratégias de Segurança Viária torna-se essencial para as organizações públicas definirem os seus objetivos organizacionais com equilíbrio a fim de superar as dificuldades, permitindo reconhecer problemas que podem surgir ao longo do caminho e possibilitando a adoção de sistemas seguros, buscando melhorias eficazes e duradouras quanto a redução de acidentes de trânsito (SOUSA, 2019).

Entende-se por Segurança Viária como um conjunto de medidas e políticas implementadas para proteger os usuários das vias públicas, reduzir riscos de acidentes e preservar vidas por meio de infraestrutura adequada, educação, conscientização e tecnologias.

Neste contexto, soluções tecnológicas representam abordagens inovadoras impulsionadas por avanços científicos para aprimorar a segurança viária. Entre os exemplos notáveis estão sistemas de assistência ao motorista, detecção avançada de pedestres e ciclistas, câmeras de monitoramento de tráfego e sistemas inteligentes de transporte. Essas tecnologias têm um objetivo claro e nobre: evitar acidentes, preservar vidas e otimizar o gerenciamento do tráfego, tornando as estradas mais seguras e eficientes para todos. Ao integrar tais soluções ao ambiente viário, é possível alcançar avanços significativos no cuidado com a segurança dos usuários e na construção de uma mobilidade mais sustentável e segura.

Pesquisas científicas sobre o tema corroboram para a compreensão dos principais fatores que contribuem para acidentes e a implementação de soluções tecnológicas adequadas para mitigar riscos e melhorar a segurança nas vias. No contexto atual, é imprescindível enfatizar a importância de examinar minuciosamente a produção acadêmica e estimular a realização de novas pesquisas e estudos sobre segurança viária. Esta abordagem visa impulsionar avanços científicos e tecnológicos que possam ter um impacto significativo na preservação de vidas e na melhoria da segurança para todos os usuários das vias.

O uso de soluções tecnológicas na segurança viária adquire significativo valor quando voltadas para otimização do desempenho operacional dos sistemas viários, trabalhando para garantir a fluidez e segurança no trânsito, oferecendo parâmetros para as decisões e referência para as ferramentas de análises e para os instrumentos de gestão (RIBEIRO *et al.*, 2017), sendo uma modernização administrativa indispensável no cotidiano das organizações públicas, especialmente nas que se orientam por resultados.

Também é importante que a gestão pública se adapte às novas realidades que compreendem medições de desempenho e metas organizacionais, traduzindo-as em objetivos e ações. Dessa forma, o uso de indicadores pode ser vinculado ao planejamento das ações de Segurança Viária, colaborando com seu ajuste. Esses conceitos são de fundamental relevância para a contemplação das expectativas dos *stakeholders*, ou seja, das partes interessadas (motoristas, pedestres, ciclistas, sociedade, governo, profissionais de saúde, entre outros), que, internamente, podem melhor se aproveitar do uso das informações de desempenho, de modo que, de forma externa, possam verificar os resultados alcançados (CHEN, 2017).

Além disso, uma compreensão sobre as necessidades dos *stakeholders* pode ser uma útil ferramenta na identificação de oportunidades para a gestão pública, que constantemente necessita de apoio para realização de seus objetivos. Isso porque o ambiente e o contexto político não são estáveis, e podem modificar os rumos de uma organização (VARVASOVSKY; BRUGHA, 2000).

Diante do exposto, e considerando a importância do tema para a gestão pública moderna, buscou-se realizar o levantamento de informações importantes sobre os periódicos publicados na área através de uma análise bibliométrica. O uso da bibliometria possibilita um amplo alcance dentro do espectro da temática estudada, através da investigação, exploração e mapeamento dos dados (RIBEIRO, 2017).

Assim, este artigo abordará a temática através da visualização de rede, elaborada por meio do *software* VOSviewer. A visualização de rede a partir da base *Web of Science* facilitará a identificação de categorias de coautoria, cocorrências (ocorrência simultânea de duas coisas) e termos mais significativos, permitindo, assim, constatar de forma clara alguns indicadores importantes da produção científica sobre soluções tecnológicas e segurança Viária.

II. METODOLOGIA

Um *software* científico é fundamental no avanço da ciência moderna, sendo empregado tanto em tarefas cotidianas quanto em procedimentos, métodos ou protocolos de pesquisa científica (ORDUÑA-MALEA; COSTAS, 2021). Neste estudo, optou-se por utilizar o VOSviewer, um *software* com capacidade de agrupar informações a partir de bases de dados, constituindo-se como uma ferramenta para a construção e visualização de redes bibliométricas. Com o auxílio deste *software*, torna-se viável criar redes de relacionamento entre autores, citações, acoplamento bibliográfico, entre outras possibilidades.

A primeira etapa compreendeu a seleção dos parâmetros a serem empregados na busca na *Web of Science*, notadamente em sua coleção principal, a qual abriga inúmeras revistas de elevada qualidade com publicações acadêmicas provenientes de diversos países ao redor do globo. Nessa etapa, utilizando a funcionalidade de pesquisa avançada, restringiu-se a busca a documentos no formato de artigo, redigidos em idioma inglês e português, abrangendo o período compreendido entre os anos de 1945 e 2021. O termo de busca adotado consistia em soluções tecnológicas e segurança viária, restritos ao título ou resumo dos artigos. Considerando a pesquisa com o escopo soluções tecnológicas e segurança viária no título, a pesquisa não retornou nenhum resultado. Considerando como parâmetro de pesquisa soluções tecnológicas no título ou soluções tecnológicas e segurança viária no resumo, foram encontrados somente três resultados. Considerando a pesquisa segurança viária no título ou soluções tecnológicas e segurança viária no resumo, foram encontrados 1.733 resultados na coleção principal da *Web of Science*.

A partir deste escopo, foram selecionados somente os com acesso aberto, que resultaram em uma base de pesquisa de 561 artigos, coletados em 12 de maio de 2022.

Ao gerar o relatório de citações, fornecido pela base principal da *Web of Science*, constatou-se um crescimento significativo na produção acadêmica a partir de 2012, totalizando 484 publicações. Esse número representa 86% do total de publicações levantadas, evidenciando o interesse atual acerca do tema. Esses dados apontam para uma clara tendência de aumento do interesse e pesquisa nessa área nos últimos dez anos.

Com base nessas informações, deu-se início à segunda etapa da pesquisa, que consistiu no emprego do *software* Zotero como ferramenta para o aprimoramento das informações e para a criação do arquivo base de trabalho, o qual foi posteriormente exportado para o VOSviewer.

Os metadados, incluindo título, autores, resumo e ano de publicação, foram inseridos no Zotero. Aproximadamente 50 arquivos foram obtidos manualmente e importados para o *software*, pois não foram localizados de forma automática. Ademais, cerca de 100 arquivos passaram por ajustes em relação aos seus metadados.

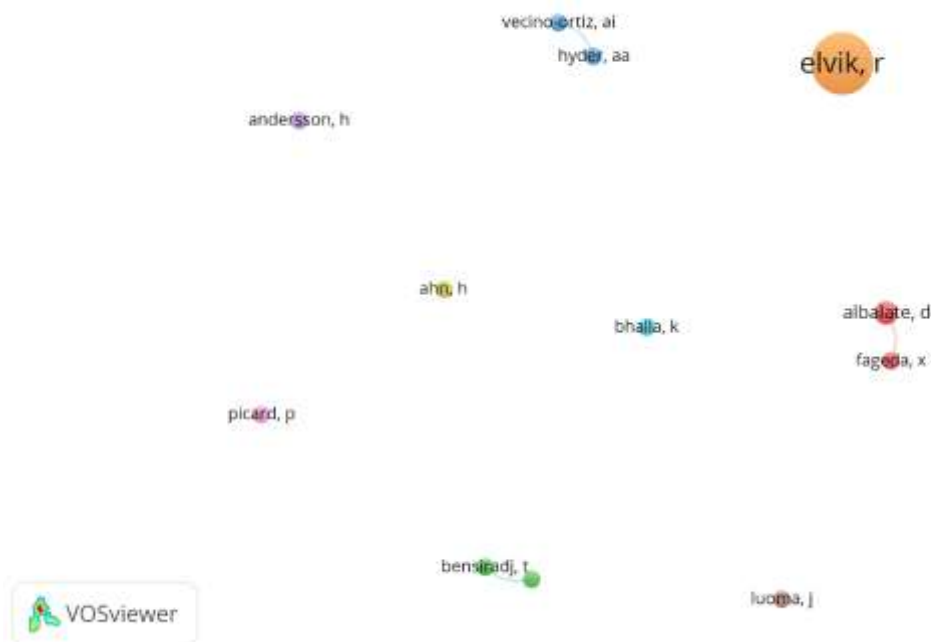
Na terceira etapa, o VOSviewer foi empregado para criar os mapas utilizados neste estudo. A partir desses mapas, que se basearam em dados bibliográficos, tornou-se possível realizar análises de coautoria entre os autores e de coocorrência entre as palavras-chave utilizadas nos artigos. Essas análises proporcionaram *insights* valiosos para a compreensão dos padrões de colaboração e das principais temáticas abordadas na pesquisa acadêmica sobre o tema em questão.

A quarta e última etapa concentrou-se na criação de mapas fundamentados em dados de texto, envolvendo a extração de termos dos títulos e resumos dos artigos. A análise dos dados de texto foi conduzida mediante a definição de um número mínimo de ocorrências para os termos, estabelecido em seis. Os resultados obtidos a partir desses procedimentos proporcionaram uma compreensão mais aprofundada da temática no campo de pesquisa em questão. Essa análise de *clusters* consiste em uma técnica estatística que facilita o agrupamento de diversos itens com base em suas semelhanças, classificando os grupos de acordo com características comuns entre eles. Isso possibilitou identificar padrões e relações relevantes entre os termos utilizados nos títulos e resumos dos artigos, enriquecendo a compreensão das principais abordagens e tópicos presentes na área de estudo (NUNES *et al.*, 2020).

III. RESULTADOS

Com a utilização do *software* VOSviewer e a partir da criação de mapas baseados em dados bibliográficos, foi elaborado o mapa ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Mapa de coautoria entre autores com visualização em rede



Fonte: VOSviewer (2023).

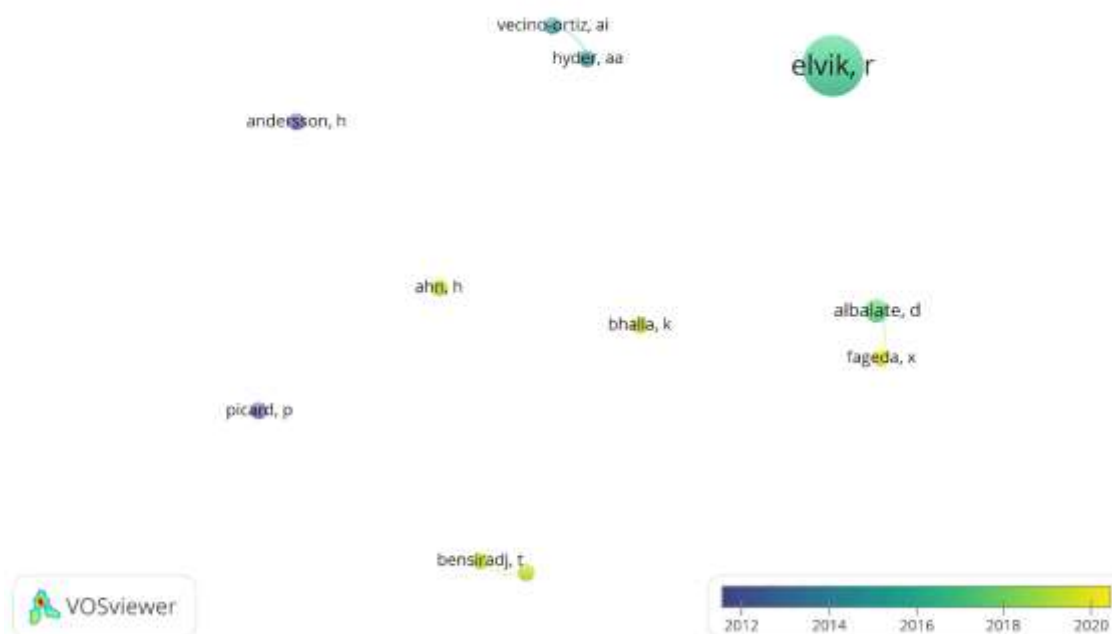
Nesse mapa, a análise foi conduzida considerando a coautoria entre os autores, com a definição de um número mínimo de documentos por autor estabelecido em dois. Como

resultado, dos 241 autores identificados, apenas 12 atenderam a esse critério de coautoria mínima. Esse mapa possibilitou visualizar as conexões colaborativas entre os autores e identificar grupos ou comunidades de pesquisadores com colaborações frequentes em suas publicações acadêmicas.

Com a criação de nove *clusters*, conforme demonstrado na Figura 1, algumas considerações importantes podem ser feitas. A primeira delas é que se observa uma relação de coautoria relativamente baixa entre os autores, o que é bastante significativo considerando o total de 241 autores. A segunda consideração relevante é a baixa conexão entre os 12 autores destacados, evidenciada pelo fato de haver apenas três *links* entre eles. Essas informações sugerem que a colaboração científica entre os autores no campo de pesquisa em questão ainda possui margem para um maior desenvolvimento e estreitamento de laços acadêmicos. Isso pode ser uma oportunidade para incentivar o compartilhamento de conhecimentos e a realização de trabalhos conjuntos, contribuindo para a expansão e aprofundamento da pesquisa na área.

Outro ponto relevante a ser destacado é a relação dos 12 autores apresentados com o ano de publicação de suas obras. Conforme visualizado na Figura 2, a escala anual revela que esses autores tiveram suas publicações concentradas em um período relativamente curto, compreendendo os anos de 2012 a 2021. Esse intervalo de tempo é consideravelmente novo, especialmente considerando que a base de dados utilizada abrange um período mais amplo, de 1945 a 2021. Essa concentração de publicações em um curto espaço de tempo pode indicar um possível aumento no interesse e na produção de trabalhos sobre o tema em questão durante esse período específico.

Figura 2 - Mapa de coautoria entre autores com visualização em sobreposição

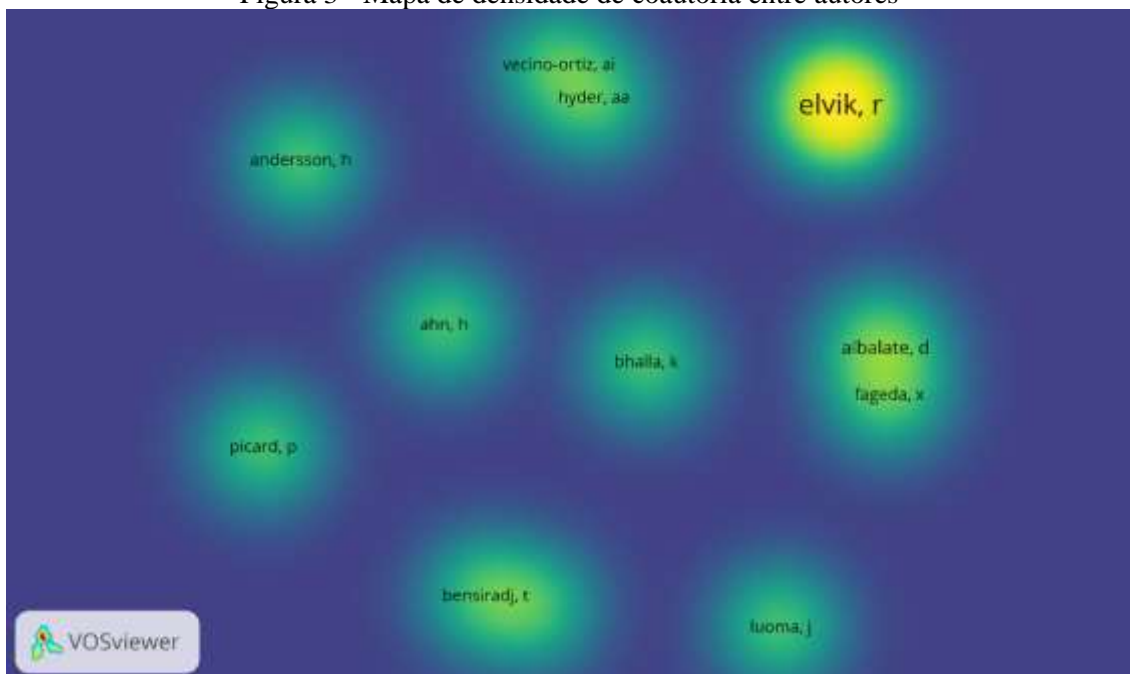


Fonte: VOSviewer (2022).

Já a Figura 3 apresenta o mapa de densidade, fornecendo uma indicação dos autores de maior expressividade na rede de coautoria. Esse mapa permite identificar os pesquisadores que tiveram uma presença mais marcante em termos de colaborações científicas com outros colegas, o que pode sinalizar a relevância desses autores no contexto da pesquisa em questão. A análise desses resultados pode proporcionar *insights*

valiosos sobre as dinâmicas de colaboração e a distribuição da produção científica entre os autores estudados.

Figura 3 - Mapa de densidade de coautoria entre autores



Fonte: VOSviewer (2022).

Os dados apresentados nas Figuras 1, 2 e 3 sugerem que, apesar do amplo período de tempo considerado (1945 a 2021), a temática sobre soluções tecnológicas e segurança viária ainda carece de uma maior integração entre os autores e áreas afins. A análise dos *clusters* na Figura 1 indica uma divisão nas colaborações entre os 241 autores, com uma baixa relação de coautoria. O foco das publicações dos 12 autores destacados, conforme a Figura 2, concentra-se em um período relativamente recente (2012 a 2021), indicando um possível aumento de interesse na área. No entanto, a falta de distribuição uniforme ao longo do tempo sugere que a colaboração poderia ser mais constante. A Figura 3 revela poucos laços na rede de coautoria, apontando para a necessidade de estimular uma maior integração entre os pesquisadores, incentivando a colaboração interdisciplinar e promovendo o compartilhamento de conhecimentos para avançar significativamente no campo de estudo.

Esse tipo de visualização proporciona uma maior compreensão sobre a abordagem da temática do trabalho em rede no serviço público. Esse tema é bastante importante e tem se destacado no debate do serviço público atual, uma vez que é preciso uma modificação de paradigma, mudando-se o foco das organizações e funcionários para as relações interorganizacionais e interpessoais (BONDARENKO *et al.*, 2021).

Apesar da baixa colaboração entre os autores, as publicações continuam a focar predominantemente em análises de questões regionais, sem estabelecer conexões mais amplas entre diferentes realidades. Além disso, ao utilizar a criação de mapas baseados em dados bibliográficos no VOSviewer, foi possível também analisar as coocorrências entre palavras-chave. A Tabela 1 apresenta a relação de 19 palavras-chave, abrangendo tanto a língua inglesa quanto a língua portuguesa, uma vez que as fontes de dados incluem ambas as línguas.

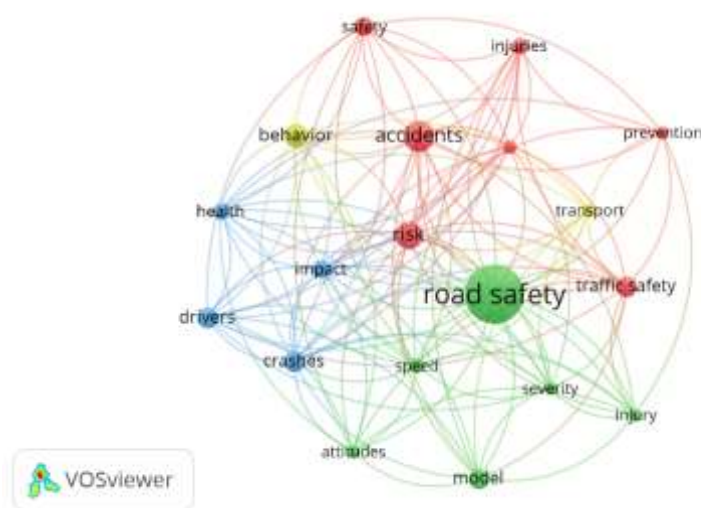
Tabela 1 - Lista das 19 palavras-chave

<i>Keyword</i>	<i>Occurrences</i>	<i>Total link strength</i>
road safety (segurança viária)	151	146
risk (risco)	49	87
acidentes (acidentes)	57	86
behavior (comportamento)	38	58
impact (impacto)	27	58
drivers (motoristas)	32	57
crashes (colisões)	32	55
speed (velocidade)	20	50
health (saúde)	23	42
traffic safety (segurança no trânsito)	33	34
severity (gravidade)	16	31
injuries (lesões)	22	28
injury (ferida)	16	25
model (modelo)	30	25
transport (transporte)	16	25
attitudes (atitudes)	16	24
prevention (prevenção)	16	24
safety (segurança)	28	24
performance (desempenho)	17	23

Fonte: Autoria própria, com base no programa VOSviewer (2023).

Conforme é possível observar na representação em rede apresentada na Figura 4, foram criados quatro *clusters*, nos quais as palavras-chave foram agrupadas em conjuntos. O *cluster 1*, identificado pela cor vermelha, contém sete palavras-chave, o *cluster 2*, representado em verde, possui seis palavras, o *cluster 3*, em azul, contém quatro palavras, e o *cluster 4*, destacado em amarelo, possui duas palavras. No entanto, devido à natureza da visualização gerada, não foi possível obter uma definição mais clara das palavras e suas respectivas pertencas aos *clusters*.

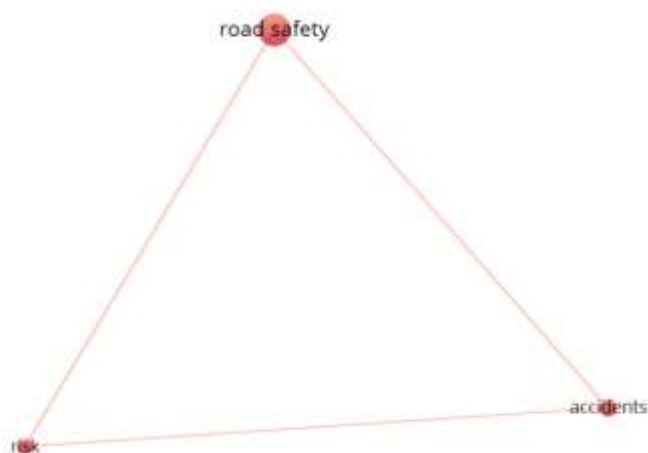
Figura 4 - Coocorrência de palavras-chave com visualização em rede



Fonte: VOSviewer (2023).

Já a Figura 5 apresenta o mapa gerado pelo *software* VOSviewer a partir da utilização das 19 palavras-chaves localizadas, em que identificou o número mínimo de ocorrência de uma palavra-chave. Com isso, algumas palavras-chave não estavam conectadas entre si, de modo que, segundo o *software*, o maior número de palavras conectadas consistia em três. Desse modo, apenas um *cluster* foi gerado.

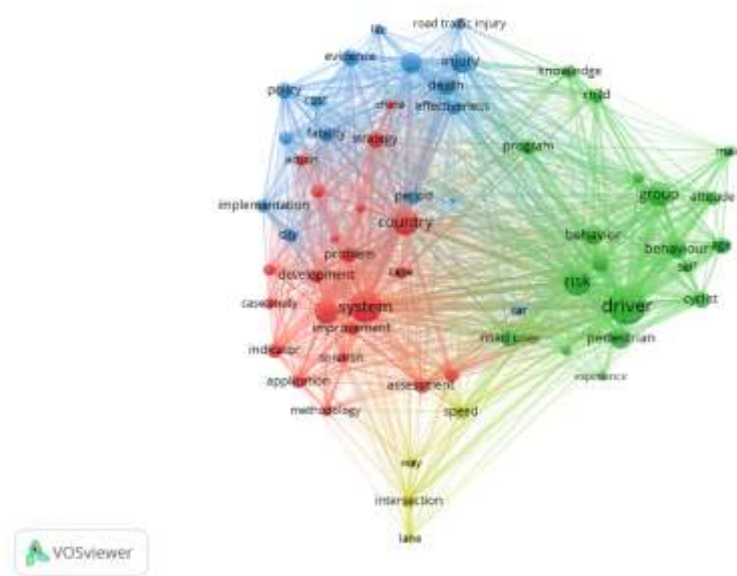
Figura 5 - Coocorrência de palavras-chave com conexão entre si



Fonte: VOSviewer (2023).

Passou-se então para a criação de mapas baseados em dados de texto, sendo esta a última etapa de análise. Nesta etapa o primeiro mapa gerado pode ser visualizado na Figura 6, com a extração de termos do título e resumo e visualização em rede.

Figura 6 - Mapa de termos extraídos de título e resumo com visualização em rede



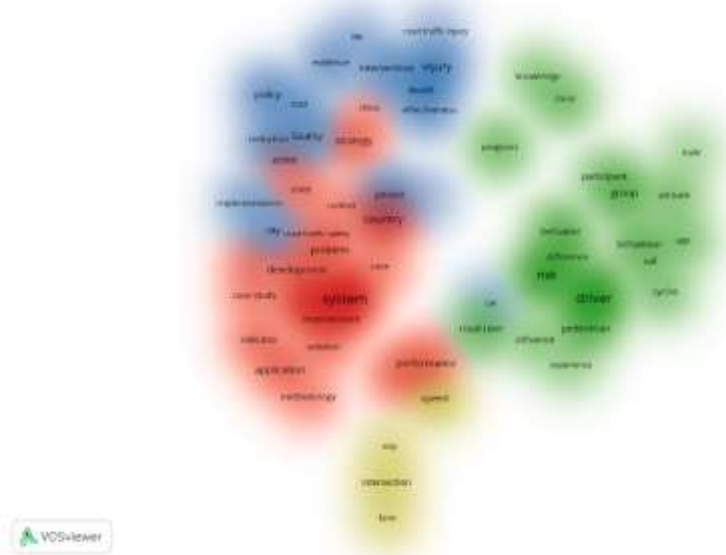
Fonte: VOSviewer (2023).

Foram analisados 13.170 termos, por meio do qual o *software* VOSviewer calcula uma pontuação de relevância, selecionando os 60% mais relevantes. Com isso foram selecionados 60 termos que geraram a Figura 6.

Com esses parâmetros a Figura 6 apresenta quatro *clusters*, com uma separação bem definida entre eles. O *cluster* 1, em vermelho, engloba 21 termos. O segundo maior é o *cluster* verde, com 19 termos. Depois há o *cluster* 3, em azul, com 16 termos. Por fim o *cluster* amarelo, com seus quatro termos. Quanto maior a circunferência do termo, maior o número de sua ocorrência.

O termo de maior destaque é *system*, com 384 ocorrências. Em seguida o termo *driver* com 364 ocorrências e *risk* com 236 ocorrências. O mapa de densidade apresentado na Figura 7 demonstra melhor essa relação.

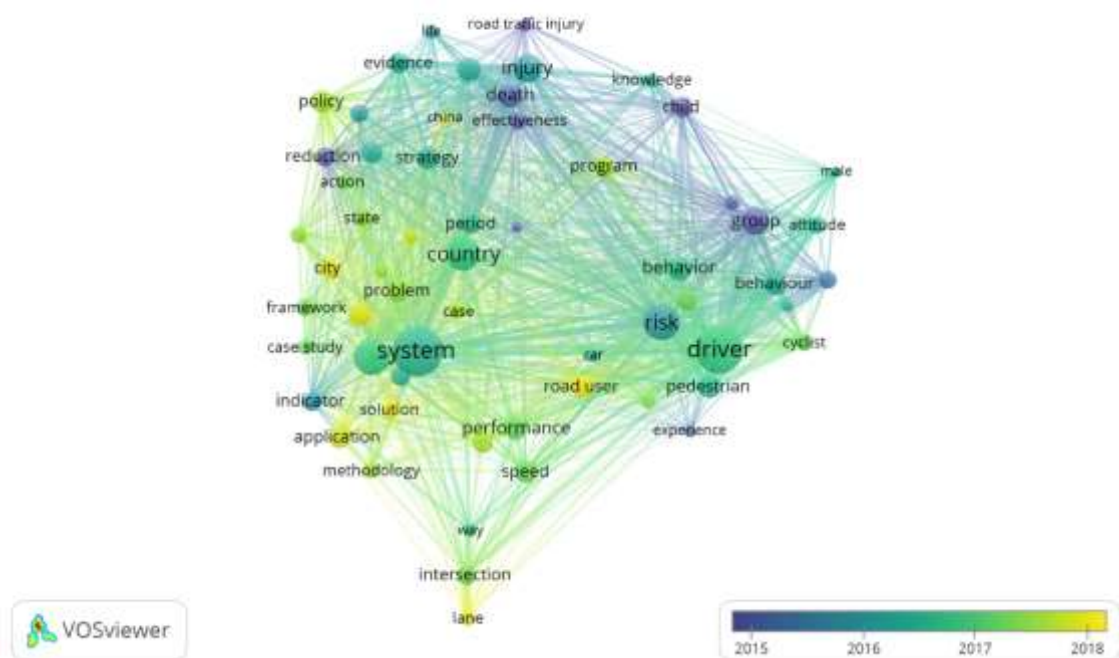
Figura 7 - Mapa de densidade de termos extraídos de título e resumo



Fonte: VOSviewer (2023).

Nota-se que alguns termos, apesar de possuírem uma maior quantidade de ocorrências, foram mais utilizados em publicações mais distantes, no ano de 2017, por exemplo. Ao que indica a Figura 8, as publicações mais recentes têm trazido novos termos para o campo de análise e discussão, o que explica uma menor ocorrência.

Figura 8 - Mapa de termos extraídos de título e resumo com visualização em sobreposição



Fonte: VOSviewer (2023).

Esse tipo de pesquisa pode auxiliar até mesmo na elaboração do planejamento estratégico no serviço público, pois, com as diversas análises desses termos, dá pistas sobre o direcionamento do campo de estudo. A extensa disponibilidade de informações amplia a capacidade de planejamento das organizações e permite que se realize uma gestão do conhecimento, sendo este um elemento central no planejamento estratégico (HUGHES; HODGKINSON, 2020).

IV. CONCLUSÃO

O presente estudo se propôs a investigar, através da análise bibliométrica e de visualização de rede, como tem se desenvolvido a produção envolvendo soluções tecnológicas e segurança viária. Para isso, utilizou-se de ferramentas de *software* como o Zotero e o VOSviewer, que permitiram obter uma visão mais abrangente destes campos de pesquisa.

Através das análises realizadas, mostrou-se um interesse por essas áreas nos anos mais recentes, com os termos mais utilizados e os trabalhos de alguns autores. Sobre este ponto, cabe destacar que parece não haver, ainda, um trabalho mais unificado entre os pesquisadores da área, visto a baixa relação de coautoria encontrada. Este dado em específico sugere que, apesar de se ter um número relativamente grande de autores produzindo, estas produções parecem ser publicadas de forma mais isolada, com pouca contribuição em rede. Uma pesquisa mais aprofundada neste ponto poderia detalhar melhor esta característica encontrada.

Além disso, verificou-se que o estudo das soluções tecnológicas e segurança viária ainda estão incipientes, uma vez que seu estudo de rede a partir da base *Web of Science* demonstrou que as publicações possuem maior volume nos últimos anos, mais especificamente na década passada. Portanto, a elaboração de indicadores voltados para o serviço público é de suma importância, uma vez que há certa carência em publicações com esse foco (SANTOS; SELIG, 2014).

Conforme os dados apresentados na Figura 8, a suspeita relatada pela análise das Figuras 1, 2 e 3 é confirmada, e parece evidenciar que, apesar da busca de dados em uma base com amplo recorte temporal, a análise bibliométrica abordada neste estudo sugere que as publicações sobre a temática de Soluções Tecnológicas e Segurança Viária ainda são bastante incipientes.

Dessa forma, pode-se concluir que a análise bibliométrica é uma ferramenta importante para diagnosticar um tema específico, sendo de grande valor para compreender os avanços da pesquisa sobre soluções tecnológicas e segurança viária. Com a apresentação dos dados descritos aqui, espera-se que este estudo possa contribuir de alguma forma para o avanço dos estudos nessa área temática.

Através da análise sistemática e quantitativa das publicações científicas, o estudo pode identificar tendências, lacunas e progressos na área, destacando a temática e trabalhos mais promissores que propõe a redução de acidentes e melhoria da segurança viária. Além disso, o estudo bibliométrico pode evidenciar o panorama global das pesquisas nesse domínio, mapear os principais autores e instituições envolvidos, e fornecer informações relevantes para direcionar futuras investigações e políticas de segurança no trânsito.

Uma limitação importante presente neste estudo é aspectos relativos a adoção e aceitação pelos usuários. A resistência à mudança, preocupações com privacidade e desconfiança em relação a sistemas automatizados podem impactar a implementação dessas soluções. A diversidade de usuários também pode levar a uma adoção desigual. É crucial envolver os usuários desde as fases iniciais de desenvolvimento, considerando

suas perspectivas e abordando preocupações para aumentar a aceitação e o sucesso das soluções tecnológicas na segurança viária.

Para pesquisas futuras, que podem ser promissoras sobre soluções tecnológicas e segurança viária, sugerem-se temas referentes a Big Data e análise preditiva. Estas envolveriam coleta e análise de um grande volume de dados de tráfego, combinados com algoritmos de aprendizado de máquina, para identificar padrões e tendências que possam prever áreas de risco e permitir medidas preventivas. Essa pesquisa pode levar a estratégias mais eficazes de segurança, otimização de rotas e implementação de políticas baseadas em dados concretos. Além disso, pode resultar em sistemas de alerta antecipado para motoristas e autoridades de trânsito agirem proativamente na prevenção de acidentes.

V. REFERÊNCIAS

BONDARENKO, Svitlana *et al.* **The Effectiveness of Network Systems in Providing Project Maturity of Public Management**. 2021. Disponível em:

<https://www.temjournal.com/content/101/TEMJournalFebruary2021_272_282.pdf>.

Acesso em: 23 set. 2022.

CHEN, Ssu-Hsien. Who cares: Stakeholder participation and the use of performance information in strategic planning. **Chinese Public Administration Review**. v. 8, n. 2, p. 86-103, 2017. Disponível em: <<https://cpar.net/index.php/cpar/article/view/125/107>>.

Acesso em: 13 nov. 2022.

HUGHES, Paul; HODGKINSON, Ian. Knowledge management activities and strategic planning capability development. **European business review**. 2020. Disponível em:

<<https://www-emerald.ez43.periodicos.capes.gov.br/insight/content/doi/10.1108/EBR-03-2019-0034/full/html>>. Acesso em: 23 out. 2022.

NUNES, Andrieli; SILVA, Deoclécio; JOHANN, Denise; SCHERER, Nandria. Cooperativas e o modelo de gestão sob o prisma acadêmico: um estudo bibliométrico da última década. Navus: **Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 1-14, 2020.

Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7774789.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

ORDUÑA-MALEA, Enrique; COSTAS, Rodrigo. Link-based approach to study scientific software usage: The case of VOSviewer. **Scientometrics**, v. 126, n. 9, p. 8153-8186, 2021. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-021-04082-y>>. Acesso em 24 out. 2022.

RIBEIRO, H. C. M. Bibliometria: quinze anos de análise da produção acadêmica em periódicos brasileiros. **Biblios**, Pittsburgh, n. 69, p. 1-16, oct./dic 2017. Disponível em:

<https://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1562-47302017000400001&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 03 set. 2022.

RIBEIRO, Rogério Lemos *et al.* **O uso da microssimulação de tráfego na segurança viária: uma revisão sistemática da literatura**. CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA EM TRANSPORTE DA ANPET, XXXI, 2017, Recife. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Rogerio-Ribeiro-5/publication/322039991_O_USO_DA_MICROSSIMULACAO_DE_TRAFEGO_NA_SEGURANCA_VIARIA_UMA_REVISAO_SISTEMATICA_DA_LITERATURA/links/5a7a07be45851541ce5e6dfd/O-USO-DA-MICROSSIMULACAO-DE-TRAFEGO-NA-SEGURANCA-VIARIA-UMA-REVISAO-SISTEMATICA-DA-LITERATURA.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2023.

SANTOS, Paloma Maria; SELIG, Paulo Maurício. Indicadores para o novo serviço público: uma análise bibliométrica e sistêmica. **Perspectivas em Ciência da Informação**. v. 19, n. 3, p. 82-97, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/pci/a/sMMqFCfgSDzTJGBmk9bDhgM/?lang=pt>>. Acesso em: 22 out. 2022.

SOUSA, Adriana Modesto de. **Metodologia de avaliação de programas governamentais preventivos aos acidentes de transporte rodoviário envolvendo motoristas de cargas**. 2019. vii, 182 f., il. Tese (Doutorado em Transportes) –Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/38215/1/2019_AdrianaModestodeSousa.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2023.

VARVASOVSKY, Zsuzsa; BRUGHA, Ruairí. A stakeholder analysis. **Health policy and planning**. V. 15, n. 3, p. 338-345, 2000. Disponível em: <<https://academic.oup.com/heapol/article/15/3/338/573312?login=true>>. Acesso em 13 nov. 2022.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

A ECONOMIA INSTITUCIONAL E A CADEIA PRODUTIVA DO FEIJÃO: DESENVOLVIMENTO TEÓRICO BASEADO EM DOUGLASS NORTH

INSTITUTIONAL ECONOMICS AND THE BEAN CHAIN: THEORETICAL DEVELOPMENT BASED ON DOUGLASS NORTH

Paulo Eterno Venâncio Assunção¹
Alcido Elenor Wander²

Resumo – Este artigo visa compreender aspectos fundamentais da cadeia produtiva do feijão no Brasil. Para tanto, foi realizado um ensaio teórico centrado na Nova Economia Institucional e Douglass North. O processo de desenvolvimento das instituições ocorre a partir de desenvolvimento históricos, culturais e sociais, determinando como os agentes que participam da comercialização irão se comportar, e quais incentivos eles possuem para cooperar nas transações. Conseguir um desenho eficiente do processo de troca da propriedade do objeto transacionado, pode significar uma redução significativa dos custos de transação e dos custos envolvidos com a execução dos contratos, o que pode tornar as transações mais eficientes e favorecer a coordenação da cadeia produtiva. Compreender e mensurar de forma eficiente os custos de transação significa, em alguns casos, tornar as negociações mais claras e com um custo informacional mais simples para ambas as partes, permitindo aos agentes uma melhor tomada de decisão.

Palavras-chave: Coordenação. Governança. Custos de Transação.

Abstract - This article aims to understand Brazil's bean production chain's fundamental aspects. Therefore, a theoretical essay centered on New Institutional Economics and Douglass North was carried out. The institutions' development process takes place from historical, cultural, and social development, determining how the agents participating in the commercialization will behave and what incentives they must have to cooperate while transacting. Achieving an efficient design of the process of exchanging the property of the transacted object can mean a significant reduction in transaction costs and the costs involved in executing contracts, making transactions more efficient and favoring the coordination of the production chain. Furthermore, understanding and efficiently measuring transaction costs means, in some cases, making negotiations clearer and with a simpler informational cost for both parties, allowing agents to make better decisions.

Keywords: Coordination. Governance. Transaction Costs.

¹ Doutor em Agronegócio (UFG/Goiânia-GO); Docente do Centro Universitário de Goiatuba-GO (UniCerrado). Contato: eternopaulo05@gmail.com.

² Doutor em Ciências Agrárias (Concentração: Economia Agrícola) (UGOE/Göttingen, Alemanha); Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão. Contato: alcido.wander@embrapa.br.

I. INTRODUÇÃO

O feijão-comum é um produto de grande importância para agricultura brasileira, sendo um alimento com grande demanda pelas famílias brasileiras. Embora seja um alimento importante, como cadeia produtiva, o feijão apresenta dificuldades de coordenação e governança, não apresentando elementos que garantam o bom funcionamento para os agentes que compõem as transações. Entre estes elementos incluem-se a simetria de informações entre os agentes da cadeia produtiva. Tal procedimento, leva a ineficiências de coordenação, gerando as falhas de coordenação, proporcionando excedentes de comercialização que são apropriados de forma heterogênea pelos agentes dentro e fora da cadeia (MORAES; MENELAU, 2017). Tal constatação instiga e justifica a presente pesquisa, sendo o seu objeto de estudo as transações que acontecem entre produtores e a indústria processadora, produtores-intermediários-agroindústria, a exemplo de Abreu, Cunha e Wander (2016). Especificamente, buscou-se estudar a razão que leva a cadeia produtiva de feijão a não apresentar um mecanismo de coordenação que não seja benéfico para todos os agentes da cadeia, utilizando diferentes aportes teóricos para entender as relações que são desenvolvidas pelos aspectos institucionais e informacional. Com base nesse objeto de estudo, utilizou-se o suporte teórico oferecido pela Nova Economia Institucional, especialmente sua visão relacionada com Douglass North, a Economia dos Custos de Transação, o processo de mudança institucional desenvolvido por Douglass North, a exemplo do estudo realizado por Moraes, Vian e Vian (2012), Levi e Weingast (2019), Putsenteilo *et al.* (2020) e Rindfleisch (2020), porém com foco em Adam Smith.

II. A ECONOMIA INSTITUCIONAL DE DOUGLASS NORTH

Como arcabouço teórico para o desenvolvimento deste ensaio teórico, optou-se pelo autor Douglas North, que apresenta um entendimento da teoria institucionalista como sendo uma dinâmica em desenvolvimento, relacionada com o passado e o desenvolvimento de arranjos institucionais que podem influenciar de maneira direta a forma como as instituições podem atuar. Esse entendimento da dinâmica institucional está alinhado com o que se observa no conceito de cadeia produtiva como um processo de organização e estruturação econômica, dependente do que foi realizado no passado para influenciar na dinâmica futura, que neste caso é aplicado para entender a dinâmica do desenvolvimento da cadeia produtiva de feijão-comum. As regras valem tanto para o mercado privado, como para os mercados institucionais (compras públicas) (DINIZ; STOFFEL; GOEBEL, 2004).

Para Douglas North, o desenvolvimento econômico de uma região ou dada cadeia produtiva não está associado diretamente com o avanço tecnológico ou com a acumulação de capital, mas sim com as regras e os arranjos institucionais que são adotados, que tanto podem estimular, quanto inibir esse processo de crescimento. O segredo para o crescimento está associado com a habilidade que os agentes possuem de construir as matrizes institucionais de forma que estimulem os agentes na acumulação, não inibindo de forma brusca esse procedimento, porém regulamentando a forma como ele acontecerá (GALA, 2003).

Um dos aspectos mais importantes observados sobre o autor, e que contribuem de forma direta para a construção deste ensaio teórico, é sua crítica sobre a *rational choice*, a teoria da escolha racional, que prega a existência de uma capacidade de maximização plena, por parte dos agentes, de suas decisões em relação as informações que estão disponíveis no mercado. O pressuposto fundamental para *rational choice* é de que a informação é plena, disponível e sem custos para todos os agentes.

Para North (1993), a Teoria Econômica Neoclássica não possui a capacidade de explicar os motivos que constroem as diferentes performances econômicas ao longo do tempo de regiões e cadeias produtivas, pois possui limitações importantes em seus pressupostos e suposições sobre o funcionamento das trocas econômicas. A Teoria Econômica Neoclássica não considera as fricções do mundo, não considerando também os custos de transação, entendendo que os direitos de propriedade estão perfeitamente especificados e os agentes com capacidade ilimitada de processamento de informações, em um mundo de informação fluida e de conhecimento pleno.

North crítica essa teoria defendendo que os agentes não teriam capacidade plena de acesso a todas as informações, sendo um problema de complexidade e capacidade de processamento de informações. Weingast (2002) complementa que tal necessidade de processamento de informações estaria muito acima da capacidade dos computadores atuais de lidarem com todas as informações disponíveis sobre determinadas transações e essa característica que constrói o “custo informacional”, o custo relacionado com a geração, transmissão e interpretação de informações.

O que leva a outro conceito importante para o North, que contribui também com a construção deste ensaio teórico: a racionalidade limitada. A racionalidade limitada, conforme interpretação do autor, está ligada com a capacidade que os agentes não possuem de atingirem uma situação ótima, mas sim a de agir da forma mais coerente possível na busca dos seus fins, dada a escassez de informações (GALA, 2003).

Nesse ambiente de informação incompleta, de dificuldade de computação dessas informações disponíveis e da incapacidade de lidar com tantas informações, tudo isso influenciado pela racionalidade limitada dos agentes, North defende a ideia de mudança institucional. Nela a estrutura que é adotada pelas instituições torna-se mutável no tempo, adequando as necessidades dos agentes e reduzindo o princípio da incerteza que está associado ao processo econômico, levando a não rigidez institucional, mas sim a adaptação institucional.

A cadeia produtiva do feijão-comum apresenta essas características assimétricas de informação, como apresentado por Souza *et al.* (2016), que demonstraram que apesar do produto ser um alimento importante da cesta básica brasileira, os preços são assimétricos quando comparados entre produtores e consumidores. Conforme apresentado pelos autores, os consumidores não se beneficiam da redução de preços que são apresentadas aos produtores, sendo o mercado atacadista o grande responsável por essa falha de mercado. O mercado atacadista atuando como concentrador e não dinamizador de informações também foi observado por Assunção e Wander (2015), onde os procedimentos de não difusão de informações pela cadeia produtiva transformavam os custos de transação em custos positivos e dificultadores da coordenação da cadeia.

A mudança institucional e a construção dessas regras mais pertinentes devem ser implementadas pelo Estado, figura de extrema importância para North, como agente que define regras, responde sobre direitos de propriedade e a manutenção desses direitos. North não defende a ideia do Estado estático e robusto, mas sim como um agente que possui ganhos econômicos e que evolui no tempo conforme as mudanças institucionais são necessárias de serem implementadas. O Estado seria o agente que desenha as regras e as testa, sendo que ele detém o poder de modificá-las conforme observar a sua não funcionalidade, sendo essa a raiz da mudança institucional, a capacidade de adaptação do Estado em relação aos eventos econômicos.

Dessa forma, a crítica de North está direcionada a Teoria Econômica Neoclássica em sua capacidade de explicar as ações dos agentes econômicos por meio do seu princípio racional e maximizador do conceito de *Homo oeconomicus*, onde North

afirma que o altruísmo, ideologias, questões éticas, morais, políticas e religiosas possuem uma função direta na lógica do comportamento dos agentes, não sendo um mero agente robotizado e sem intenções.

North (2005), então, parte do conceito de que mundo econômico é não-ergódico, sendo passível de mudanças de forma contínua, inusitadas e atípicas em todos os momentos, onde os agentes precisam se esforçar para compreender os fenômenos econômicos e sociais, para que possam usufruir da melhor maneira possível essas amenidades e complexidades que estão envolvidas com as transações econômicas. O ambiente informacional da economia exige total empenho dos agentes econômicos na intenção da maximização do seu consumo.

North se mostra importante para a construção da presente análise por seu modelo de análise econômica partir do axioma de que as instituições e a estrutura produtiva são processos herdados por meio da história singular que geram as dinâmicas socioeconômicas diversificadas e com resultados diferentes conforme as matrizes institucionais se formaram. O crescimento econômico é um processo eminentemente institucional, resultado das interações entre as forças econômicas, políticas e culturais que constroem os distintos arranjos institucionais que proporcionam diferenças nas trajetórias de desenvolvimento.

Outro conceito que merece ser observado é a eficiência, que para Douglass North está associado com a definição de direitos de propriedade, pois com essa definição, ocorre a maior maximização dos investimentos privados, pois não é possível tornar desprezível para o processo econômico qualquer externalidade que esteja envolvida com esses direitos. A definição dos direitos de propriedade para North orienta a maximização da taxa de crescimento, pois com os direitos de propriedade bem desenvolvidos, o setor privado possui respaldo jurídico para gerar investimentos.

Nesse sentido, North (1992) destaca que os custos de transação acontecem quando se tem dificuldade em garantir os direitos de propriedade, sendo eles um processo de fricção que dificulta o desenvolvimento de transações mais eficientes entre os agentes. Como acontece na agricultura, onde os produtos possuem múltiplos atributos, os custos inerentes ao dimensionamento e mensuração desses atributos no momento da celebração dos contratos é que geram os custos de transação. Quanto mais altos forem os custos de transação, maiores serão as incertezas dos direitos de propriedade, tornando a transação imperfeita e incompleta, o que transmite para os agentes as incertezas das transações, tornando o processo ineficiente.

Tal característica pode ser observada na cadeia produtiva do feijão-comum, onde os custos de transação acabam sendo muito altos (ASSUNÇÃO; WANDER, 2015), compondo o aspecto da definição dos atributos do produto (o armazenamento do feijão como um deles, o transporte, o empacotamento etc.) aspectos que tornam a transação mais ineficiente num contexto de coordenação.

Dessa forma, North defende a uma definição direta e com garantias dos direitos de propriedade, com arranjos eficientes que levarão as organizações e os agentes a investirem em atividades economicamente viáveis, produtivas e que proporcionem a acumulação do capital e conhecimento, necessários para manter a fluidez das mudanças institucionais essenciais para o desenvolvimento econômico. Só são eficientes as instituições que possuem capacidade de mudança e reestruturação.

III. O *PATH DEPENDENCE*

North traz uma adaptação dos trabalhos desenvolvidos sobre inovações tecnológicas para construir o conceito de *path dependence*, ou dependência da trajetória (numa tradução literal). O conceito trabalha a ideia de que as instituições do presente

condicionam os futuros desenvolvimentos institucionais. Sendo assim, o desenvolvimento econômico seria uma dependência das ações que foram tomadas no passado.

O *path dependence* tem uma relação direta com a presença de rendimentos crescentes a partir da escolha de um padrão tecnológico. Tais rendimentos crescentes levam a uma situação de padronização, onde o padrão tecnológico será adotado e generalizado para todos os agentes econômicos e a mudança para esse padrão tecnológico torna-se extremamente difícil no decorrer do tempo, por haver os custos de adoção e adaptação a essas novas tecnologias, a cadeia produtiva do feijão-comum apresentou altos custos de adaptações de tecnologias. Como destacado por Fiani (2002) “o fato de as possibilidades de escolha no presente serem estritamente condicionadas pelas escolhas passadas”.

Dessa forma, a trajetória da cadeia produtiva do feijão foi uma trajetória de delegação da cultura a segundo plano, sendo que sua principal característica é de uma cultura de substituição ou de consorciação. As adaptações que foram realizadas no melhoramento genético da cultura não permitiram que o feijão fosse desassociado das tecnologias que foram desenvolvidas para outras culturas, como a soja, por apresentar aumentos bruscos e reduções bruscas nos preços, o feijão acaba sofrendo com grandes produções e pequenas produções dependendo da relação dos preços durante os períodos de início das safras (o feijão é produzido em três safras distintas ao longo do ano).

A definição e a garantia dos direitos de propriedade estão diretamente relacionadas com o estudo do desenvolvimento histórico das instituições econômicas ou das cadeias produtivas, pois se tais direitos não forem bem definidos e bem garantidos, o quadro institucional que compõe o *path dependence* pode evoluir para a inteira ineficiência e não proporcionar o desenvolvimento esperado.

North utiliza os conceitos de *path dependence*, incerteza, incompletude informacional e eficiência para derivar os “custos de transação”. North redefine o conceito de custo de produção como sendo a conjunção dos custos de transformação (os gastos que estão relacionados com fatores de produção e insumos produtivos) com os custos de transação, passando agora a tratar os custos de produção como sendo os custos de transformar os produtos e os custos de negociar tais produtos no mercado de informação incompleta.

O *path dependence* envolve conceitos da transmissão de informações de forma cultural, o conceito em si está envolvido com a passagem do tempo e como esse influencia na construção de instituições econômicas eficientes e que consigam cumprir a sua função. As informações que são transmitidas por meio das informações socialmente aceitas estão ligadas ao contexto cultural, o que irá estabelecer os mecanismos de incentivos ou as restrições que serão enfrentadas pelos agentes e pelas organizações.

Na teoria das instituições e mudança institucional desenvolvida por Douglass North, a cultura possui um lugar de destaque para a construção do modelo teórico, pois é a cultura que irá influenciar o processo de determinação das trajetórias sociais de médio e longo prazo, como uma forma de estruturar a governança das interações sociais do cotidiano, influenciando nas relações familiares, no campo do trabalho e dos negócios, sendo essa construída por meio das restrições informais, códigos de conduta, normas de comportamento e convenções.

O processo cultural irá influenciar como os indivíduos recebem e processam as informações, sendo uma característica de herança cultural que irá determinar diretamente como os agentes irão se comportar dentro da matriz institucional. A cultura dos indivíduos irá influenciar em como os agentes irão processar e utilizar as

informações, sendo também um balizador da tomada de decisão pela sua influência na forma como os agentes constroem seus modelos mentais.

Os modelos mentais estão associados com a construção de ideias que são oriundas de posições religiosas, ideologias, filosofia de vida, sendo uma característica que sustenta ou retira as divergências entre os agentes, podendo ser ela quem garante a interação e a transferência do conhecimento, permitindo que ele seja recebido e julgado como sendo coerente ou não. Tal processo ainda fica preso à incompletude da informação, mas permite entender de que forma os agentes irão tomar decisões sobre os processos econômicos e como irão utilizar suas características culturais como um meio para a tomada de decisão.

As instituições, e todo o processo que estão em volta desse conceito, para North, nada mais são do que as representações da consciência dos agentes, expressando seus modelos mentais que são compartilhados, sendo representações externas dos modelos cognitivos individuais que são perpassados para entender o funcionamento da sociedade e do processo econômico. Possuem a finalidade de permitir aos agentes uma estrutura e uma organização para que por meio dela viabilize suas ações e reduza a incerteza que está envolvida com o processo.

Quanto mais organizados forem os modelos cognitivos e quanto mais claros eles estiverem para os agentes, com informações mesmo que incompletas, porém irrestritas, melhor será o modelo do mapa mental construído pelos agentes e melhor esses agentes conseguirão se posicionar dentro das transações, tornando o processo menos truncado e com a fricção minimizada. Isso reduz os custos de transação e melhora o *path dependence* que será construído a partir daquele momento. Processo este que não ocorre na cadeia produtiva do feijão, que sofre com a assimetria de informação e os custos de transação positivos.

North, dessa forma, insere o efeito cultural e a cognição dos agentes dentro da análise econômica, demonstrando que os efeitos de subjetividade, defendidos por Simon (1955), apresentam influências diretas na forma como os agentes irão lidar com as transações e na forma como irão atuar, seja em cooperação ou em concorrência.

North (2005), apresenta ainda mais destaque para o efeito cultural dentro da performance econômica e política. O autor considera que os efeitos culturais são temporais dentro da análise econômica, podendo ser modificados conforme a passagem do tempo, porém, apresentando uma estrutura arraigada dentro da sociedade. Dessa forma, a cultura é um efeito diretamente ligado ao *path dependence*. Conforme os indivíduos fazem escolhas observando seus sistemas de crenças, tais crenças sendo formadas pelo processo de aprendizagem são passadas de uma geração a outra.

A aprendizagem sendo entendida como um efeito cultural temporal, está associada com as experiências socioculturais que são vivenciadas pelos indivíduos, atualizada constantemente pelos impulsos internos e pelos influxos culturais (NORTH, 2005). Tais modelos mentais podem ser influenciados e até transformados conforme as mudanças na organização social ocorrem, não demonstrando uma estrutura rígida, mas sim, transformadora conforme a sociedade evolui em seu processo de desenvolvimento.

North defende então, que as instituições são formadas como forma de minimizar a incerteza e superar os custos de transação. O conceito de instituições é complexo e abstrato, sendo que na literatura econômica existem várias definições para o que poderia ser definido como instituições. O foco da presente análise é se ater ao conceito das instituições desenvolvido por Douglass North e utilizados posteriormente pelos chamados Novos Institucionalistas, que contribui para a construção da presente análise por sua dinâmica conceitual.

As implicações da economia institucional de Douglass North estão diretamente relacionadas com o entendimento da construção e do desenvolvimento das instituições econômicas. O autor transforma a concepção da racionalidade instrumental para um suposto de racionalidade procedimental, onde se os agentes não possuem capacidade computacional para as informações disponíveis para a execução das transações. O ambiente onde ocorrem as interações está rodeado por incertezas e as informações não são completamente disponíveis para os agentes. As instituições surgem como elementos fundamentais para a redução da incerteza e para a estruturação das interações humanas (NORTH, 1992).

Compreender as instituições como regras do jogo parte de uma analogia a um esporte coletivo, onde se pode entender as transações econômicas como sendo um jogo de estratégia visando lidar com todos os atributos das transações e reduzir o custo de transação da melhor forma possível. Atingir o objetivo do coletivo é mais fácil se houver cooperação entre os agentes. North trata esse elemento como sendo um elemento diretamente ligado com a cooperação entre os agentes, que são indivíduos auto interessados, em trocas impessoais e interações não repetidas. Nesse cenário, o maior desafio é garantir que os agentes cooperem e cumpram seus acordos sem gerar as estratégias de abandono. Dessa forma, as falhas na coordenação, a fricção econômica e os problemas de cooperação levam a custos de transação positivos.

IV. O QUE SÃO AS INSTITUIÇÕES?

A definição mais comumente aceita para as instituições é dada pela Nova Economia Institucional (NEI)³, que como destacado por Azevedo (1997): “a operação e a eficiência de um sistema econômico são limitadas pelo conjunto de instituições que regulam o jogo econômico”. Para Douglas North (1992), as “instituições são restrições normativas elaboradas pelos seres humanos, para que haja organização e estruturação das interações sociais, econômicas e políticas”.

Na forma definida por North, as instituições funcionam como regulamentação e controle das ações dos indivíduos, sendo, portanto, algo que pode apresentar densidade e espessura no seu funcionamento. Um ambiente com muitas regras estruturais e aceita pela maioria, sejam regras formais ou informais, é um ambiente denso e espesso, sendo que a atuação oportunística nesse tipo de ambiente apresenta maior dificuldade para acontecer. Em ambientes com poucas regras estruturais ou regras não aceitas pela maioria, apresenta baixa densidade e pouco espessura institucional, sendo que nesse tipo de ambiente, o oportunismo apresenta maiores chances de acontecer.

Nessa perspectiva, as instituições são os padrões de regulamentação e restrições das ações humanas, definindo condutas, comportamentos e formas de relações entre os atores. Como salienta Azevedo (1997), “para que as instituições sejam ainda mais abrangentemente definidas é necessário também incluir na definição anterior os instrumentos responsáveis pelo funcionamento adequado das regras que compõem as instituições”.

As instituições podem ser formais e informais. As instituições formais são aquelas que são constituídas de estatuto (leis ou regras) de funcionamento, que são decididos pelos seus membros, por voto ou por deliberação de líderes, e que qualquer falta ou não cumprimento em relação a tais regras, as punições são impostas pela própria lei, na figura da instituição principal (o melhor exemplo é o Estado e seu funcionamento). Já as instituições informais são caracterizadas pela não constituição de

³ O texto não traz a diferença entre o novo e velho institucionalismo, sendo que nessa seção são tratados apenas a definição de instituições comumente empregados na literatura econômica.

estatutos escritos, mas leis e regras orgânicas que são desenvolvidas pela cultura ou tradição, e que na falta ou não cumprimento de tais leis ou regras, as punições são feitas pela sociedade por meio da execução de reputação dos indivíduos.

Sendo assim, como destacado por Arend e Cário (2005), “as instituições formam a estrutura de incentivos dos indivíduos que interagem na sociedade e que, por conseguinte, as instituições políticas e econômicas são os determinantes fundamentais do desempenho econômico a longo prazo”. Os autores ainda destacam as decisões que são tomadas pelos indivíduos serão influenciadas diretamente por suas crenças, que são consequência do seu processo de aprendizado, sendo algo cumulativo no tempo, passado de geração a geração, sendo o tempo uma dimensão de extrema importância para o processo de aprendizagem dos seres humanos. Essas ideias também são corroboradas por Peters (2022).

As instituições se constroem como um processo temporal, pela sua característica do *path dependence*, sendo ele que influencia diretamente como as instituições podem promover o crescimento econômico, como uma forma de perpetuação, ou gerar a estagnação econômica ou até o decréscimo econômico. As economias podem desenvolver instituições que estimulem o seu crescimento, como também podem desenvolver instituições que provoquem o seu estancamento (NORTH, 2018).

É a funcionalidade das instituições que define como tal instituição atua no crescimento ou no estancamento, instituições burocratizadas com uma hierarquia muito forte e que não apresentam mudanças estruturais fáceis de serem implementadas, são as instituições morosas, as que levam ao estancamento do processo de crescimento. Já as instituições com poucos processos burocráticos, alta fluidez de informações e com capacidade de reestruturação, são as instituições que apresentam a capacidade de fomentar o crescimento econômico.

A matriz institucional é a conjunção das instituições formais e informais dentro de uma sociedade, sendo ela responsável pela definição dos vetores de estímulos para os diversos agentes sociais que formam a sociedade, não apenas aqueles que estão relacionados com as atividades econômicas. North, então, vê as instituições como sistemas de incentivos para qualquer tipo de troca, sendo justamente esses sistemas de incentivos que fazem com as instituições, tanto formais, quanto informais, relacionadas com o direito de propriedade dos agentes.

North também constrói o conceito de prosperidade, sendo esse associado com o conceito de instituições eficientes. As instituições eficientes estão relacionadas com um arranjo institucional que consiga definir e proteger bem os direitos de propriedade dos agentes, sendo essencial como forma de incentivo para que haja trocas com os direitos dos agentes resguardados em sua consecução. Outros aspectos que cabem ser destacados sobre os direitos de propriedade, é que tais direitos se apoiam em formas legais formais e informais de sanções reguladoras, sendo um processo dependente dos costumes e das tradições.

As formas legais de sanções são aquelas que estão amparadas com as leis e regulações desenvolvidas pelo Estado, sendo esse o grande legislador e executor das leis, com os tribunais e o aparato jurídico sendo seu mecanismo de ação. Já as sanções informais são aquelas que ocorrem no âmbito da comunidade, como um processo de construção ou destruição da reputação dos agentes. As sanções informais tendem a ter um peso maior do que as sanções formais, posto que nas formais os agentes pagam seu débito (da forma que foi definida por lei) e não geram maiores reverberações, já no caso das sanções informais como destruição da reputação tendem a ser repassadas no tempo, não permitindo, em alguns casos, a reconstrução da reputação. A sociedade sendo

construída por agentes culturais não apresenta tendência de esquecer um indivíduo/agente com reputação ruim.

Como destacado por Gala (2003), a mudança institucional demonstra o processo de como as sociedades evoluem ao longo do tempo, podendo dessa forma ser mais importante para o desenvolvimento como uma forma de estimular o capital físico e humano a ser empregado com mais eficiência e mais retorno econômico, sendo assim mais relevantes que o acesso as inovações tecnológicas. Dessa forma, as organizações são inseridas no modelo de análise institucional como um processo dinâmico e maximizador.

Cabe assim, definir as organizações conforme a visão de North. Para o autor, as organizações são grupos de indivíduos unidos por um propósito em comum. As organizações são o conceito chave para o funcionamento do modelo institucional desenvolvido por Douglass North. Os incentivos que são gerados pela matriz institucional e proporcionam o surgimento das organizações que concentram sua atuação na busca de diversos objetivos. Em uma sociedade, as organizações são os principais agentes, podendo ser de várias formas, como os órgãos políticos, os órgãos econômicos, órgãos sociais e os órgãos educacionais (NORTH, 2018). North desenvolve o conceito de organizações para que esse possa interagir com a matriz institucional, possibilitando o entendimento do funcionamento dos custos de transação dentro da sociedade e como esses podem ser minimizados.

As organizações possuem sua origem na estrutura institucional que a sociedade apresenta num determinado momento do tempo, passando a interagir com as outras organizações, com as instituições e buscando minimizar as restrições que ocorrem pela teoria econômica. As interações que ocorrem entre as organizações formam a “performance econômica” das sociedades, bem como proporcionam a evolução institucional (GALA, 2003). As instituições constroem sua própria matriz de incentivos, buscando maiores *payoffs* conforme constroem seus investimentos, sendo que a busca é a maximização dos resultados, porém, num ambiente econômico, nada garante que tais investimentos proporcionem retornos positivos para o nível do investimento que foi gerado. Por mais que a matriz institucional esteja consolidada, investimentos ainda são riscos que são assumidos pelos agentes sem que haja certeza de retorno.

Como processo de redução das incertezas, as instituições estabelecem uma estrutura estável para as interações humanas, podendo essas não serem necessariamente eficientes do ponto de vista social, tornando os custos de transação positivos e impeditivos para execução da troca econômica, fazendo com que o processo econômico seja ineficiente e tornando a matriz institucional ineficiente em sua atuação.

A matriz institucional que se constrói conforme as organizações se relacionam é a responsável em definir os estímulos dos agentes sociais que estão envolvidos com a atividade econômicas. Dessa forma, North destaca que as sociedades evoluem conforme o desenvolvimento de suas matrizes institucionais e suas reverberações na economia, política e sociedade.

A matriz institucional, conforme destaca Costa (2019), influencia os custos de transação de duas maneiras: por meio das regras formais e das regras informais. As regras formais são aquelas constituídas por meio da atuação do Estado, sendo regras aplicáveis a qualquer agente econômico, independentemente de sua origem, atuação ou escalonamento econômico, enquanto as regras informais estão relacionadas com a cultura e a tradição da sociedade, sendo um fator social e antropológico.

V. OS CUSTOS DE TRANSAÇÃO

Para Douglass North a teoria deveria buscar uma forma de conciliar uma teoria da conduta humana perante os processos de negociação, sendo uma teoria que trabalharia os custos de negociação que são embutidos dentro das transações em si. A teoria deveria versar sobre a racionalidade humana, refletindo sua capacidade de processar, organizar e utilizar as informações que estão disponíveis, por meio das incertezas próprias a essas informações, implicando em custos de capacidade cognitiva dos agentes (AGUILAR FILHO; FONSECA, 2011) estruturando a Teoria dos Custos de Transação (TCT).

Tal teoria não foi desenvolvida exclusivamente por Douglass North, sendo que houve contribuições seminais de Ronald Coase e Oliver Williamson. O presente texto foca na contribuição de Douglass North, por essa apresentar um maior alinhamento com o escopo adotado neste ensaio teórico.

Utilizando o marco teórico desenvolvido por Williamson (1985), de que existem custos na utilização dos sistemas de preços, onde tais preços influenciam na condução dos contratos internos, no funcionamento do sistema econômico, dessa forma sendo importantes não apenas para os contratos via mercados, mas também com os sistemas de coordenação central das empresas. Partindo disso, North destaca que a organização das empresas deve prezar por uma via de governança que possibilite a minimização ou a maior redução possível dos custos de transação, sendo isso possível por meio de instituições econômicas que sejam consolidadas e fortes.

Para North, os custos de transação são de duas formas: *measurement* e *enforcement*. Os custos de mensuração (*measurement*) são aqueles que estão associados com a dificuldade que os agentes possuem em entender de fato o objeto da transação que está em curso. Já os custos de aplicação (*enforcement*) estão ligados com a incapacidade que os agentes possuem em relação a incerteza sobre a propriedade e legitimidade do bem que está sendo transacionado.

Como destacado por Fiani (2003), os custos de transação estão relacionados com “a definição e garantia dos múltiplos atributos que compõem os direitos de propriedade”. Quanto mais claros e definidos forem os atributos dos bens transacionados, menor será o custo de transação envolvido. Quando menor o nível informacional envolvido com a transação dos bens, maior é custo de transação envolvido.

Sobre os custos de transação, North (2018) destaca “o caráter custoso das informações é a chave dos custos de transacionar”. Num ambiente onde a informação é completa, porém a capacidade computacional dos agentes é ilimitada, dispensa a regulamentação institucional, pois os custos de transação nesse ambiente são nulos. Já num ambiente de informações limitadas e capacidade computacional dos agentes também limitada, os custos de transação tornam-se positivos, o que requer uma matriz institucional eficiente que consiga minimizar tais custos de transação.

Sendo assim, North em sua concepção da teoria institucionalista, combina uma teoria da conduta humana com uma teoria dos custos de negociação, observando as formas como as limitações de racionalidade humana, observadas na baixa capacidade de processar, organizar e utilizar informações, relacionadas com as próprias incertezas envolvidas com o processo de entendimento do meio, levando ao que o autor chama de custos de transação positivos. A estrutura que se constrói por meio dos custos de transação requer normas e procedimentos de simplificação do intercâmbio entre os indivíduos, ou seja, uma forma para que as trocas econômicas possam acontecer com fluidez e recorrência.

Como já destacado na presente análise, os custos de transação fazem parte dos custos de produção, onde os custos totais de produção são formados pelos custos de transação e os custos de transformação. Compõem os custos de transformação as entradas de recursos na forma de terra, trabalho e capital que serão utilizados na transformação dos atributos físicos de um bem, como o tamanho, peso, cor, composição química. Tais custos serão dependentes do nível de tecnologia utilizado, e dos valores e da cultura que as sociedades possuem, que serão os processos condicionantes para o desenvolvimento ou retração de novas técnicas de produção (AGUILAR FILHO; FONSECA, 2011).

A possibilidade de que os agentes manifestem condutas oportunistas representa outra fonte de custos de transação positivos. O comportamento oportunista se manifesta quando os agentes tentam tirar vantagem de uma situação, seja por informações privilegiadas, o não cumprimento de contratos informais e o uso de ações coletivas para ganho próprio. Por essa relação dos custos de transação com o oportunismo, os custos de transação podem ser divididos em duas formas: custos de mensuração e custos de *enforcement*.

Os custos de mensuração estão relacionados com a construção das transações, pois os agentes possuem dificuldades relacionadas com a racionalidade limitadas de desenhar completamente como seriam as transações, os custos de mensuração fazem com que os contratos não sejam completos pela impossibilidade de conseguir mensurar todas as situações que poderiam acontecer no futuro. Os custos de *enforcement* estão relacionados com a efetivação daquilo que foi pactuado pelos contratos, estando tais custos sujeitos a incerteza que os agentes possuem com a propriedade do bem a ser trocado, estando relacionados com problemas de legitimidade da transação a ser efetuada.

Os custos de transformação e os custos de transação, por consequência, estão relacionados com o tecido social, pois em sociedade fundadas em redes de relações densas, os custos de transformação são altos, porém os custos de transação são baixos. Isso acontece porque os custos de verificação e de garantir os direitos de propriedade são reduzidos pelos vínculos existentes entre os agentes. Em sociedade com estruturas mais complexas, onde existem a construção de mercados financeiros fortes, com volumes grandes de capital imobilizados e que as relações entre os agentes são baixas, possuem uma estrutura impessoal de relação, fazendo com que os custos de transformação sejam baixos, porém elevando os custos de transação, construindo o efeito de trade-off entre os agentes e o processo econômico.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conceito de instituições é de extrema importância para estudos que visam compreender como se dá a coordenação e a governança nas cadeias produtivas, pois são as instituições que definem as regras do que será adotado como padrão das negociações entre os agentes. O processo de desenvolvimento das instituições ocorre a partir de desenvolvimento históricos, culturais e sociais, determinando como os agentes que participam da comercialização irão se comportar, e quais incentivos eles possuem para cooperar nas transações.

Conseguir um desenho eficiente do processo de troca da propriedade do objeto transacionado, pode significar uma redução significativa dos custos de transação e dos custos envolvidos com a execução dos contratos, o que pode tornar as transações mais eficientes e favorecer a coordenação da cadeia produtiva. Compreender e mensurar de forma eficiente os custos de transação significa, em alguns casos, tornar as negociações mais claras e com um custo informacional mais simples para ambas as partes,

permitindo aos agentes uma melhor tomada de decisão. Estas necessidades são atendidas por outros teóricos que estudaram e contribuíram para a consolidação da Nova Economia Institucional e Teoria de Custos de Transação.

VII. REFERÊNCIAS

ABREU, D. P.; CUNHA, C. A. da; WANDER, A. E. Governança na cadeia produtiva do mel em Goiás: um enfoque da economia dos custos de transação. **Revista Sodebras [on line]**. v. 11, n. 130, Out./2016, p. 31-36. ISSN 1809-3957. Disponível em :<<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N130.pdf>>. Acesso em 10 set. 2020.

AGUILAR FILHO, H. A.; FONSECA, P. C. D. Instituições e cooperação social em Douglass North e nos intérpretes weberianos do atraso brasileiro. **Revista Estudos Econômicos**, v. 41, n. 3, p. 551-571, 2011.

AREND, M.; CÁRIO, S. A. F. Origens e determinantes dos desequilíbrios do Rio Grande do Sul: uma análise a partir da Teoria Institucional de Douglass North. **Ensaio FEE**, v. 26, n. especial, p. 63-94, 2005.

ASSUNÇÃO, P. E. V.; WANDER, A. E. Transaction costs in beans market in Brazil. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 933-938, 2015.

AZEVEDO, P. F. Níveis analíticos. In: FARINA, E. M. M. Q.; AZEVEDO, P. F.; SAES, M. S. M. **Competitividade: Mercado, Estado e Organizações**. São Paulo: Editora Singular, 1997.

COSTA, E. J. M. A teoria das instituições e da mudança institucional de Douglass North: cultura, Estado e dependência de trajetória. **Cadernos CEPEC**, v. 8, n. 2, p. 64-84, 2019.

DINIZ, É. de A.; STOFFEL, J. A.; GOEBEL, M. A. Licitações e compras públicas de alimentos numa perspectiva da nova economia institucional. **Informe Gepec**, v. 8, n. 2, 2004.

FIANI, R. Crescimento econômico e liberdades: a economia política de Douglas North. **Economia e Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 45-62, 2002.

GALA, P. A teoria institucional de Douglass North. **Revista de Economia Política**, v. 23, n. 2, p. 89-105, 2003.

LEVI, M.; WEINGAST, B. R. Douglass North's Theory of Politics. **PS: Political Science & Politics**, v. 52, n. 2, p. 213-217, 2019.

MORAES, E. S.; MENELAU, A. S. Análise do mercado de feijão-comum. **Revista de Política Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 81-92, 2017.

MORAES, G. I.; VIAN, C. E. F.; VIAN, A. F. Adam Smith, Brasil e a América Latina - Uma visão institucional? **Informe Gepec**, v. 16, n. 2, p. 57-72, 2012.

NORTH, D. Desempenho económico em el transcurso de los años. Estocolmo: (s.n.), **Conferência de Douglass North em Estocolmo, Suécia, 09 de dezembro de 1993**. Disponível em: <<https://www2.econ.iastate.edu/tesfatsi/NewInstE.North.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2020.

NORTH, D. **Understanding the process of economic change**. Princeton/Oxford: Princeton University Press, 2005.

NORTH, D. **Instituições, mudança institucional e desempenho econômico**. São Paulo: Três Estrelas, 2018.

PETERS, B. G. Institutions, institutional theory and policy design. In: **Research Handbook of Policy Design**. Edward Elgar Publishing, 2022. p. 54-71.

PUTSENTEILO, P.; KLAPKIV, Y.; KARPENKO, V.; GVOZDECKA, I. The role of institutions in the development of agriculture. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 26, n. 1, p. 23-33, 2020.

RINDFLEISCH, A. Transaction cost theory: past, present and future. **AMS Review**, v. 10, n. 1-2, p. 85-97, 2020.

SIMON, H. A. A behavioral model of rational choice. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 69, n. 1, p. 99-118, 1955.

SOUZA, R. S.; WANDER, A. E.; CUNHA, C. A.; SCALCO, P. R. Ajustamento assimétrico de preços na cadeia produtiva do feijão no Estado de Goiás, Brasil. **Agroalimentaria**, v. 22, n. 42, p. 133-148, 2016.

WEINGAST, B. R. Rational-choice and institutionalism. In: KATZNELSON, I.; MILNER, H.V. **Political Science: the state of the discipline**. New York: Norton & Company, p. 661-692, 2002.

WILLIAMSON, O. E. **The Economic Institution of Capitalism: firms, markets, relational contracting**. New York: The Free Press, 1985.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

A INTERFACE ENTRE SUSTENTABILIDADE E O DESCARTE DE RESÍDUOS SÓLIDOS

THE INTERFACE BETWEEN SUSTAINABILITY AND SOLID WASTE DISPOSAL

Lúcia Viegas Fernandes ¹

Lauro Eugênio Guimarães Nalini ²

Resumo – No presente artigo, objetiva-se discutir a interconexão entre sustentabilidade e o descarte de resíduos sólidos e suas implicações socioambientais. A pesquisa partiu do seguinte problema: por que a sustentabilidade tem sido pauta de discussão por parte dos estudiosos da área econômica, ambientalistas, comunidade civil e instâncias governamentais? Para tanto, a metodologia utilizada foi de natureza exploratória, apoiada na busca de fontes bibliográficas voltadas a compreender o tema sustentabilidade com interface a questões relacionadas ao descarte de resíduos sólidos urbanos (RSU). Constatou-se na literatura da área que a sustentabilidade se alicerça nos pilares inseparáveis: econômico, ambiental e social, e configura-se como responsabilidade de todos.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Descarte de Resíduos Sólidos. Responsabilidade de Todos.

Abstract - This article aims to discuss the interconnection between sustainability and the disposal of solid waste and its socio-environmental implications. The research started from the following problem: why has sustainability been the subject of discussion by scholars in the economic area, environmentalists, the civil community and government bodies? For this purpose, the methodology used was exploratory in nature, supported by the search for bibliographic sources aimed at understanding the theme of sustainability with an interface to issues related to the disposal of urban solid waste (MSW). It was found in the literature of the area that sustainability is based on inseparable pillars: economic, environmental and social, and is everyone's responsibility.

Keywords: Sustainability. Disposal of Solid Waste. Everyone's Responsibility.

¹ Doutoranda em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO) e Analista Judiciário do Tribunal de Justiça do Estado de Goiás (TJGO). Docente do Centro Universitário da Faculdade Sul-Americana – UniFASAM. Contato: luciviegasfernandes22@gmail.com

² Orientador e professor da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC-GO). Contato: nalini00@gmail.com

I. INTRODUÇÃO

É complexo se apropriar das lentes históricas e perceber o quanto a humanidade conheceu e alcançou grandes progressos, mas ao mesmo tempo esqueceu-se de preservar, de cuidar do seu *habitat* natural. Isto é, com o desenvolvimento o homem “conheceu também a estagnação e reveses. [...] no centro situa-se o crescimento econômico. Tanto as fontes como os padrões de forma de crescimento delineiam os resultados do desenvolvimento” (THOMAS *et al.*, 2002, p. 13).

Nesse círculo vicioso de crescimento desacompanhado de limites estabelecidos racionalmente, a humanidade destrói-se a si mesma, ao degradar os recursos naturais, ao desviar as nascentes dos rios, ao desmatar para urbanizar, ao traficar animais silvestres, ao consumir desenfreadamente, ao descartar resíduos sólidos de forma incorreta. E mesmo sabendo dos riscos para as futuras gerações, insiste na prática recorrente dos mesmos comportamentos (THOMAS *et al.*, 2002).

Apesar da existência de políticas públicas nacionais e internacionais, do delineamento de ações de cunho educacional em âmbitos organizacionais, bem como a disponibilidade de dados que amparam condutas mais conscientes, muito ainda precisa ser feito, pois nota-se que o descaso com os recursos naturais emerge de um conjunto de culturas baseadas na exploração contínua, cujas perspectivas ideológicas expressam grande poder de persuasão e alienação.

Em função desse cenário eminentemente catastrófico, indaga-se: por que a sustentabilidade tem sido pauta de discussão por parte dos estudiosos da área econômica, ambientalistas, comunidade civil e instâncias governamentais? A hipótese geral é que essa preocupação é decorrente de vários fatores, dentre eles, o aumento do consumo e conseqüentemente a geração de resíduos e rejeitos sólidos, em consonância com a demanda de matéria-prima e energia para atender os anseios da sociedade capitalista globalizada.

Nesse viés, o objetivo deste artigo é discutir a interconexão entre sustentabilidade e o descarte de resíduos sólidos urbanos e suas implicações socioambientais.

Mesmo com o acúmulo de dados sobre distintos aspectos da problemática socioambiental é preciso ampliar o alcance dessas informações. Indubitavelmente, a publicação científica tem função central no processo de democratização de conhecimentos podendo despertar e instruir para o fazer sustentável. É sob essa premissa que repousa a relevância do debate acadêmico articulado com estratégias de mediação do conhecimento para torná-lo mais acessível aos cidadãos.

O artigo está organizado em três seções: a primeira apresenta a metodologia da pesquisa no intuito de compreender o delineamento deste estudo; em seguida a discussão e os resultados do tema proposto, e por fim, as considerações finais do presente estudo.

II. METODOLOGIA

A metodologia utilizada foi de natureza exploratória, apoiada na busca de fontes bibliográficas voltadas a compreender o tema sustentabilidade com interface a questões relacionadas ao descarte de resíduos sólidos urbanos (RSU).

III. RESULTADOS

O conceito sustentabilidade nasceu na década de 1980 e foi introduzido por Lester Brown fundador do Worldwatch Institute, anos depois apareceu o termo desenvolvimento sustentável no Relatório Brundtland. E pode ser definido como “a

característica de um processo ou sistema que permite que ele exista por certo tempo ou por tempo indeterminado” (PEREIRA; SILVA; CARBONARI, 2011, p. 67).

O termo desenvolvimento sustentável “aponta para o mesmíssimo fenômeno: inevitável necessidade de compatibilizar as atividades humanas em geral – e o crescimento econômico em particular, com a manutenção de suas bases naturais particularmente com a conservação ecossistêmica” (VEIGA, 2007, p. 91). Isso, diferentemente de antes que o crescimento devastava os recursos naturais (água, solo, vida vegetal, ar), hoje o crescimento depende de outros elementos, como por exemplo, uso inteligente das inovações e a conservação dos ecossistemas.

Klabin (2010) chama atenção sobre a visão dos brasileiros ao longo dos séculos que acreditavam sobre a inesgotabilidade dos recursos naturais. Todavia, essa concepção “inesgotabilidade” começou a ser mudada a partir do final do século XVIII ocasião em que se iniciou um debate intelectual acerca da destruição do meio ambiente. Mesmo assim o Brasil ainda ignora a importância da agenda ambiental e mantém a porta aberta aos modelos anacrônicos de desenvolvimento, em especial, por “[...] não aceitar limitar suas emissões ou mesmo ter consciência do controle das emissões provocadas pelo desmatamento” (KLABIN, 2010, p. 11).

Por isso, o investimento na Educação, na Ciência, na Tecnologia e Inovação (CT&I) e na Sustentabilidade Ambiental tem que fazer parte da agenda governamental brasileira, pois o país “não voltará a crescer bastante, com constância e qualidade, enquanto não atribuir a seu sistema de C&T um valor ao menos equivalente ao que dá às telenovelas” (VEIGA, 2007, p. 47).

A sustentabilidade é, portanto, uma relação entre seres humanos e seu meio ambiente, ela possui um duplo significado: “tanto na conservação dos sistemas naturais como na transformação do comportamento humano em relação à natureza, o que envolve transformações em vários aspectos da vida social, política e econômica” (DIAS, 2014, p. 27). Dito isso, a sustentabilidade se alicerça em três pilares: econômico, ambiental e social (PEREIRA; SILVA; CARBONARI, 2011)

Do ponto de vista da economia o desenvolvimento sustentável “postula o crescimento baseado no aumento da eficiência de uso de energia e dos recursos naturais. [...] padrões de produção, com a redução do desperdício e maior consciência dos impactos causados pelo uso dos recursos naturais” (IRVING; OLIVEIRA, 2012, p. 25).

No que tange a questão social refere-se a uma proposta de “repartição mais justa das riquezas produzidas (justiça social), a universalização do acesso à educação e à saúde e a equidade entre sexos, grupos étnicos, sociais e religiosos, [...]” (IRVING; OLIVEIRA, 2012, p. 25).

Em relação à dimensão ambiental é pensar “a utilização parcimoniosa dos recursos naturais. [...] preservação de amostras significativas do ambiente natural, de forma a garantir a manutenção dos serviços ambientais [...] e a qualidade de vida da população do entorno” (IRVING; OLIVEIRA, 2012, p. 25).

Isso quer dizer que, pensar em sustentabilidade é associar o bem-estar humano e a qualidade de vida (social), às dimensões de alocação e gestão de recursos e investimentos (econômica), e ainda, aos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente (ambiental).

Para tanto, os diversos atores sociais (estado, empresa, homem) devem pautar suas ações (individuais e coletivas) a partir do tripé da sustentabilidade. Isso significa dizer, que as estratégias para o enfrentamento da crise ambiental dependem obrigatoriamente do engajamento efetivo de todos.

Nesse viés, a preocupação recorrente em relação ao meio ambiente tem forçado a promoção da sustentabilidade corporativa. Isso significa dizer que “a questão

ambiental deixou de ser um modismo ou mesmo uma preocupação passageira para fazer parte integrante das políticas organizacionais” (SILVA, 2009, p. 28). Em outras palavras, em função da escassez dos recursos naturais, da vontade de alcançar um nicho de mercado e da atual situação planetária as empresas têm repensado suas práticas gerenciais e produtivas e indagado como os efeitos gerados por suas práticas podem afetar suas atividades.

Por sustentabilidade corporativa entende-se “parte do equilíbrio entre os aspectos financeiros, ambientais e sociais na gestão e avaliação de empresas, não fazendo sentido apresentá-las como concorrentes e sim como partes inseparáveis de um mesmo processo” (LEMME, 2010, p. 37).

Mas, adverte Lemme (2010, p. 11) sobre o risco dos serviços ambientais, que são “benefícios que os seres humanos obtêm da natureza e que são produzidos pelas interações que ocorrem no interior dos ecossistemas”, mas para evitar esse cenário a autora sugere o equilíbrio do capital humano e o natural, em equilíbrio com o capital industrial e financeiro. Uma das expressões que ajuda a elucidar é o *Triple Bottom Line*³ (TBL), e que indica os resultados nestas dimensões dependem da “[...] conservação e do desenvolvimento das diversas formas de capital, [...]” (LEMME, 2010, p. 40). Isto é, a TBL não se sustenta a partir de uma única vertente, mas pelo equilíbrio de todos os elementos (capital social, financeiro e ambiental) dentro do ambiente corporativo.

Pereira, Silva e Carbonari (2011, p. 77) advertem que a ideia central de Elkington criador da TBL é de que “as organizações avaliem o sucesso não somente com base no desempenho financeiro, [...] avaliar também o impacto sobre a economia mais ampla, sobre o meio ambiente e sobre a sociedade em que a empresa atua”.

Desse modo, a sustentabilidade corporativa não pode ser entendida como ação ambiental conduzida por empresas, nem tampouco está relacionada à filantropia e sim na prática dos aspectos ambientais no modelo de negócios (produção, inovação, estratégias, valor, missão etc.) das empresas (LEMME, 2010).

As formas viáveis para estabelecer a relação entre sustentabilidade corporativa e desempenho profissional podem ser traduzidas em quatro variáveis⁴. Isso significa que a integração entre desempenho corporativo e sustentabilidade requer estreita relação desde o planejamento e operação dos negócios, preocupando-se com a excelência da gestão assentada com ações ambientalmente corretas e socialmente justas (LEMME, 2010). Além disso, outra motivação das empresas no âmbito da sustentabilidade corporativa “pode estar na busca da internacionalização, que as submete a demandas por parte de *stakeholders* de diferentes países e culturas” (LEMME, 2010, p. 42).

A sustentabilidade no âmbito corporativo está associada ao conceito de externalidade, por sua vez, definido “[...] como efeitos externos não intencionais, positivos ou negativos, das atividades das empresas sobre outros agentes econômicos” (LEMME, 2010, p. 42).

³ Criado pelo inglês John Elkington “para se referir as dimensões envolvidas na busca pela sustentabilidade econômica, social e ambiental” (PEREIRA; SILVA; CARBONARI, 2011, p. 77).

⁴ 1. Por meio do processo de inovação tecnologia ou gerencial: etapa que envolve toda cadeia produtiva, iniciando na preocupação de eliminar resíduos poluentes até na concepção do produto. 2. Associada ao aumento de receitas, decorrente da diferenciação dos produtos e de seu posicionamento nos mercados: refere-se na preocupação de oferecer produtos que fazem bem a saúde, estimulando um consumo consciente. 3. Gerenciamento de riscos operacionais: seriam as apólices de seguros como forma de garantir menores riscos de problemas futuros; 4. Acesso a fontes preferenciais de financiamentos, com a correspondente redução do custo de capital: as fontes financiadoras exigissem para financiamentos alguns critérios e princípios que contemplassem a questão socioambiental (LEMME, 2010, p. 53).

A externalidade ajuda na compreensão de que as atividades corporativas de forma direta ou indireta provocam danos, seja à própria produção ou aos moradores que a circundam. Todavia, tais danos não podem ser compensados pelo mercado, a título de exemplo, uma indústria que polui uma nascente de um rio provoca danos irreparáveis a população local e a própria natureza.

Estudo realizado por Besserman (2008) traz outro elemento interessante que precisa ser considerado no processo de mensuração da sustentabilidade ambiental. Apesar de conhecido, ele não tem sido considerado como devia. Trata-se da lacuna das informações ambientais a partir das estatísticas e dos indicadores ambientais nos âmbitos local e regional.

Essas lacunas ocorrem por vários motivos reais que sinalizam a fragilidade de sua mensuração estatística, dentre eles: o despertar da consciência humana que é recente, ou seja, há poucas décadas que a população civil começou a pensar criticamente sobre a relação entre crescimento econômico e a degradação ambiental; outro fator seria que inicialmente a preocupação ambiental não estava muito clara, limitava-se ao esgotamento dos bens naturais; outra lacuna seria o crescimento exacerbado da degradação do meio ambiente a nível local, regional e mundial ao longo de século XX.

Essa realidade ambiental, segundo Besserman (2008), tem contribuído para produzir informações e estatísticas socioeconômicas, todavia as lacunas referentes aos dados locais e regionais, às pesquisas domiciliares e os registros administrativos ainda persistem, ou seja, esses dados estatísticos relacionados ao meio ambiente não são computados de forma integrada à ciência estatística do país. Isso ocorre em função de vários fatores como, por exemplo, a falta de apoio financeiro e tecnológico, a ausência de monitoramento de variáveis e outros.

Essa mensuração dos dados faz toda diferença para se pensar de forma integrada a realidade ambiental de um país e, a partir deste retrato investir em políticas públicas ambientais e tratar de forma sustentável a geração e o descarte de resíduos sólidos urbanos.

3.1 – Resíduos Sólidos Urbanos: da Geração ao Descarte

Com o crescimento populacional e seu adensamento espacial nas últimas décadas a gestão dos rejeitos tem se tornado um problema a ser enfrentado, face seu significativo aumento atrelado a externalidades negativas que promove. O significativo aumento pode ser atribuído a vários fatores, dentre eles, os estímulos promovidos pelos meios de comunicação (TV, rádio, internet) que associam o consumo à qualidade de vida. E para atender essa demanda conseqüentemente exige-se maior uso dos recursos ambientais, tanto na fase produtiva quanto na de descarte, que também faz parte do processo de consumo.

Esse círculo vicioso se estende em função do surgimento de novos problemas sociais relacionados à gestão do descarte dos resíduos sólidos urbanos, que promovem não somente a degradação ambiental, mas também a proliferação dos mais variados vetores de doenças (FERREIRA; ANJOS, 2001).

Percebe-se que os danos, externalidades negativas, causados pelos rejeitos à saúde da população são seríssimos provocando busca por atendimento hospitalar, maior investimento de políticas públicas na saúde (FERNANDES; HACON; NOVAIS, 2021). Além das externalidades sociais também se observam as externalidades ambientais, com a destruição de ecossistemas e esgotamento de recursos naturais, e econômicos como a desvalorização imobiliária, por exemplo.

Os resíduos sólidos urbanos abarcam os mais variados materiais que são consumidos diariamente pela população. Isso significa que seu descarte tem um peso significativo no meio ambiente, como demonstra Tabela 1.

Tabela 1 - Panorama dos RSU Brasil (2015-2021)

Ano	Toneladas Geradas	Toneladas Coletas
2015	79.889.010	72.543.750
2016	78.257.825	71.339.980
2017	78.426.820	71.558.250
2018	79.069.585	72.748.515
2019	79.069.585	72.748.515
2020	82.477.300	76.079.836
2021	82.664.213	76.485.397
2022	81.811.506	76.118.317

Fonte: ABRELPE (2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022).

A Tabela 1 mostra o crescimento gradativo, em toneladas por ano, da produção de resíduos sólidos produzidos no Brasil, e o descompasso de seu serviço de coleta. Em alguns casos, adverte Ribeiro (2017, p.14) ocorreu “crescimento de 1,8%, entre os anos de 2010 e 2011, superando a taxa de crescimento populacional, que foi de cerca de 0,9% no período”.

Desse modo, as decisões individuais diárias ao descartar o que não serve dirão “se o fazemos de modo correto, há matéria-prima para o uso ou para a criação de coisas novas; senão, produz-se o imprestável e destrutível lixo” (BRASIL, 2010). O lixo é a parte dos “resíduos sólidos que não é aproveitada pela ausência ou falha na aplicação de políticas públicas e recursos tecnológicos disponíveis. Lixo é sinônimo de rejeito” (CARNEIRO, 2012, p. 20).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, entendida como um conjunto de disposições, princípios, objetivos e diretrizes a respeito dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010), elencou inúmeras providências no enfrentamento da forma inadequada de descarte de resíduos sólidos, dentre elas: proibição definitiva de aterros a céu aberto (lixões); implantação de sistema de coleta seletiva pública; inclusão social e econômica dos catadores de lixo por meio de cooperativas (BRASIL, 2010). Além disso, a Lei pontuou a questão dos rejeitos do setor produtivo que passa a ser uma responsabilidade compartilhada.

Essa responsabilidade compartilhada deve ser respeitada por todos, visto que a decomposição dos resíduos na natureza compromete todos os seres vivos, considerando que grande parte dos resíduos sólidos demora anos, a exemplo, o plástico que leva mais de 400 anos para se decompor.

Por este motivo todos devem repensar hábitos e comportamentos de consumo no trato do descarte de resíduos sólidos: seja, como por exemplo, recusando, reduzindo, reparando, reutilizando, reciclando ou ainda reintegrando à natureza o que seja a ela passível de reabsorver através da compostagem. Tais ações para além de promoverem a otimização dos recursos naturais enquanto práticas cotidianas tanto no âmbito familiar quanto no laboral podem ser capazes de estabelecer novas perspectivas e condições de crescimento e desenvolvimento numa abordagem sustentável e são estimulados na Lei 12.305/2010.

Vale ressaltar que a coleta seletiva “é um sistema organizado de recolhimento de materiais recicláveis, como papéis, plásticos, vidros, metais, orgânicos, entre outros, previamente separados na fonte geradora” (BARSANO; BARBOSA, 2019, p. 176). Contudo sua eficiência depende do adequado descarte. Assim, pensar em uma gestão de

resíduos eficaz perpassa por comportamentos adequados de descarte, coleta e de condições que permitam o compatível uso do que foi descartado.

Desse modo, o gerenciamento ambiental seja em escala global repercute localmente em decorrência das atividades humanas, seja no efeito estufa ou nas mudanças climáticas. Por isso, faz-se necessário preservar o capital natural “abrange as funções encobertas, ou seja, ar e água como meios receptivos para a poluição gerada pelos humanos e as funções-fonte, [...] produção baseadas nas florestas, pescas e minérios minerais” (THOMAS *et al.*, 2002, p. 87). Cuidar e preservar o capital natural (florestas, energia e minerais) é fundamental para a qualidade de vida e para o crescimento sustentável, pois a partir daí certamente novas formas de estratégias desenvolvimentistas certamente surgirão.

IV. CONCLUSÃO

O estudo mostrou que a sustentabilidade se fundamenta nos pilares: econômico, ambiental e social, sendo, portanto, uma preocupação integrante das políticas públicas, organizacionais e do envolvimento dos diversos atores sociais (estado, empresa, homem) no enfrentamento da crise ambiental vigente.

Nesse viés, evidencia-se a potente relação entre sustentabilidade ambiental e descarte de resíduos sólidos urbanos, bem como a necessidade de discutir e propor soluções acertadas para esta problemática socioambiental. Afinal, os aspectos socioambientais estão interconectados a produção, ao consumo e ao descarte do que foi consumido, por serem práticas que refletem diretamente nas e pelas atividades humanas e na sua própria existência.

V. REFERÊNCIAS

- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2015**. São Paulo: ABRELPE, 2015.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2016**. São Paulo: ABRELPE, 2016.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2017**. São Paulo: ABRELPE, 2017.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2018**. São Paulo: ABRELPE, 2018.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2019**. São Paulo: ABRELPE, 2019.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2020.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2021**. São Paulo: ABRELPE, 2021.
- ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos no Brasil 2022**. São Paulo: ABRELPE, 2022.
- BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Meio ambiente: guia prático e didático**. São Paulo: Érica, 2019.
- BESSERMAN, Sérgio. A lacuna das informações ambientais. In: TRIGUEIRO, André (Org.). **Meio Ambiente no século 21**. 5.Ed. Campinas, SP: Armazém Ipê, 2008, p.90-105.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Câmara dos Deputados, Edições Câmara, 2010.

CARNEIRO, André Silvani da Silva. **Lixo: quem se lixa? O bê-á-bá da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. 2. ed. Recife: Procuradoria Geral de Justiça, 2012.

DIAS, Reinaldo. **Eco-inovação: caminho para o crescimento sustentável**. São Paulo: Atlas, 2014.

FERNANDES, T.; HACON, S. S.; NOVAIS, J. W. Z. Mudanças climáticas, poluição do ar e repercussões na saúde humana: Revisão sistemática. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, n.17, 2021, p. 138-164.

FERREIRA, João Alberto; ANJOS, Luiz Antonio dos. Aspectos de saúde coletiva e ocupacional associados à gestão dos resíduos sólidos municipais. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, 2001, p. 689-696. Disponível: <https://www.scielo.br/pdf/csp/v17n3/4651.pdf> . Acesso em: 10 de maio de 2021.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, 2012. Disponível em https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/121009_relatorio_residuos_solidos_urbanos.pdf Acesso em 12 mai. 2021.

IRVING, Marta de Azevedo; OLIVEIRA, Elizabeth. **Sustentabilidade e transformação social**. Rio de Janeiro: Senac, 2012.

KLABIN, Israel. Desenvolvimento sustentável: um conceito vital e contraditório. *In*: ZYLBERSZTAJM, David; LINS, Clarissa (org.). **Sustentabilidade e geração de valor: a transição para o século XXI**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

LEMME, Celso Funcia. O valor gerado pela sustentabilidade corporativa. *In*: ZYLBERSZTAJN, David; LINS, Larissa. **Sustentabilidade e geração de valor: a transição para o século XXI**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 37-63.

PEREIRA, Adriana Camargo; SILVA, Gibson Zucca; CARBONARI, Maria Elisa Ehrhardt. **Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente**. São Paulo: Saraiva, 2011.

RIBEIRO, Jaqueline Dias. **Panorama dos resíduos sólidos urbanos na região metropolitana de Goiânia**. 96 f. Monografia (graduação) em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017.

SILVA, Orlando Roque. Empresários ausentes, cidadãos presentes: um ensaio sobre a ética ambiental no mundo corporativo. *In*: GUEVARA *et. al.* **Consciência e desenvolvimento sustentável nas organizações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009, p. 27-47.

THOMAS, Vinod *et al.* **Qualidade do crescimento**. Tradução Élcio Fernandes. São Paulo: Editora UNESP, 2002.

VEIGA, José Eli da. **A emergência socioambiental**. São Paulo: Senac, 2007.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

O SUJEITO SURDO PRE-LINGUAL: O PAPEL DO PSICOLOGO NO IMPLANTE COCLEAR

THE PRE-LINGUAL DEAF SUBJECT: THE PSYCHOLOGIST'S ROLE IN THE COCLEAR IMPLANT

Lesle Freitas Maciel¹
Edna Maria Severino Peters Kakhale²

Resumo – *O objetivo dessa pesquisa é identificar o fazer psicológico a partir de uma análise documental, de três prontuários de pessoas surdas profundas pré-linguais, com indicação para o implante coclear, atendidas em hospital particular. Em dois prontuários, os usuários foram atendidos por toda a equipe (médicos, fonoaudiólogos e psicólogo) e o terceiro teve atendimento padrão preconizado pelo SUS: médico e fonoaudiólogo. O projeto foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética em Pesquisa, sob número CAAE 68162017.0.0000.5482. Os resultados da assistência psicológica nesses usuários surdos profundos pré-linguais mostraram que ao escutar certos ruídos que foram ao longo dos atendimentos simbolizados e incorporados no cotidiano de suas vidas, possibilitou a dispensa de cuidadores e ou acompanhantes. O reconhecimento e simbolização dos ruídos em sons com significados indicam a ampliação da subjetividade desses sujeitos. Estes resultados indicam diretrizes para a criação de protocolo psicológico para o processo de Implante Coclear.*

Palavras-chave: *Saúde Auditiva. Implante Coclear. Avaliação Psicológica. Surdez Pré-Lingual.*

¹ Durante minha trajetória profissional, obtive um Mestrado em Psicologia Clínica pela PUC-SP em 2017, complementando minha formação em Psicologia pela Universidade São Francisco em 1985. Ao longo dos anos, trabalhei em equipes multidisciplinares dedicadas ao implante coclear, prestando acompanhamento especializado a pacientes adultos com surdez pré-lingual e suas famílias, tanto antes, durante e após a cirurgia. Utilizei abordagens específicas para garantir um suporte adequado nesse processo de adaptação, inclusive em um projeto de adaptação de aparelhos auditivos. Contato: lesle.maciell@gmail.com.

² Possui graduação em Psicologia pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (1975), mestrado em Psicologia (Psicologia Experimental) pela Universidade de São Paulo (1986) e doutorado em Psicologia (Psicologia Experimental) pela Universidade de São Paulo (1993). Atualmente é pesquisadora, professora associada e coordenadora do LESSEX (Laboratório de Estudos de Saúde e Sexualidade), Núcleo de Estudos Avançados em Psicossomática, Pós-graduação em Psicologia Clínica da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Líder do grupo CNPq "Psicossomática e Psicologia Hospitalar" certificado pela universidade. Tem experiência na área de Psicologia, com ênfase em Clínica da Sexualidade e Distúrbios Psicossomáticos, atuando principalmente nos seguintes temas: adolescência, psicologia sócio-histórica, sexualidade/diversidade, atendimento psicoprofilático, saúde da mulher e relações de gênero (Texto informado pelo autor). Contato: ednakakhale@pucsp.br.

Abstract - The objective of this research is to identify the psychological doing from a documentary analysis of three medical records of profound deaf, pre-lingual individuals with indication for cochlear implantation, attended at a private hospital. In two medical records, the patients were attended by the whole team (doctors, speech therapists and psychologist) and the third one was attended by SUS (Brazilian unified public health system): doctor and speech therapist. The project was submitted and approved by the Research Ethics Committee under number CAAE 68162017.0.0000.5482. The results of psychological counseling in these profound pre-lingual deaf patients showed that when listening to certain noises that were throughout the services symbolized and incorporated in the daily life of their lives, it made possible the dispensation of caregivers and or companions. The recognition and symbolization of noises in sounds with meanings indicate the wide subjectivity of these subjects. These results indicate guidelines for the creation of a psychological protocol for the Cochlear Implant process.

Keywords: *Auditory Health. Cochlear Implant. Psychological Evaluation. De-Lingual Deaf.*

I. INTRODUÇÃO

O objetivo desse estudo é identificar o fazer psicológico junto a pessoas surdas profundas pré-linguais que realizaram IC, o que justifica-se pelo fato de a questão da surdez pré-lingual e o implante coclear (IC) no Brasil trazer um recorte especial com a aprovação das normas e critérios de indicação e contra-indicação de IC, portaria GM/MS nº1278, de 20 de outubro de 1999, (BRASIL, 1999). Foi percebida a necessidade de trabalhar com a população surda anterior a este momento, principalmente com a obrigatoriedade de aprovação do procedimento de IC pela saúde complementar. Nesse sentido, desenvolvemos esse trabalho sob uma perspectiva qualitativa a fim de analisar os registros dos atendimentos realizados por equipe multidisciplinar e as diferenças nos resultados dos sujeitos surdos, que fizeram implante, com ou sem atendimentos psicológicos.

Podemos encontrar no Manual de Diretrizes para a Atenção Especializada às Pessoas com Deficiência Auditiva no Sistema Único de Saúde a descrição de condições para indicação do procedimento em todas as faixas etárias para o uso do IC. Em todas as idades, a premissa para o seu uso é um resultado de 50% ou mais de reconhecimento de sentenças e o uso sistemático do Aparelho de Amplificação Sonoro Individual (AASI) com a frequência em terapia de reabilitação fonoaudiológica (BRASIL, 2014).

No entanto, existe uma população de surdos profundos que é anterior à Política Nacional de Saúde Auditiva, hoje, adultos. O seu desenvolvimento foi pessoal, dependendo do nível socioeconômico, região de nascimento e nível de conhecimento do setor de saúde em que está submetido. Em maioria, o diagnóstico só foi realizado na idade em que a fala aparece por meio da observação familiar. A partir desta orientação, as crianças com surdez profunda passam a sofrer a determinação de suas famílias sem orientação de uma equipe especializada. Por isso, hoje temos uma diversidade grande em relação a esta população de jovens e adultos que se expressa por vários gestos desenvolvidos dentro do contexto da família para um mínimo de comunicação, mas que não são compreendidos fora do âmbito familiar.

O IC, para cumprir o seu propósito, precisa de condições do córtex auditivo. Como este aparelho conduz o som para o cérebro que reconhece o seu significado supondo uma memória de sons das palavras e sons propriamente ditos, o resultado fica muito pobre quando o cliente não tem uma memória auditiva.

O signo que pode ser um som, uma palavra ou um sinal e é visto como um mediador para transmitir para outro um significado racional com intenção e pensamento. Este pensamento carregado de conteúdo é transmitido a outros seres. Segundo Vygotski

(2014), para a criança, inicialmente a palavra carrega referências não só do objeto, mas dos sentimentos em relação ao objeto. Num segundo momento, as palavras se referem ao objeto e a questão concreta, para numa terceira etapa surgirem as categorias abstratas (VYGOTSKI, 2014). Este processo apontado por Vygotski coloca para o sujeito, que deseja usar o IC e entrar no mundo sonoro, a possibilidade de ressignificar toda a sua relação com o cotidiano e incorporar a percepção de alguns sons à sua condição da surdez.

No processo de adesão ao IC, a Psicologia encarrega-se de fazer com que o som seja um mediador entre o novo e as formas usadas até então. A comunicação não é somente uma manifestação externa, está conectada ao pensamento. Para este sujeito, é necessário um olhar do todo. Usar o Implante para inaugurar uma relação inédita, portanto, tratar apenas os sons escutados e emitidos, seria igualar todos os sons que a natureza emana, tirando a característica única do ser humano que é dar um significado constituído de emoção e sentido na vida.

Assim, a ação do psicólogo transforma-se em mediador para esses sujeitos surdos que buscam o IC nas atividades do mundo social e histórico, que se pretendem constituir e constituírem permanentemente. Esta vivência de afeto e de estimulação do seu cognitivo são acionadas e mobilizadas pelo sentido das experiências, ou seja, suas zonas de configuração de sentidos. Não podemos ignorar que existem sentidos constituídos ao longo de sua história, contendo um contexto próprio desse momento e que devem ser incorporados às novas experiências considerando a totalidade do sujeito.

II. METODOLOGIA

Desenvolvemos uma análise documental, que é classificada como uma pesquisa qualitativa por ser uma modalidade de investigação científica, que permite a partir de um estudo retrospectivo de prontuários de equipe de saúde avaliar e propor diretrizes de assistência e cuidados. Buscamos avaliar os registros dos atendimentos realizados por equipe multidisciplinar e as diferenças entre os resultados dos sujeitos surdos que fizeram implante com ou sem atendimentos psicológicos. Foram analisados três prontuários de pessoas surdas profundas atendidas em hospital particular no período de 2006 a 2009.

Os critérios de seleção foram os prontuários de usuários com diagnóstico de perda neurossensorial severa e ou profunda bilateral, pré-linguais com indicação médica e fonoaudiológica para os procedimentos do IC; além dos registros estarem completos da assistência oferecida pela equipe que acompanhou os casos.

A direção do hospital autorizou o uso dos prontuários. Tanto na coleta quanto na análise dos dados foram preservadas as identidades dos usuários, substituindo os nomes e resguardadas quaisquer informações que pudessem identificá-los e ou à suas famílias.

Embora o protocolo médico e fonoaudiológico no pré-cirúrgico se enquadrasse na rotina dos exames do hospital e do estabelecido pelo SUS, o protocolo de Psicologia foi construído ao longo dos atendimentos. A equipe (médicos, fonoaudiólogas e psicólogo) desenvolveu uma rotina em três etapas: pré-cirúrgica, cirúrgica e pós- cirúrgica.

A psicologia na fase pré-cirúrgica faz entre três a cinco atendimentos. Nestes encontros é levantado todo o histórico do sujeito, da família e da sua surdez, com o uso do material desenvolvido especialmente para esses participantes; conversa-se sobre a decisão em fazer o procedimento cirúrgico e o comprometimento nas mudanças. Também são abordadas a rotina no dia da cirurgia e no período pós-cirúrgico.

Para proporcionar uma melhor visualização de todos os momentos da cirurgia e diminuir a ansiedade da família, elaborou-se um quadro, que era fornecido para família sobre todas as fases da cirurgia. A terceira fase, a pós-cirúrgica era a mais longa quanto aos atendimentos da psicologia. Inicia-se no momento em que o aparelho era ligado. Nesse momento, a psicologia fazia dois atendimentos, um antes e outro depois desta

ativação dos eletrodos. No primeiro atendimento, era importante lembrar sobre o funcionamento e as possíveis respostas do aparelho, fazendo com que todos fossem colocados na realidade de que os resultados serão frutos de um trabalho entre o sujeito, a família e a reabilitação. Após a ativação dos eletrodos, a psicologia fazia um novo atendimento para escutar o relato da experiência que o sujeito e sua família tiveram no primeiro contato com o som produzido pelo aparelho.

A escolha de análise dos dados foi baseada em Bardin (2011), que afirma existir uma relação entre o tipo de discurso e as características do sujeito ou do seu meio. Ao analisar os prontuários, levou-se em consideração a descrição da rotina e seus resultados, mas também o contexto histórico, considerando a dinâmica e a sua assimilação.

Ao analisar o conteúdo dos prontuários, foi possível identificar duas categorias para a compreensão do objetivo da pesquisa: *relações sociais e comunicação*. A primeira buscou entender o processo da escolha em sair do mundo de relações visuais e sem som para introduzir um som com significado próprio para esse sujeito. Tomar a decisão de introduzir uma nova forma de comunicação, criar uma nova linguagem, implica em novos significados, novas produções históricas e sociais. É modificar a atual forma de relação social, transformar a natureza interior, alterando, assim, o pensamento que se entende como um processo (AGUIAR & OZELLA, 2013).

A outra categoria permitiu observar a evolução no desenvolvimento de uma linguagem e o aumento dos signos ao dar um significado e um sentido ao som associado à experiência visual permitindo uma evolução e um salto na qualidade de vida.

Além das duas categorias citadas, analisamos a ação do clínico, que permitiu avaliar os aspectos da assistência associados ao desenvolvimento e aquisições dos participantes da pesquisa.

III. RESULTADOS

Apresentamos a seguir a análise específica dos três casos destacados nessa pesquisa.

3.1 - Relato do caso Eduardo

Com um ano de idade, Eduardo teve pneumonia, provável razão da surdez. Estudou em colégio especial para surdez até a adolescência. Terminou o ensino fundamental já adulto. Não conseguiu se adaptar com o uso de aparelhos auditivos (AASI). Aprendeu muito pouco a língua de sinais (LIBRAS) e não fez reabilitação auditiva. Trabalhava em uma empresa de componentes eletrônicos há 10 anos.

A partir da ativação dos eletrodos, foi elaborada uma rotina de atendimento pela psicologia, fonoaudiologia de reabilitação e fonoaudiologia para o ajuste dos eletrodos.

A evolução de compreensão e discriminação das palavras era lenta. Durante os atendimentos psicológicos, a cada encontro, era observada uma mudança. No primeiro encontro, foi sua mãe quem respondeu sozinha a todas as questões, já no último encontro, Eduardo mesmo usou todos os seus recursos para conversar com a psicóloga.

A família de Eduardo é composta de pai, mãe, uma irmã e um irmão. Durante todo processo de avaliação e orientação para a cirurgia do IC e após a ativação dos eletrodos, a única pessoa da família que esteve presente foi sua mãe. Mais tarde, quando iniciou um namoro, a namorada começou a acompanhá-lo nos atendimentos e a pedir orientação de como ajudá-lo na compreensão dos sons que escutava.

Quando veio para fazer a primeira avaliação sua comunicação era feita por gestos pessoais e a sua mãe era a intérprete. Ao final do atendimento, já estava no início da aprendizagem de leitura labial, usava alguns gestos universais e respondia perguntas simples.

Sua vida social no início do tratamento era voltada apenas para o trabalho. O relacionamento social de Eduardo resumia-se à sua mãe, que tomava as suas decisões.

Com o IC, traçou planos para o futuro. À medida que ia incorporando o som em sua rotina, Eduardo se fortaleceu para realizar seus planos. Ao final do atendimento já estava casado, morando em um apartamento alugado, com um filho. Também foi capaz de fazer sua carteira nacional de habilitação (CNH) e de voltar a estudar à noite, ambos objetivos importantes para o rapaz.

Podemos destacar quatro pontos nodais, essenciais, que determinaram uma mudança na qualidade de vida. Eduardo fez a cirurgia em junho de 2006, ativou os eletrodos em julho de 2006.

O primeiro ponto foi o terceiro atendimento que ocorreu em junho de 2006 antes da cirurgia, ao mostrar o aparelho, a orelha e figuras demonstrando como ficaria após a cirurgia, despertou o interesse de Eduardo. Pela primeira vez, teve um contato com o psicólogo, até então existia uma apatia e uma permissão para que sua mãe falasse por ele. Aqui, a ação de mediação do psicólogo deu-se por meio do material concreto e visual, uma comunicação universal que permitiu dialogar e mostrar o que iria acontecer com ele.

O segundo ponto nodal ocorreu no sexto atendimento, em agosto de 2006 dois meses após a cirurgia e após um mês de uso do IC, quando Eduardo entra no mundo sonoro e começa a identificar barulhos. Aqui, decide que vai introduzir o som em seu cotidiano, mesmo dizendo que é muito barulho o que está escutando. Neste segundo ponto, a mediação do psicólogo deu-se por meio da orientação dada à família de como ajudar Eduardo a localizar o som e a nomeá-lo, alimentando, assim, sua memória auditiva.

O terceiro ponto nodal deu-se no nono atendimento, em março de 2007 com oito meses de uso do IC, quando se comunica com o psicólogo por meio da leitura labial. Eduardo mostra o investimento em compreender a forma desse novo modo de comunicação. Pela primeira vez, em todo o processo, Eduardo tira a sua mãe da condição de representante. A leitura labial inaugura uma forma mais ampliada de se relacionar com o mundo. O terceiro ponto aponta que é possível a mediação da Psicologia que olha um sujeito com condição de desenvolvimento, do momento de vida em que está submetido para um com condições de autonomia.

O último ponto se dá em março de 2008 com quase dois anos de uso do IC, quando Eduardo vem com a namorada, que tem um papel diferente da mãe, vem partilhar e, assim, ele sai de um monólogo para um diálogo. No primeiro atendimento, Eduardo não tinha nenhuma interação, no último atendimento, já estava na posição de autonomia, tomando decisões sobre a sua vida. Embora seu desenvolvimento audiológico ainda esteja abaixo do esperado no protocolo da fonoaudiologia, Eduardo conseguiu desenvolver relações significativas e dar sentido aos barulhos escutados abrindo uma nova etapa e ampliando a sua qualidade de vida.

3.2 - Relato do caso Roberto

Adolescente de 13 anos, cursando a 5ª série em colégio de ouvintes, teve atendimento psicológico. Tem um irmão de cinco anos, gosta de estudar, tem afinidade com o inglês e o português. Os pais acompanham o desenvolvimento do filho e têm a expectativa de vê-lo inserido no contexto social. A família de Roberto apresenta dinâmica familiar adequada e comprometimento com o seu desenvolvimento.

Com cinco meses de idade, a avó desconfiou da surdez do Roberto. A mãe foi em busca do diagnóstico e com um ano e dez meses fazia terapia de reabilitação com fonoaudióloga. Com dois anos e seis meses, iniciou leitura orofacial (LOF) e desenvolvimento da fala. Roberto estudou a primeira série em escola regular e escola especial para surdos. Fazia terapia de reabilitação com fonoaudióloga e tinha

acompanhamento psicopedagógico. Não foi orientado para o uso de próteses por ter perda profunda.

Após a cirurgia, a família ficou totalmente comprometida para a nova rotina. Roberto esteve em alguns momentos interessado em conhecer a comunidade surda e LIBRAS. Esta ação provocou uma crise na família, pois existia uma exigência dos pais para ele fosse um surdo oralizado. Logo que ativou os eletrodos, Roberto começou a dar significados aos sons que o aparelho produzia. Até o último atendimento estava trabalhando e estudando em colégio de ouvintes.

Roberto fez a cirurgia em novembro de 2006 e ligou o aparelho em dezembro de 2006. É possível destacar cinco pontos nodais em seu caso.

O primeiro ponto nodal aconteceu no quarto encontro, em setembro de 2006, quando foi-lhe mostrado o aparelho com os componentes interno e externo, as fotografias e a orelha, de modo a permitir que, por meio do manuseio, Roberto pôde ter conhecimento de todo o processo que estava passando. O uso desse material possibilita uma comunicação que permite uma troca de informação mesmo não usando a mesma língua, isto permite que Roberto se veja como um sujeito.

O segundo ponto nodal ocorreu no sétimo encontro, em dezembro de 2006, quando Roberto tem a primeira experiência sonora, que veio como uma percepção corporal. Este momento é muito importante, pois a partir do momento que consegue entender que a percepção corporal pode transformar-se numa experiência sonora, consegue estabelecer uma adesão ao trabalho de terapia fonoaudiológica. Neste segundo ponto, a mediação da psicóloga deu-se por meio da orientação dada para a família sobre como ajudar Roberto a localizar o som e a nomeá-lo, alimentando, assim, sua memória auditiva.

O terceiro ponto nodal dá-se no nono encontro, em setembro de 2007, em que sua mãe estava preocupada com o interesse de Roberto em conhecer LIBRAS e a sua preocupação em deixar de usar o IC. Neste momento, a mediação da Psicologia se dá no contexto familiar, permitindo que sua mãe exponha sua apreensão e, por meio de um diálogo, perceba que seu filho está buscando ampliar a sua noção de mundo.

O quarto ponto dá-se em dezembro de 2007, quando Roberto conta que já tem o hábito de prestar atenção ao som, escutando palavras e compreendendo-as, e reconhece mudanças no tom da voz de sua família. A mediação aconteceu quando a Psicologia aponta o quanto Roberto dá significado, um sentido aos sons que escuta. Reconhecer o tom de voz da família é reconhecer também a carga de emoção que este tom de voz carrega.

E o último ponto nodal dá-se em maio de 2010, no décimo terceiro encontro, quando Roberto fala de seus planos para o futuro. Está cursando o Ensino Médio e quer fazer engenharia, também está com planos de trabalhar e fazer vestibular.

3.3 - Relato do caso Cristina

O resumo deste caso foi elaborado a partir dos registros do prontuário fonoaudiológico, pois não houve acompanhamento psicológico.

Cristina tinha 37 anos na época do atendimento e escolaridade do Ensino Médio incompleto. Não teve acompanhamento psicológico e a cirurgia ocorreu em 10 de agosto de 2011 com ativação dos eletrodos em 19 de setembro de 2011. Trabalhava em uma rede de distribuição de medicamentos como auxiliar de produção.

Buscou o IC devido a surdez adquirida por meningite e encefalite por decorrência de uma internação por traumatismo que ocorreu por meio de um acidente de carro quando tinha dois anos de idade. Dois meses após alta hospitalar, Cristina perdeu toda a fala. A família colocou-a na escola para surdos, fez uso de AASI, mas não usava há muitos anos.

Queixava-se de de zumbido e dores de cabeça. A mãe faleceu quando tinha 5 anos e a convivência de Cristina é com a irmã, sobrinhas e colegas de trabalho.

Cristina, não foi atendida pela Psicologia, as informações são em relação a evolução auditiva. Um ponto nodal a ser citado é quando, em janeiro de 2012, consegue escutar suas colegas de trabalho chamarem por ela. A música também foi um interesse para se relacionar com suas sobrinhas.

Cristina, quando perdeu a audição, já tinha uma fala, foi a ausência dessa fala que a alertou para buscar uma avaliação. Ao fazer o diagnóstico a família buscou escolas especialistas para desenvolver uma forma de comunicação, onde existisse treino de LOF e LIBRAS. Ao fazer o IC já era adulta. A terapia de reabilitação mostrou os resultados com seis meses de tratamento. Podemos supor que o fato de já ter uma memória auditiva da infância tenha ajudado a começar a reconhecer sons.

Nos relatórios da fonoaudióloga de reabilitação e também da fonoaudióloga que ajusta os eletrodos, foi apontado, algumas vezes, a falta de concentração. Neste caso, a Psicologia poderia estar intervindo tanto na orientação sobre treinar o ouvir novamente, principalmente, porque no seu histórico o uso de LOF e LIBRAS estimula o contato visual, colocando a estimulação do ouvido em segundo plano.

Um outro aspecto que a fonoaudióloga de reabilitação apontou foi a interferência do aspecto emocional no treino auditivo. Essa profissional percebeu que o rendimento caía bastante quando a família estava com algum problema, principalmente se fosse a irmã, cujo vínculo é bem forte. Neste momento, o trabalho em conjunto com a Psicologia possibilitaria a Cristina entender a angústia quando há algum problema nessa dinâmica, para que possa ganhar autonomia em sua própria vida.

Pelo fato de que Cristina teve a oportunidade de fazer o diagnóstico logo que ocorreu a perda auditiva e ser encaminhada para construir uma comunicação com o recurso de LOF e LIBRAS, o IC trouxe um ganho.

IV. CONCLUSÃO

Com ou sem o acompanhamento psicológico, o IC transforma o sujeito, promovendo mudanças no âmbito de vida pessoal, familiar e social, porém foi possível constatar que o sujeito pode ampliar sua relação com esses meios a partir do auxílio do protocolo de psicologia. A análise dos dados destes três prontuários apontou que a criação de um protocolo de psicologia para avaliação e acompanhamento na indicação do IC e após a ativação dos eletrodos traz benefícios para o sujeito.

Ao analisar os prontuários de Eduardo e Roberto, foi possível observar os momentos em que a psicologia atuou como mediadora, promovendo saltos no processo de aprendizagem do uso do IC. Apesar da falta de informações sobre a evolução do sujeito no prontuário de Cristina, que não teve acompanhamento psicológico durante o processo, também foi possível observar momentos em que a Psicologia poderia atuar como mediadora na ampliação dessa relação com o mundo.

A atuação do profissional dentro desse protocolo permite ao sujeito dar significado e sentido aos barulhos, experiência sonora que antecede a discriminação dos sons e compreensão das palavras, os quais no início eram apenas uma percepção corporal, e passaram a ser o hábito de ouvir. Também presta um suporte e acolhimento à família, sendo que esse novo momento permite ao indivíduo uma autonomia e uma individualidade na dinâmica familiar, além de proporcionar também a sua oportunidade se tornar um sujeito-social, permitindo que faça as próprias escolhas baseado nas suas próprias experiências ampliadas.

V. REFERÊNCIAS

AGUIAR, W. M. S. & OZELLA, S.. (2013, Jan-Abril) – Apreensão dos sentidos: Aprimorando a proposta dos núcleos de significação. **Revista Estudos RBED**, Brasília. 94 (236), 299 – 322....

AGUIAR, W. M. S. de. Reflexões sobre sentido e significado in: BOCK, A.M.; GONÇALVES, M.G.M.; (org.) **A Dimensão Subjetiva da Realidade**: Uma leitura Sócio histórica. Cortez Editora. São Paulo. 2009.

BARDIM, L. **Análise de Conteúdo**. Edições Setenta: São Paulo. 2011

BRASIL. Portaria nº N° 1.278, de 20 de outubro de 1999. Brasília, Disponível em: https://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1999/prt1278_20_10_1999.html. Acesso em: 21 jul. 2023.

BRASIL. Portaria nº 2.776, de 18 de dezembro de 2014. **Diretrizes Gerais Para A Atenção Especializada Às Pessoas Com Deficiência Auditiva no Sistema Único de Saúde (SUS)**. Brasília.

VYGOTSKI, L. S., LURIA, A.R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem**. Ícone Editora. 13ª Edição. São Paulo. 2014. p. 31, 109, 115.

VYGOTSKI, L.S. **Pensamento e Linguagem**. Editora Martins Fontes, São Paulo. 4ª Edição. 2008.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

A PROMOÇÃO DO ENSINO DA ESTATÍSTICA POR MEIO DE UM PROJETO DE EXTENSÃO

THE PROMOTION OF THE TEACHING OF STATISTICS THROUGH AN EXTENSION PROJECT

Lucas Moreira¹
Jose Felipe Custodia de Azevedo²

Resumo – O projeto de extensão “Promovendo a Educação Estatística” da Universidade de Brasília (UnB) foi iniciado em 2021, como um desdobramento da disciplina “Práticas de Extensão em Estatística 2”, do Departamento de Estatística. O principal objetivo dessa iniciativa é promover a conscientização e a capacitação em estatística de estudantes da rede pública de Educação Básica do Distrito Federal. Nesse trabalho, descrevemos as principais atividades realizadas no âmbito desse projeto em 2022. Foram realizadas ações práticas e interativas, como palestras, cursos e eventos, com foco no ensino da estatística em contexto que dialogassem com a realidade dos alunos. Através da realização de atividades em escolas públicas e na UnB, o projeto busca promover o letramento estatístico, contribuir para o desenvolvimento de competências matemáticas e ensinar uso adequado de métodos estatísticos.

Palavras-chave: Educação Estatística. Probabilidade e Estatística na Educação Básica. Formação Cidadã Plena.

Abstract – The extension project “Promoting Statistical Education” at the University of Brasília (UnB) started in 2021, as an offshoot of the discipline “Extension Practices in Statistics 2”, from the Department of Statistics. The main objective of this initiative is to promote awareness and training in statistics among students of the public Basic Education network of the Federal District. In this work, we describe the main activities carried out within the scope of this project in 2022. Practical and interactive actions were carried out, such as lectures, courses and events, focusing on teaching statistics in a context that dialogued with the students' reality. By carrying out activities in public schools and at UnB, the project seeks to promote statistical literacy, contribute to the development of mathematical skills and teach the proper use of statistical methods.

Keywords: Statistical Education. Probability and Statistics in Basic Education. Comprehensive Citizen Education.

¹ Doutor em Estatística (Unicamp); Docente da Universidade de Brasília (UnB). Contato: lmoreira@unb.br.

² Bacharelado em Estatística (UnB); Contato: jose.custodia@aluno.unb.br.

I. INTRODUÇÃO

O domínio de técnicas estatísticas básicas desempenha um papel fundamental na capacitação dos indivíduos para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo. Ela vai além do simples ensino de técnicas e fórmulas, envolvendo o desenvolvimento de habilidades críticas, como a capacidade de questionar, analisar e interpretar dados de forma contextualizada. Através da educação estatística, os indivíduos são capacitados a compreender a incerteza inerente aos dados e a tomar decisões fundamentadas com base na análise criteriosa das informações disponíveis.

De acordo com Garfield e Gal (1999):

“O raciocínio estatístico pode ser definido como sendo o modo como as pessoas raciocinam com as ideias estatísticas, conseguindo assim dar um significado à informação estatística. O que envolve fazer interpretações com base em conjuntos de dados, representações de dados ou resumos de dados. Muitos dos raciocínios estatísticos combinam dados e acaso o que leva a ter de ser capaz de fazer interpretações estatísticas e inferências (GARFIELD & GAL, 1999, p. 207).”

Para os autores o raciocínio estatístico muitas vezes envolve a combinação de dados e aleatoriedade, o que requer a habilidade de fazer interpretações estatísticas e inferências a partir desses dados. Em outras palavras, o raciocínio estatístico implica na capacidade de compreender e analisar dados, aplicando conceitos estatísticos para tirar conclusões e fazer inferências com base em evidências quantitativas. Logo, o raciocínio estatístico é uma excelente ferramenta para subsidiar decisões, incluindo aquelas cotidianas.

Para Júnior e Coutinho (2020):

“Além disso, identifica-se a importância da compreensão da probabilidade e da estatística atualmente no mundo, justificando que os indivíduos estão circundados de informações quantitativas sobre seu mundo, imersas em inúmeros contextos por meio dos veículos de comunicação, portanto, compreender a probabilidade e a estatística seria capacitar o cidadão a compreender essas informações de modo a avaliar o contexto em que elas estão inseridas e a elucidar seu entendimento acerca de sua realidade (JÚNIOR & COUTINHO, 2020, p. 2).”

A educação estatística é relevante em todas as áreas do conhecimento. Ela possibilita aos indivíduos, independentemente de seu ramo de atuação, a habilidade de lidar com dados e fazer análises críticas. O incremento da produção científica nessa área nos últimos anos reflete a sua importância e o seu valor. Lopes *et al* (2018)

“...a produção científica em Educação Estatística cresceu de maneira significativa nas duas últimas décadas, assim como a elaboração de materiais didáticos, a produção de softwares educacionais e de revistas científicas e a realização de eventos e congressos sobre a referida área. As pesquisas nesta emergem e evoluem por meio de estudos feitos por pesquisadores com formação, em sua maioria, em Estatística, Matemática, Pedagogia e/ou Psicologia (LOPES *et al*, p.3, 2018).”

Atualmente, o ensino de Estatística é obrigatório a partir do Ensino Fundamental na Educação Básica, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017). A Estatística foi inserida como unidade temática Probabilidade e Estatística, evidenciando sua importância, como pode ser observado no seguinte trecho:

“Todos os cidadãos precisam desenvolver habilidades para coletar, organizar, representar, interpretar e analisar dados em uma variedade de contextos, de maneira a fazer julgamentos bem fundamentados e tomar as decisões adequadas. Isso inclui raciocinar e utilizar conceitos, representações e índices estatísticos para descrever, explicar e prever fenômenos (BRASIL, p.274, 2017).”

Giordano, Araújo e Coutinho (2019) apontam possíveis avanços na BNCC, na medida em há uma ampliação do programa dedicado à Probabilidade e Estatística. Além disso, a base detalha as etapas do processo de produção científica, que visam atender as aptidões a serem desenvolvidas pelos estudantes.

Para Paulo Freire, o processo de ensino e aprendizagem não pode ser algo mecânico e repetitivo, mas sim um processo dialógico em que o aluno é visto como um ser crítico e participativo. Ele acreditava que a educação não pode ser neutra e que o professor deve estar engajado na transformação social, estimulando o aluno a participar ativamente do processo educativo. Para Sampaio (2010):

“Paulo Freire esboçou as bases para uma verdadeira pedagogia democrática. Uma pedagogia que combate as relações autoritárias, e que funda seus princípios na tarefa essencial que é o diálogo. Para ele é necessária a atitude de uma educação crítica e criticizadora, que leve o homem a uma nova postura diante dos problemas de seu tempo e de seu espaço. Ele afirma que não politizou a educação, pois ela sempre foi política (SAMPAIO, 2010, p. 52)”

Na educação estatística, é fundamental que os alunos compreendam os conceitos básicos de estatística e a importância da análise de dados para a tomada de decisões informadas. O método de Paulo Freire na educação estatística pode ajudar os alunos a entenderem que os dados não são neutros e que o seu contexto social, político e cultural pode influenciar a forma como eles são coletados, analisados e interpretados.

Conforme descrito em Moreira, Azevedo e Fontenele (2022), como culminância da disciplina “Práticas de Extensão em Estatística 2”, do Departamento de Estatística (EST) do Instituto de Ciências Exatas (IE) da Universidade de Brasília (UnB) foi proposto, em 2021, o projeto de extensão intitulado “Promovendo Educação Estatística”. O principal objetivo do projeto é promover o ensino da estatística para estudantes dos anos finais do Ensino Fundamental II. As ações de formação vinculadas ao projeto, foram realizadas, num primeiro momento, de modo remoto. Formato adotada em consonância com a realidade da Educação Básica pública do Distrito Federal, que também precisou se adaptar às restrições impostas pela pandemia de COVID-19.

Com a retomada das atividades acadêmicas presenciais na UnB em 2022, o projeto “Promovendo Educação Estatística” passou a realizar atividades presenciais tanto em escolas públicas do Distrito Federal como na UnB em pessoa. Os estudantes membros de equipe do projeto desenvolveram diversas atividades relacionadas ao ensino de técnicas estatísticas. Também, utilizou-se a disponibilização de videoaulas com conteúdo de probabilidade e estatística como apoio à disseminação do conhecimento dessas áreas da matemática nas escolas. Foram realizadas atividades formativas, para a explanação de conteúdos estatísticos voltados aos estudantes do Ensino Fundamental II e Médio. Por meio dessas iniciativas, foi possível prover uma interação enriquecedora entre discentes da UnB e comunidades escolares do Distrito Federal. Esse convívio oportunizou diversas vivências enriquecedoras e a prática do ensino de conceitos estatísticos por discentes da UnB. Além da apropriação desses saberes por parte dos estudantes da Educação Básica.

Conforme aponta Relatório do Brasil no Programme for International Student Assessment (Pisa) de 2018 (Brasil, 2020), cerca de 31,8% dos estudantes brasileiros

alcançaram o Nível 2 ou acima em Matemática, em contraste com 76,0% dos estudantes dos países da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Isso evidencia que, no Brasil, o acesso à educação de qualidade é um privilégio para poucos. Sendo o alcance da educação estatística ainda mais restrito. Nas escolas públicas, os estudantes enfrentam dificuldades sociais, de formação básica em matemática, de acesso à tecnologia, falta de inclusão digital, dentre outras. Por meio de projetos como “Promovendo Educação Estatística”, pode-se prover educação estatística aos alunos da rede pública de ensino.

II. METODOLOGIA

Todas as atividades de extensão vinculadas ao projeto em “Promovendo Educação Estatística”, em 2022, foram planejadas e elaboradas pelo bolsista do projeto, discentes da disciplina “Práticas de Extensão em Estatística 2” e professores da Educação Básica da Região Administrativa do Paranoá do Distrito Federal (DF). As ações foram desenvolvidas com base no método de Paulo Freire, ou seja, de modo que a educação estatística viesse a ajudar os alunos a desenvolverem uma visão crítica em relação aos dados e informações que recebem, estimulando-os a questionar as fontes, os métodos e as conclusões apresentadas. Os envolvidos no projeto utilizaram diálogos e debates para incentivar os alunos a expressarem suas opiniões e experiências em relação aos dados apresentados, ajudando-os a relacionar os conceitos estatísticos com sua realidade cotidiana.

Dessa maneira, foram abordados vários temas que são frequentes no público principal do projeto, que são os alunos da rede pública de ensino do DF em anos finais do ensino fundamental e do ensino médio. Os principais objetivos nas atividades eram que os alunos se envolvessem de maneira voluntária com as questões levantadas, que aprendessem de maneira fácil e que pudessem visualizar como a Estatística estava relacionada com diversos assuntos do cotidiano deles. Dessa forma, durante as atividades foram abordados temas como futebol, jogos de videogames, filmes, tecnologias, redes sociais, dentre outros. O objetivo era utilizar a ideia freiriana de que o método que mais envolve os alunos é a valorização da cultura popular e da experiência de vida deles.

Freire, acreditava que o conhecimento não pode ser imposto de cima para baixo, mas sim construído a partir das experiências e das necessidades dos alunos. Dessa forma o projeto busca a transformação social a partir da conscientização crítica dos alunos em relação aos dados e informações que recebem. Os alunos são incentivados a questionar as desigualdades sociais e a buscar soluções para os problemas identificados por meio da análise de dados. Assim como apontado em Alro e Skovsmose (2010):

“Com o emprego de dados da vida real, passa a fazer sentido ponderar sobre a confiabilidade dos cálculos. Também passa a fazer sentido, verificar as informações que o exercício apresenta (com semirrealidades, isso não fazia sentido) (ALRO&SKOVSMOSE, 2010, p. 55)”.

Com a perspectiva freiriana, foram realizadas diversas formações presenciais, nos formatos de aulas expositivas, palestras e atividades em grupo, nas escolas alcançadas pelo projeto, quais sejam, Centros de Ensino Fundamentais 1 e 2 (CEF 1 e CEF 2, respectivamente) e Centro de Ensino Médio (CEM) 1 do Paranoá. Também foram realizadas formações n UnB. Além disso, foram disponibilizados conteúdos de estatística por meio de pen drives para que os professores da Educação Básica, membros de equipe do projeto pudessem disponibilizar aos estudantes nas escolas conteúdos de estatística por meio de videoaulas. Destaca-se que essas videoaulas foram produzidas tendo como referência o livro texto utilizado nas escolas.

III. RESULTADOS

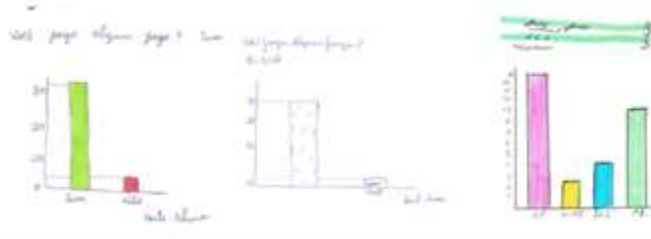
No ano de 2022, foram realizadas quatro atividades relacionadas ao projeto “Promovendo Educação Estatística”, devidamente cadastradas no Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas (SIGAA) da UnB, quais sejam: Amostragem na Educação Básica, Tópicos em Tratamento da Informação para a Educação Básica, Tópicos em Tratamento da Informação para o Ensino Fundamental II e Tópicos em Estatística para o Ensino Fundamental II. Ao todo, mais de duzentos alunos da Educação Básica se inscreveram nessas atividades por meio do SIGAA. Nesta seção será feito o relato de experiência dessas iniciativas.

Nessas atividades foram explorados temas como a importância da saber e do conhecimento estatístico para a formação cidadã plena. As formações também trataram do curso de Bacharelado em Estatística, da importância da análise de dados, dos conceitos de população e amostra, informações, das medidas de posição e dispersão, do cálculo de probabilidades, dos diferentes tipos de gráficos estatísticos. Os alunos eram incentivados a participarem de discussões de conceitos estatísticos e probabilísticos em contextos que dialogavam com a realidade dos participantes. Em algumas situações, para exemplificar os diferentes tipos de amostragem, foram realizados sorteios de brindes como camisetas, broches, blocos de anotação, chocolates dentre outros. Os estudantes também eram instigados a calcular a chance de ganhar um desses adereços.

Além das quatro atividades de extensão cadastradas no SIGAA, foram realizadas diversas ações relacionadas ao projeto “Promovendo Educação Estatística” em 2022. Estas iniciativas incluem a produção de questionários, apresentação de palestras, o incentivo à produção de trabalhos relacionados a conteúdos estatísticos apresentados, dinâmicas em equipe e avaliações no contexto da sala de aula nas escolas alcançadas pelo projeto. Estas atividades foram fundamentais para prover uma formação de excelência em probabilidade e estatística, por meio de iniciativas vinculadas ao projeto, principalmente, para os estudantes da Educação Básica.

No mês de julho de 2022, foi realizado um evento no Centro de Ensino Fundamental (CEF) 2 do Paranoá, uma Região Administrativa do Distrito Federal (DF). Nessa ação, chamada de “Tópicos em Tratamento da Informação para o Ensino Fundamental II”, os discentes da UnB membros de equipe do projeto, com a colaboração de professores da escola, ministraram aulas expositivas para todas as turmas de 6º, 7º, 8º e 9º anos dessa escola, dos turnos matutino e vespertino. Ao todo, o público real atingido foi superior a seiscentos estudantes. O conteúdo estatístico abordado contemplou os conceitos de população e amostra, visualização de dados e análise de informações a partir de gráficos. Também foi abordado a importância do domínio de técnicas estatísticas básicas e a relevância da profissão de estatístico nos dias atuais.

Figura 1 – Gráficos produzidos por estudantes em uma ação do projeto



Fonte: Os autores, 2023.

Essa, e as demais atividades realizadas, são realizadas de forma dinâmica, incorporando jogos pedagógicos e atividades interativas em sala de aula. Essa abordagem

lúdica busca estimular o interesse dos alunos e tornar o aprendizado mais envolvente. Durante este encontro, os estudantes foram motivados e orientados de forma a coletarem e produzirem gráficos estatísticos. Nas Figuras 1 e 2, apresenta-se exemplos das representações de conjuntos de dados por meio de gráficos de colunas elaborados por dois estudantes.

No do mês de agosto, foi promovida uma palestra intitulada “Amostragem na Educação Básica”. Esse evento, que foi integralmente promovido e planejado por discentes da UnB, ocorreu num anfiteatro do Campus Darcy Ribeiro da UnB e foi voltado para estudantes da Educação Básica. Ou seja, houve grande protagonismo estudantil nessa ação. A atividade foi delineada de modo a promover a aplicação prática dos conceitos estatísticos, permitindo que os participantes vivenciem aplicações reais de ferramentas em diferentes contextos. Nessa iniciativa, em particular, abordou-se os conceitos de população e de amostra. Além disso, tratou-se dos diferentes tipos de amostragem, quais sejam, aleatória simples, sistemática e por conglomerados. Nessa ocasião, como uma estratégia de ilustração das técnicas de amostragem, foram sorteados diversos brindes aos participantes. O público-alvo dessa atividade foi formado por estudantes dos Centros de Ensino Fundamentais I e II do Paranoá, uma Região Administrativa do Distrito Federal. Houve 90 participantes, sendo que 26 conseguiram se inscrever no SIGAA.

Figura 2 – Gráfico produzido por um estudante durante a realização de uma atividade



Fonte: Os autores, 2023.

Em setembro, promoveu-se uma formação intitulada “Tópicos em Tratamento da Informação”. Nessa ocasião, o público-alvo foi formado por estudantes do ensino médio da rede pública, principalmente, os de CEM 1 do Paranoá. Esse encontro foi totalmente planejado e realizado por estudantes da disciplina “Práticas de Extensão em Estatística 2”, que também eram membros de equipe do projeto. Durante a ação foram abordados temas variados, quais sejam, construção de diferentes tipos de gráficos estatísticos, técnicas de contagem, medidas de posição e dispersão. A participação ativa dos estudantes durante a atividade é um aspecto fundamental da metodologia empregadas nas vivências. Nesta formação, o conteúdo foi apresentado a partir de dados e informações fornecidas pelos próprios estudantes, por meio de um dashboard produzido por

integrantes da equipe do projeto. Isso fez com que a atividade se tornasse mais dinâmica e atrativa para os 86 participantes, todos cadastrados no SIGAA.

Em novembro, foi realizado a atividade “Tópicos em Estatística para o Ensino Fundamental II”. Foi feita, presencialmente, no CEF 02 do Paranoá pelos bolsistas do projeto em colaboração com os professores de Matemática dessa escola. Essa ação buscou, seguindo o método freiriano de ensino, complementar e introduzir conceitos básicos em Estatística aos estudantes. Também buscou-se apresentar o curso de Bacharelado em Estatística, diferentes formas de ingresso na UnB, políticas de assistência estudantil, contas sociais e raciais, por meio de gráficos estatísticos. Ao se depararem com tais informações, muitos estudantes passaram em pensar na possibilidade de trilharem uma trajetória acadêmica. A atividade foi realizada com turmas de 8º e 9º anos, do turno vespertino. Houve 56 participantes que conseguiram se inscrever no SIGAA. Mas é importante destacar que o público real foi bem maior.

IV. CONCLUSÃO

O projeto Promovendo Educação Estatística tem se mostrado uma iniciativa extremamente importante para a difusão do conhecimento estatístico na rede pública de Educação Básica do Distrito Federal. Por meio de atividades como aulas expositivas, palestras e oficinas, foi possível promover momentos de trocas de experiências e introduzir conceitos estatísticos que dialogavam com a realidade de alunos e professores de escolas. Com isso, pôde-se proporcionar aos participantes das atividades uma visão ampla e crítica sobre a importância da estatística em diversas áreas do saber e em seu cotidiano.

Além disso, acredita-se que o projeto também contribuiu para o fortalecimento e para a aproximação da relação entre a Universidade de Brasília e a comunidade do Paranoá. Durante as iniciativas promovidas houve uma interação muito enriquecedora entre os discentes da UnB e a comunidade escolar. Ao ministrar conteúdos estatístico em pessoa, os discentes puderam se deparar com eventuais falhas na sua formação acadêmica, a partir dos questionamentos dos estudantes. Foram desafiados a transmitir seus conhecimentos de forma atrativa e contextualizada. Tiveram momentos de troca de experiências e vivências com os professores da Educação Básica.

Espera-se que, a partir da participação das iniciativas vinculadas ao projeto, os estudantes da Educação Básica possam se tornar cidadãos capazes de utilizar a estatística em suas vidas cotidianas. Acredita-se que o projeto tem contribuído para a construção de uma sociedade mais justa e igualitária, ao se democratizar o conhecimento estatístico de excelência. Destaca-se que o projeto é desenvolvido numa região do Distrito Federal que apresenta altas taxas de vulnerabilidade social e econômica. Assim, as ações vinculadas ao projeto também contribuem para a promoção de uma universidade pública mais inclusiva.

Apesar do esforço da equipe do projeto em conjunto com a coordenação e a direção da escola, muitos dos participantes das ações não conseguiram realizar seu cadastro no SIGAA, que é o sistema oficial de gerenciamento de atividades da UnB. Mesmo com a assistência fornecida, muitos estudantes são excluídos digitalmente. Não possuem e-mail e, em alguns casos, não possuem Cadastro de Pessoa Física (CPF), que são requisitos para a cadastramento no SIGAA. Com isso, o número de inscritos no SIGAA nas atividades vinculadas ao projeto é sempre inferior ao público real.

Os membros de equipe do projeto tiveram uma experiência enriquecedora ao trabalharem em conjunto e de forma colaborativa com os professores do Educação Básica, principalmente, com os do Centro de Ensino Fundamental (CEF) 2 do Paranoá. Nas visitas a essa escola, os discentes da UnB apresentam aos alunos a importância da

estatística na vida e no cotidiano deles. Além disso, eram propostas atividades de modo que os alunos pudessem experimentar a estatística na prática, desde a coleta de dados até a elaboração de tabelas e gráficos.

Ademais, como forma de aproximar a universidade dos alunos da Educação Básica, também foram realizadas visitas e eventos no campus Darcy Ribeiro da UnB. Nessas ocasiões, os alunos receberam formações nos anfiteatros do Instituto Central de Ciências e no Departamento de Estatística da UnB. Também, realizaram visitas em vários lugares da universidade, para se apropriarem da rotina e do ambiente universitário. Por meio desses momentos, os estudantes relataram um senso de pertencimento à universidade.

V. REFERÊNCIAS

ALRO, Helle; SKVOSMOSE, Ole. **Diálogo e Aprendizagem em Educação Matemática**. Tradução de Orlando Figueiredo. 2ª ed., Belo Horizonte - MG: Editora Autêntica, 2010. Skovsmose

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular** - Educação é a Base: Ensino Médio, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_sit.pdf>. Acesso em: 02 maio 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Relatório Brasil no PISA 2018, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa/resultados>>. Acesso em: 23 de junho de 2023.

GIORDANO, Cassio Cristiano, ARAÚJO, José Ronaldo Alves, COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva, Educação Estatística E A Base Nacional Comum Curricular: O Incentivo Aos Projetos, **REVEMAT**, Florianópolis (SC), v.14, Edição Especial Educação Estatística, p.1-20, 2019.

GARFIELD, J.; GAL, I. **Teaching and assessing statistical reasoning**. In Stiff, L. V., & Curcio, F. R., (Ed.), *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12*. National Council of Teachers of Mathematics (pp. 207-219). Reston: Ed. L. Staff, 1999.

JÚNIOR, Ailton Paulo de Oliveira; COUTINHO, Cileda de Queiroz e Silva. Ensino de estatística na EJA: aplicação da metodologia da resolução de problemas. **Zetetiké**, Campinas, SP, v.28, 2020, p.1-16. ISSN 2176-1744. DOI: 10.20396/zet.v28i0.8659840.

LOPES, C. E.; MENDONZA, L. O.; SOUZA, A. C.; SOUZA, L. O. O campo da pesquisa da Educação Estatística brasileira demarcado pela diversidade temática. **REnCiMa**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 1-4, 2018.

MOREIRA, Lucas; AZEVEDO, José Felipe Custódia de; FONTENELE, Thaynara Rodrigues. Oportunizando o ensino da estatística mediante um projeto de extensão. **Revista Sodebras [on line]**. v 17, n. 197, Mai. 2022, p 48-60. ISSN 1809-3957, DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.197.19>.

Sampaio, Luana Oliveira. **Educação Estatística Crítica: Uma possibilidade?** Dissertação de mestrado, Unesp, Rio Claro (SP), 2010.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso no artigo.

APLICAÇÃO DE UM REPOSITÓRIO DIGITAL COMO FERRAMENTA DE ARMAZENAMENTO E FONTE DE CONSULTA PARA CURSOS DE GESTÃO

APPLICATION OF A DIGITAL REPOSITORY AS A STORAGE TOOL AND A SOURCE OF CONSULTATION FOR MANAGEMENT COURSES

André Luiz Ribeiro Antunes ¹

Nanci Oliveira ²

Marco Rogério da Silva Richetto ³

Roque Antônio de Moura ⁴

Messias Borges Silva ⁵

Resumo – Estamos vivendo na era digital, em que fábricas e suas máquinas equipadas com inteligência artificial tornam-se inteligentes e com ampla interação humano-máquina. No entanto, a forma como os indivíduos se apresentam permanece analógica, ou seja, dependem de currículos e apresentações gravadas ou em papel, principalmente quando não são graduados na área de tecnologia da informação. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é promover a aplicação de um repositório digital como ferramenta de armazenamento e fonte de referência para cursos de gestão no eixo tecnológico da produção industrial, ou seja, para leigos em programação. A metodologia incluiu pesquisa bibliográfica e de campo com 210 voluntários buscando-se construir e gerar conhecimento. Em seguida, foi criado um modelo utilizando uma plataforma de hospedagem, compartilhamento e gerenciamento conhecido como github. Os resultados apontam para um template digital como produto, uso de tecnologias específicas de suporte e uma mentalidade ágil, ou seja, errar rápido para consertar mais rápido. Conclui-se que em repositórios atualizados, novos gestores e outros leigos podem se apresentar digitalmente além de registrar seus projetos e eventos em ciberespaço com acessibilidade e mobilidade em qualquer lugar e em tempo real.

Palavras-chave: Educação tecnológica. Gestão. Github. Repositório digital. Tecnologias.

¹Aluno do curso Gestão da Produção Industrial, Fatec Prof. Jessen Vidal, São José dos Campos/SP - FATEC SJC. Contato: afrsgab@gmail.com ou andre.antunes@fatec.sp.gov.br

²Doutora em Ciências. Docente titular nos cursos de Logística e ADS. Fatec Prof. Jessen Vidal, São José dos Campos/SP - FATEC SJC. Contato: nanci.oliveira@fatec.sp.gov.br.

³Mestre em Engenharia Mecânica – Automação Industrial e Robótica. Professor na Faculdade de Tecnologia SENAI Félix Guisard, Taubaté /SP - SENAI Taubaté. Contato: marco.richetto@sp.senai.br

⁴Doutor em Engenharia Biomédica. Docente titular nos cursos de Logística e Gestão da Produção Industrial. Fatec Prof. Jessen Vidal, São José dos Campos/SP - FATEC SJC. Contato: roque.moura@fatec.sp.gov.br.

⁵Livre-Docente em Engenharia de Produção; Professor Titular da UNESP E USP-EEL. Contato: messias.silva@usp.br.

Abstract – We are living in the digital age, where factories and their machines equipped with artificial intelligence become intelligent with extensive human-machine interaction. However, the way individuals present themselves remains analogical, that is, they depend on curricula and presentations recorded or on paper, especially when they are not graduates in information technology and communication. In this sense, the objective of this work is to promote the application of a digital repository as a storage tool and a reference source for management courses in the technological axis of industrial production, that is, for laypersons in programming. The methodology included bibliographic and field research with 210 volunteers seeking to build and generate knowledge. Then, a model was created using a hosting, sharing and management platform known as github. The results point to a digital template as a product, use of specific support technologies and an agile mentality, that is, making mistakes quickly to fix them faster. It is concluded that in updated repositories, new managers and other lay people can present themselves digitally, in addition to registering their projects and events in a cyberspace with accessibility and mobility anywhere and in real time.

Keywords: Technological education. Management. Github. Digital repository. Technologies.

I. INTRODUÇÃO

Rohrbeck e Schwarz (2013) destacaram em seu trabalho o fato de que quando ignoramos mudanças tecnológicas, há desperdício de oportunidades e aumento da taxa de insucesso. Nesse sentido, este projeto prevê a divulgação de um repositório digital como ferramenta de armazenamento e fonte de consulta para cursos de gestão, haja vista que, muitos projetos realizados ao longo do aprendizado discente são gravados ou são apresentações excelentes que perdem eficácia no tempo por não estarem prontamente disponíveis para consulta ou pesquisas acadêmicas.

Nesse sentido, uma das premissas de um educador ou líder é o reconhecimento precoce do risco ou ameaça para prontamente traçar um plano estratégico com apoio tático e torná-lo operacional tecnologicamente no ciberespaço e no mundo real sem esquecer de usar de empatia para com os envolvidos (WALTHER *et al.*, 2020; MOURA *et al.*, 2021).

Requies *et al* (2018) argumentam que se aumenta a taxa de sucesso na solução prática dos projetos acadêmicos quando estes são elaborados por um grupo pequeno de alunos de áreas diversas e conhecimento multidisciplinar. O conhecimento gerado quando registrado em repositórios digitais, oferece mobilidade e acessibilidade imediata para pesquisas e novos projetos principalmente quando são facilmente acessados utilizando dispositivos de fácil manuseio e capacidade de resposta em tempo real e em qualquer lugar (STEFANA *et al.*, 2021).

Para Schwab (2016), o rápido processo de transição digital exerce impactos e requer uma revisão nos meios de educação para um rendimento máximo dos alunos. A tecnologia ainda não substitui a criatividade humana, mas ajuda a aprimorar e desenvolver competências técnicas e comportamentais (MOURA *et al.*, 2022).

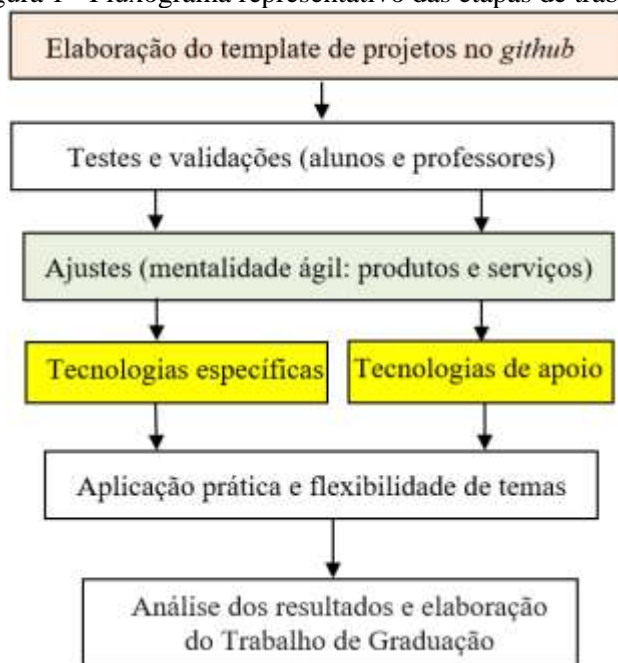
Conforme Rahman *et al* (2021), o avanço tecnológico juntamente com as expectativas de uma gestão digital, estão influenciando uma mudança notável na forma de produzir. Para a geração dos *millennials*, a competência digital é algo intuitivo, já para as anteriores chega a ser desafiadora (WROBEL-LACHOWSKA *et al.*, 2017; MARGARET, 2018).

Programas de computador adequadamente projetados podem significar a solução de problemas complexos por um grupo de alunos. Aparentemente, a sala de aula do futuro poderá contar com mais recursos eletrônicos (*hardware* e *software*) para docentes, que facilmente rastrearão notas, arquivos e hospedarão tarefas além do bate-papo em tempo real (ZAGALSKY *et al.*, 2015).

Crawley *et al* (2014) nos ensina que quando os indivíduos trabalham em pequenos grupos e são bem orientados, desenvolvem habilidades de negociação, liderança e compaixão (COSTA; MOURA, 2021).

O objetivo deste trabalho é identificar um repositório digital e aplicá-lo como ferramenta de armazenamento e fonte de consulta para cursos de Gestão, conforme o planejamento para execução sistemática representadas no Fluxograma (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma representativo das etapas de trabalho



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

II. REVISÃO DA LITERATURA

Segundo Schwab (2016), quando o ritmo da mudança dentro da empresa for ultrapassado pelo ritmo da mudança fora dela, o fim está próximo. Nesse viés os bancos escolares com projetos e pesquisas acadêmicas são essenciais para o sucesso.

Segundo Rahman *et al* (2023), a aprendizagem baseada em projetos é uma forma ativa que facilita o envolvimento do aluno, o trabalho em equipe e a resolução de problemas, ou seja, é uma forma eficaz de aprender. A Educação deve incluir experiências de prática profissional para que os alunos sejam capazes de especificar, projetar, implementar, manter e avaliar, usando teorias, práticas e ferramentas tecnológicas de apoio como o *Google Classroom*, *Google Meet*, *Github*, *Padlet* e *Trello* (SILVA *et al.*, 2020).

2.1 - Linguagem *markdown* do *github*

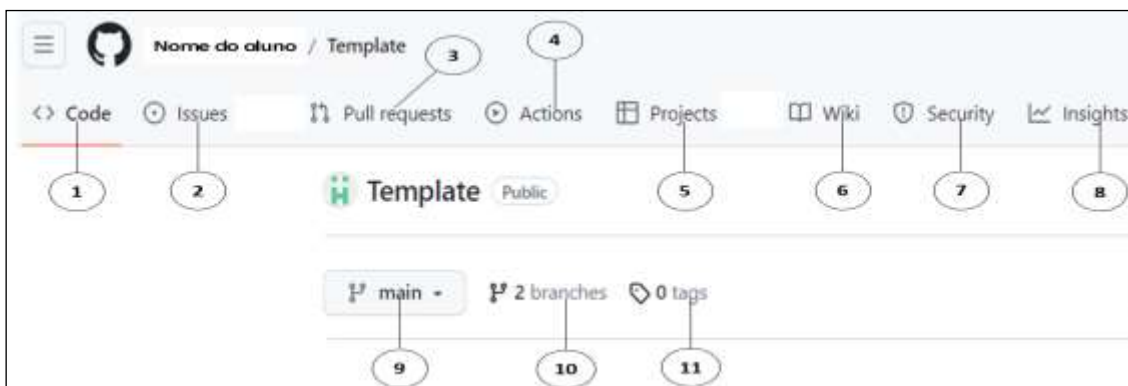
Para Dabbish *et al* (2012) o *markdown* não é uma funcionalidade específica do *git* em si, mas uma linguagem de marcação leve e fácil comumente usada para formatar textos em várias plataformas, incluindo o *github*. O *markdown* é uma linguagem de marcação leve, voltada para quem trabalha com texto e *internet*. Tem uma sintaxe simples que permite adicionar formatação simples ao texto, como cabeçalhos, listas, links, imagens e muito mais, sem a necessidade de escrever “*html*” ou usar uma interface de edição complexa (GRIFFIN; SEALS 2013).

A linguagem *markdown* é frequentemente usado para criar arquivos “*README.md*”, que fornece informações sobre o projeto, instruções de instalação, exemplos de uso e outras informações importantes que os colaboradores e usuários podem precisar. É exibido na página inicial do repositório e permite adicionar esses documentos recém-codificados ao *markdown* e gerar vários tipos de saídas (NOPRIANTO; WIJAYANINGRUM; LESTARI, 2022).

2.2 - Github

O *git* é um sistema de controle de versão que permite que os desenvolvedores rastreiem, gerenciem e colaborem em projetos mantendo um histórico completo de todas as alterações feitas ao longo do tempo. Já o *github*, como o nome sugere, é construído sobre o *git*, um tipo de sistema de controle de versão, gratuito e de código aberto, o que significa que qualquer pessoa pode usá-lo para desenvolver nele com tela inicial e comandos conforme Figura 2 (GUTHALS, 2023).

Figura 2 - Tela inicial e principais comandos



Fonte: Adaptado de Guthals (2023).

Para Zagalsky *et al* (2015) atualmente o *github* é uma ferramenta tecnológica útil com plataforma de compartilhamento social baseado na *web* que utiliza o sistema de controle de versão distribuída. Seus benefícios facilitam a colaboração, desenvolvimento de projetos e redação técnica entre os alunos em ambiente educacional compartilhado. No Quadro 1 estão os principais comandos da tela principal.

Quadro 1 - Principais comandos da tela principal do *github*

Item	Comando	Funcionalidade
1	Code (Código)	Refere-se à seção principal do GitHub, onde os repositórios de código são armazenados e gerenciados. É onde você pode visualizar, criar, editar e colaborar no código-fonte de um projeto.
2	Issues (Problemas)	Recurso que permite rastrear e gerenciar problemas, <i>bugs</i> ou solicitações de recursos. Os problemas podem ser abertos, atribuídos a alguém, comentados e fechados à medida que são resolvidos.
3	Pull Request	Funcionalidade que permite aos desenvolvedores contribuírem no projeto. Usado na proposta de modificações em um repositório para serem revisadas e incorporadas pelo proprietário do projeto.
4	Action (Ação)	Permite automatizar tarefas comuns de desenvolvimento do projeto, como testes, compilação e implantação. São definidas em um arquivo YAML no GitHub que facilita a ação colaborativa.

5	Project (Projeto)	Usado para planejar, priorizar e monitorar o trabalho em equipe, permitindo que os membros da equipe atualizem o status à medida que progredem no trabalho.
6	Wiki	Área onde os projetos podem criar e manter uma documentação colaborativa e armazenando informações úteis, tutoriais, guias e outros recursos relacionados ao projeto.
7	Security (Segurança)	Fornecer recursos seguros para identificar e corrigir vulnerabilidades no código do seu repositório, alertando e integrando com outras ferramentas de análise estática para melhorar a segurança do projeto.
8	Insights (Informações)	Fornecer uma visão geral e análise do repositório, incluindo informações como estatísticas de contribuição, gráficos de atividades, ramificações e visualizações do projeto.
9	Main (Principal)	Refere-se à ramificação padrão ou principal em um repositório. Anteriormente, o termo mais comum era "master", mas o GitHub adotou a terminologia "main" como uma alternativa mais inclusiva e neutra.
10	Branch (Ramo)	Permite o desenvolvimento paralelo de diferentes recursos para que os colaboradores alterem de forma isolada e quando prontas podem ser incorporadas ao projeto principal.
11	Tag (Marcador)	Marca lançamentos importantes no desenvolvimento do projeto. São úteis para facilitar o acesso rápido a versões específicas. Ao contrário das <i>branches</i> , as <i>tags</i> permanecem fixas após a operação de <i>commit</i> .

Fonte: Adaptado de Gunthals (2023).

2.3 - Repositório compartilhado

Segundo Wu *et al* (2014), o *github* oferece um repositório rastreável de projetos, fornecendo recursos adicionais dos quais educadores e alunos podem se beneficiar (ZAGALSKY *et al.*, 2015).

Zagalsky *et al* (2015) ensinam que no *github* quando um usuário deseja contribuir com o projeto de outra pessoa, ele pode clonar ou bifurcar o projeto para criar uma cópia completa pois há disponibilidade de licenças acadêmicas gratuitas. Em uma pesquisa bibliográfica usando as palavras chaves *github*, estudantes, educação, ensino-aprendizado, encontrou-se que o tema, fora do currículo de tecnologia e informação é pouco pesquisado (ECK; WALTMAN, 2022).

Para Guthals (2023), os dados estão se tornando a moeda do reino digital, ou seja, a abundância de dados de pesquisa digital e ciência da informação, criam um fluxo de informações provenientes da descoberta de pesquisas e da busca acadêmica com evidências (JOHNSTON, 2017).

III. METODOLOGIA

A metodologia incluiu pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo envolvendo 210 voluntários como: docentes, estudantes e egressos que atuam ou atuaram em Instituições de Ensino Superior e que responderam quatro perguntas via pesquisa pelo *googleforms*, alusiva à temática digital. Foi criado um modelo (*template*) para aplicação prática, utilizando a plataforma *freeware github* para hospedagem, armazenagem, compartilhamento e gerenciamento, integradas com outras ferramentas digitais para os indivíduos se apresentarem.

3.1 - Da pesquisa de campo e acessibilidade

O meio utilizado foi o *googleforms*, disponível para o público em geral, onde a pesquisa foi inserida e disseminada nas redes sociais para coleta de dados.

Quatro questões, com perguntas fechadas, múltiplas escolhas e de opinião foram utilizadas com o objetivo de abstrair a opinião de docentes, estudantes e egressos sobre uso dos repositórios digitais.

Foram coletadas 210 respostas de voluntários de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos, que estão em Instituições de Ensino ou tornaram-se egressos recentemente.

A pesquisa foi realizada de 10/06/2023 até 15/07/2023 no formulário eletrônico do *googleforms* conforme ilustra a Figura 3.

Figura 3 - Tela do formulário de pesquisa

Uso de Repositório Digital Personalizado no mundo acadêmico

Olá! Agradecemos pelo seu tempo e disponibilidade.

Poderia responder 4 perguntas sobre repositório digital no mundo acadêmico?
Essa pesquisa não levará mais de que 2 minutos.

Suas respostas e comentários irão compor a nossa base de pesquisa e análise de dados.

Por favor nos informe a sua faixa etária *

Entre 18 e 30 anos. Entre 31 e 60 anos. Mais de 61 anos.

Você atualmente é *

Estudante Docente Egresso/Egressa

Por favor informe a sua atual ou última Instituição de Ensino *

Fatec Faculdades Anhanguera Instituto Federal

UNIP UNIFESP UNITAU

UNIVAP ETEP ITA

Outro: _____

Por favor nos informe se você conhece ou já usou algum repositório digital como o GitHub

Já utilizei Nunca utilizei Nunca ouvi falar

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

3.2 - Elaboração de um template para TG partindo dos Resultados da pesquisa

Elaboração passo a passo para a aplicação do *github* como template para um Trabalho de Graduação da área de Gestão da Produção Industrial.

3.2.1 - Criação do repositório passo a passo

1. Acessar <https://github.com/> e fazer *login* na sua conta.
2. Após login, clicar "New".
3. Na página "Create a new repository" preencher com informações do trabalho.
 - Para outros contribuírem no projeto, escolha "Public" (Público).
 - Marcar a opção *README*.

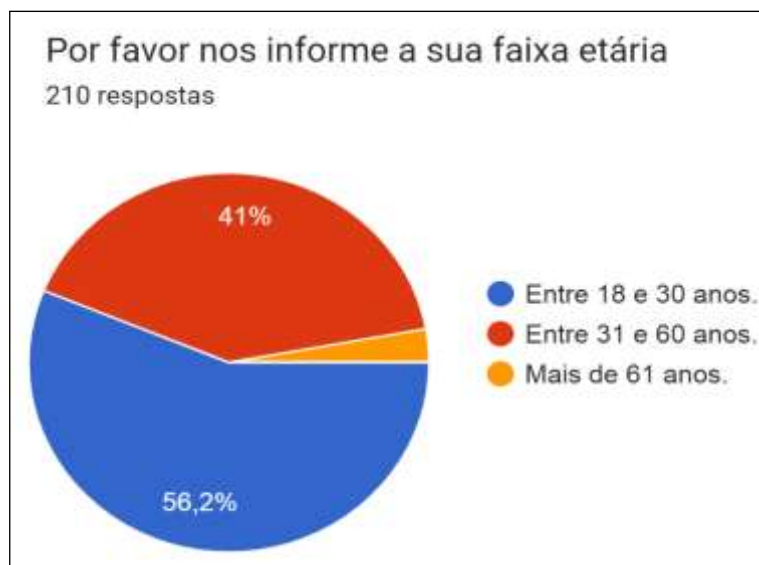
4. Clicar em "Create repository" e em seguida fazer o upload dos arquivos do Trabalho de Graduação (TG).
 - *Sugestão: criar uma pasta para Figuras e Tabelas e as adicionar no TG clicando em "Add file".*
5. Para salvar o projeto parcialmente clicar em "Commit changes".
 - *Sugestão adicionar o Orientador clicando em "Invite a collaborator" e conceder o nível de acesso clicando em "Maintain". O Orientador receberá um e-mail convite e ao dar aceite poderá colaborar no repositório digital.*
6. Editar o "Readme.md" clicando no ícone do lápis para adicionar o título do "Trabalho de Graduação".
 - *Sugestão: criar descrição do projeto com [nome da faculdade], como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de [nome do curso]*".
7. Adicionar o título 'Sumario', e liste a estrutura do projeto, por exemplo:
 - "[1. INTRODUÇÃO](#1-introdução)
 - - [1.1. Objetivo do Trabalho](#11-objetivo-do-trabalho)
 - [2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA](#2-fundamentação-teórica)".
8. Adicionar Títulos de seção como por exemplo: "# 1. INTRODUÇÃO". Repita esse passo para todas as outras seções do projeto.
9. Buscar Figuras e Tabelas em "[!imagem 1](caminho/para/imagem1.png)".

IV. RESULTADOS

4.1 - Resultados da pesquisa de campo com 210 voluntários

A primeira questão sobre a faixa etária demonstra que 97,2% dos respondentes têm faixa etária entre 18 e 60 anos, conforme Figura 4.

Figura 4 - Faixa etária dos respondentes



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A segunda questão trata sobre atuação dos voluntários. 78,6% dos respondentes disseram ser estudantes, 15,7% são docentes e 5,7% são egressos/egressas conforme ilustra a Figura 5.

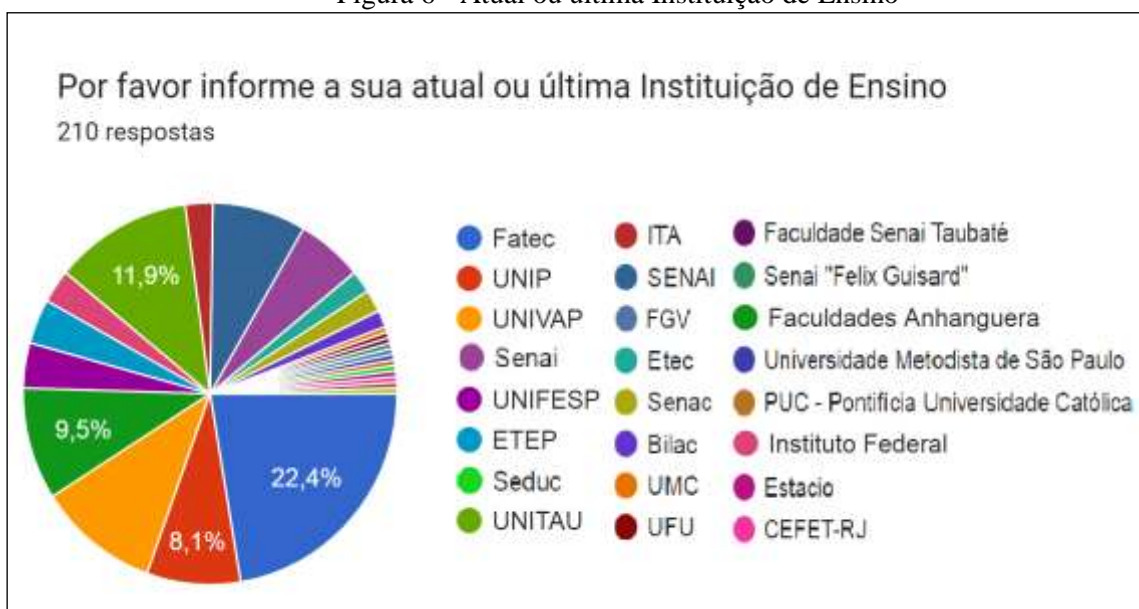
Figura 5 - Se os voluntários atuam como estudante, docente ou egressos



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A terceira questão tratou da amplitude e população de outras Instituições de ensino públicas e particulares na região conforme ilustra a Figura 6.

Figura 6 - Atual ou última Instituição de Ensino



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A quarta pergunta questionou se os respondentes conheciam ou usavam o repositório digital como o *github*. 84,7% dos respondentes disseram que nunca ouviram falar (49,5%) e (35,2%) nunca utilizaram, conforme Figura 7.

Figura 7 - Usou algum repositório digital como o *github*



Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

4.1 - Criação de um Template para cursos de Gestão utilizando o *github*.

A Figura 8 ilustra os comandos utilizados na criação do template para o repositório digital.

Figura 8 - Tela de comando

```
# SUMÁRIO
Arrumar de acordo com a estrutura do seu projeto

[1. INTRODUÇÃO](#1-introdução)
- [1.1. Objetivo do Trabalho](#11-objetivo-do-trabalho)
- [1.2. Conteúdo do Trabalho](#12-conteúdo-do-trabalho)
- [1.3. Etapas do Trabalho e Cronograma de Atividades](#13-etapas-do-trabalho-e-cronograma-de-atividades)

[2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA](#2-fundamentação-teórica)
- [2.1. Título da seção](#21-título-da-seção)
- [2.2. Título da seção](#22-título-da-seção)
- [2.3. Título da seção](#23-título-da-seção)

[3. MATERIAIS E MÉTODOS](#sumário)
- [3.1. Título da seção](#31-título-da-seção)

[4. RESULTADOS E DISCUSSÕES](#sumário)

[5. CONSIDERAÇÕES FINAIS](#5-considerações-finais)

[REFERÊNCIAS](#referências)

[ANEXOS](#anexos)
```

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

A Figura 9 ilustra a exibição do repositório digital após sua conclusão.

Figura 9 - Template exibição

The image shows a GitHub repository interface for a template titled 'Template para Trabalho de Gradação'. The repository is owned by 'AndreLuizRibeiro' and has 6 commits. The file list includes 'documento', 'imagem', and 'README.md'. The main content area displays the 'README.md' file, which contains the following text:

TRABALHO DE GRADUAÇÃO

Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.

Título:

Colocar aqui o título do TG

Nome do aluno:

Colocar aqui o nome

Orientador:

Colocar aqui o nome

SUMÁRIO

Arrumar de acordo com a estrutura do seu projeto

1. INTRODUÇÃO
 - 1.1. Objetivo do Trabalho
 - 1.2. Conteúdo do Trabalho
 - 1.3. Etapas do Trabalho e Cronograma de Atividades
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA
 - 2.1. Título da seção
 - 2.2. Título da seção
 - 2.3. Título da seção
3. MATERIAIS E MÉTODOS
 - 3.1. Título da seção
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERÊNCIAS

ANEXOS

The right sidebar shows repository statistics: 0 stars, 1 watching, and 0 forks. It also includes sections for 'Releases' (No releases published) and 'Packages' (No packages published).

Fonte: Elaborado pelos Autores (2023).

V. CONCLUSÃO

A pesquisa bibliográfica realizada na plataforma *Scopus* e *Web of Science* de diversos autores, está longe de encerrar ou definir o tema. Os resultados encontrados,

através de uma pesquisa com 210 voluntários, revelam que a divulgação de um repositório digital é importante principalmente para cursos fora do eixo de tecnologia da informação.

Os achados indicam que há campo para vários educadores usarem o *github* em ambientes respeitando o tamanho da turma, tipo de curso e mentalidade ágil.

A contribuição desta pesquisa está na divulgação de como o *github* está sendo usado em contextos educacionais para hospedar conteúdo e recursos na educação, iniciando assim o desenvolvimento partindo de um *template* elaborado no *github*.

Conclui-se que o *github* é frequentemente descrito como uma rede social para desenvolvedores, o que é verdade em parte, pois os cursos de Gestão ou fora do eixo da tecnologia da informação, podem usá-lo como ferramenta para trabalhar nos projetos e agrupar pessoas, baseadas em entrega de produto, tecnologias de apoio e especificidades, aliado a uma metodologia ágil. Como trabalho futuro, pretende-se ampliar o tamanho da amostra e modificar algumas questões do formulário.

VI. REFERÊNCIAS

COSTA, J. C. L.; MOURA, R. A. Aprendizagem com solução de problemas reais para aprimoramento discente na injunção socioprofissional. **III Fórum de Metodologias Ativas**. 2021. ISSN 2763-5333. www.forumdemetodologiasativas.cps.sp.gov.br

CRAWLEY, E. F.; JOHAN M.; SÖREN Ö.; DORIS R. B.; KRISTINA E. **Rethinking Engineering Education**. The CDIO Approach 2nd Edition. Springer. ISBN 978-3-319-05560-2 ISBN 978-3-319-05561-9 (ebook). 2014. Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London. DOI:10.1007/978-3-319-05561-9.

DABBISH, L., STUART, C., TSAY, J., AND HERBSLEB, J. Social coding in github: Transparency and collaboration in na open software repository. In Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work, **CSCW '12**, ACM (New York, NY, USA, 2012), 1277–1286.

ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. (2022). **Vosviewer**. VOSviewer: Visualizing a cientific landscapes. Disponível em: <https://www.vosviewer.com/> . Acesso em 14.jul.2023.

GRIFFIN, T., AND SEALS, S. Github in the classroom: not just for group projects. **J. Comput. Sci. Coll.** 28, 4 (Apr. 2013), 74–74.

GUTHALS, S. **Github for Dummies**. Plataforma GitHub para Leigos. 2023. Edition 2. ISBN 1394159161, 9781394159161, 9781394159178, 9781394159185. Disponível em: <http://gen.lib.rus.ec/book/index.php?md5=D8C42A8D0BDAE4F86D1FD02E4E70ED22> Acesso em 21.jun.2023.

JOHNSTON, LISA R. 2017. **Curating Research Data**, Volume One_Practical Strategies for Your Digital Repository-American Library Association (ALA) (2017). Series: Association of College and Research Libraries. Publisher: American Library Association (ALA), Year: 2017. ISBN: 083898858X - 9780838988589

MARGARET, Rouse. (2018). **Millennials or Generation Y**. Available in: <http://whatis.techtarget.com/definition/millennials-millennial-generation> Acesso 9.06.2023

MOURA, R. A.; MARQUES, D. J. R.; COSTA, J. C. L.; SILVA, M. B. A urbanidade da higiene ocupacional na era digital e o negacionismo social da antecipação e prevenção. 2021. **Revista Sodebras [on-line]**. vol. 16. n° 184, pp 29-33. maio/2021. ISSN 1809-3957. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.184.29>

- MOURA, R.; RICETTO, M.; LUCHE, D.; TOZI, L. AND SILVA, M. (2022). **New Professional Competencies and Skills Learning towards Industry 4.0**. In Proceedings of the 14th International Conference on Computer Supported Education – Volume 2: CSEDU. ISBN: 978-989-758-562-3, pp. 622-630. ISSN 2184-5026. DOI: <http://dx.doi.org/10.5220/0011047300003182>
- NOPRIANTO, V. ; WIJAYANINGRUM, N.; LESTARI, V. A. Jupyter lab platform-based interactive learning. 2022. **International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)**, Malang, Indonesia, 2022, pp. 295-301, DOI: 10.1109/IEIT56384.2022.9967857.
- RAHMAN, TAJMILUR & FREZZA, STEPHEN. (2021). **A study on the impact of using industry standard tools and practice on software engineering courses project**. DOI: 10.18260/1-2--36617.
- RAHMAN, T.; NWOKEJI, J.; MATOVU, R.; FREZZA, S. 2023. **Project based learning: A study on the impact of IST&P on the computer science students learning and engagement**. In Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 2 (SIGCSE 2023). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 1386. DOI: 10.1145/3545947.3576331
- REQUIES, J.; AGIRRE, I.; BARRIO, V. L.; GRAELLS, M. (2018). Evolution of project-based learning in small groups in environmental engineering courses. **Journal of Technology and Science Education**. vol. 8, no. 1, pp. 45-62, 2018. DOI: 10.3926/jotse.318.
- ROHRBECK, R.; SCHWARZ, J. O. (2013). **The value contribution of strategic foresight: insights from an empirical study of large european companies**. Technological forecasting and Social Change. 80. DOI: 10.1016/j.techfore.2013.01.004
- SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. ISBN: 9788572839785, 1ªEd. Editora Edipro, 2016.
- SILVA, F. G.; LESSA, M. S. B.; LOPES, N. L.; CHAVEZ, C. V. F. (2020). **Teaching UML Models with FLOSS Project**. Proceedings of the 34th Brazilian symposium on Software Engineering, (). DOI:10.1145/3422392.3422491
- STEFANA, E.; MARCIANO, F.; ROSSI, D.; COCCA, P.; TOMASONI, G. (2021). **Wearable devices for ergonomics: a systematic literature review**. Sensors. 21. 777. DOI: 10.3390/s21030777
- WALTHER J; BREWER M. A.; SOCHACKA N. W.; MILLER, S. E. Empathy and engineering formation. **J Eng Educ**. 2020; 109:11–33. <https://doi.org/10.1002/jee.20301>
- WROBEL-LACHOWSKA, M., WISNIEWSKI, Z., POLAK-SOPINSKA, A., LACHOWSKI, R. (2017). ICT in Logistics as a challenge for mature workers. knowledge management role in information society. **Advances in Social & Occupational Ergonomics**, 171–178. DOI:10.1007/978-3-319-60828-0_18
- WU, Y.; KROPCZYNSKI, J.; SHIH, P. C.; CARROLL, J. M. Exploring the ecosystem of software developers on github and other platforms. In Proceedings of the Companion Publication of the 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & #38; Social Computing, **CSCW Companion '14**, ACM (NY, USA, 2014), 265–268.
- ZAGALSKY, A.; FELICIANO, J.; STOREY, M.; ZHAO, Y.; WANG, W. (2015). [ACM Press the 18th ACM Conference - Vancouver, BC, Canada (2015.03.14-2015.03.18)] Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work &

Social Computing - **CSCW '15** - The Emergence of GitHub as a Collaborative Platform for Education. , (), 1906–1917. DOI:10.1145/2675133.2675284

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

TUTORES DIGITAIS: UMA NOVA ERA NA EDUCAÇÃO DO SÉCULO XXI

DIGITAL TUTORS: A NEW ERA IN EDUCATION IN THE 21ST CENTURY

David Lopes Maciel¹
Fabrício Moraes de Almeida²

Resumo – *A tecnologia vem transformando a educação através dos tutores digitais, softwares baseados em Inteligência Artificial que oferecem suporte educacional personalizado aos alunos e até mesmo aos professores. Esses tutores, são aplicáveis desde o ensino básico até o superior, são projetados para ajudar em diversas áreas do conhecimento. Eles oferecem feedback instantâneo e ajusta o nível de complexidade do estudo, fornece recursos extras como exercícios interativos e vídeos. No entanto, inúmeros são os desafios a serem enfrentados para que essa tecnologia obtenha posição de destaque dentro do processo educacional. Este artigo tem por objetivo identificar quais os principais desafios devem ser enfrentados para permitir um maior uso dessa tecnologia no meio acadêmico. A metodologia empregada foi a pesquisa bibliográfica com uma abordagem qualitativa. O resultado da pesquisa aponta para uma crescente utilização dos tutores digitais, apesar das críticas ao seu uso em substituição aos professores nos meios digitais. Em contraponto, artigos mais recentes defendem sua integração ao ensino de forma paulatina. Conclui-se através da pesquisa que o potencial dos tutores digitais para melhorar o desempenho acadêmico e personalizar a educação é grande, entretanto é essencial analisar e enfrentar os desafios reais afim de permitir uma aplicação mais ampla dessa tecnologia.*

Palavras-chave: Tutor Digital. Ensino. Aprendizagem. Educação.

Abstract – *Technology has been transforming education through digital tutors, software based on Artificial Intelligence that offer personalized educational support to students and even teachers. These tutors, applicable from basic to higher education, are designed to help in different areas of knowledge. They offer instant feedback and adjust the level of complexity of the study, provide extra features like interactive exercises and videos. However, there are countless challenges to be faced so that this technology obtains a prominent position within the educational process. This article aims to identify the main challenges that must be faced to*

¹ Master in Master of Science in Emergent Technologies in Education. MUST UNIVERSITY, MUST, EUA, Academic of the Doctoral Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UNIR). Contato: maciel.1000@hotmail.com.

² PhD in Physics (UFC), with post-doctorate in Scientific Regional Development (DCR/CNPq). Software Engineering Specialist (FUNIP). Researcher of the Doctoral and Master Program in Regional Development and Environment (PGDRA/UNIR). Contato: dr.fabriciomoraes001@gmail.com.

allow greater use of this technology in academia. The methodology used was bibliographical research with a qualitative approach. The result of the research points to a growing use of digital tutors, despite criticisms of their use as a substitute for teachers in digital media. In contrast, more recent articles defend its gradual integration into teaching. It is concluded through the research that the potential of digital tutors to improve academic performance and personalize education is great, however it is essential to analyze and face the real challenges in order to allow a broader application of this technology.

Keywords: *Digital Tutor. Teaching. Learning. Education.*

I. INTRODUÇÃO

A tecnologia vem ao longo das últimas décadas incrementando muitas mudanças na área da educação, dentre elas o uso dos tutores digitais vem ganhando mais espaço a cada dia na educação, eles são viabilizados por uma variedade de tecnologias e infraestruturas que trabalham juntas para fornecer uma experiência de aprendizado personalizado aos seus usuários. Algumas dessas tecnologias incluem: Inteligência Artificial (IA) que se constitui no coração dos tutores digitais, a IA permite a personalização e adaptação às necessidades individuais dos alunos através de algoritmos avançados.

E também, outras tecnologias, tais como, o aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) que permite que os tutores se adaptem e aprendam com o desempenho do aluno, oferecendo suporte mais direcionado, a análise de Dados (*Data Analytics*) que são as coleções e análises de dados sobre o desempenho do aluno, estas permitem o ajuste contínuo no ensino, identificando áreas de necessidade e sucesso.

Já as plataformas de Gestão de Aprendizagem (LMS) são os sistemas que fornecem a infraestrutura necessária para integrar tutores digitais em currículos existentes, permitindo fácil acesso e monitoramento por parte de educadores. Integrado ou não as plataformas, encontram-se as tecnologias de nuvem ou a computação em nuvem que facilita o acesso aos tutores digitais de qualquer lugar, tornando a aprendizagem mais flexível e acessível.

Existem os dispositivos Móveis e Tablets, estes possibilitam a mobilidade e necessitam possuir compatibilidade com diferentes sistemas, permitindo que os alunos acessem os tutores digitais em vários contextos, seja na sala de aula ou em casa. Tem-se ainda os sistemas de Realidade Virtual e Aumentada (VR/AR) onde essas tecnologias podem ser integradas aos tutores digitais para oferecer experiências de aprendizagem imersivas e envolventes. As quais necessitam de cibersegurança a fim de garantir a segurança dos dados, que é fundamental na educação online, e as tecnologias de cibersegurança garantem que as informações dos alunos sejam mantidas seguras e privadas.

Por fim, temos as Redes de Alta Velocidade, com a função de permitir a conectividade essencial para o acesso contínuo aos tutores digitais, e as redes de alta velocidade facilitam uma experiência de aprendizado sem interrupções, além de permitir a colaboração e comunicação através das ferramentas de chat e videoconferência. Essas tecnologias, trabalhando juntas, formam a base que permite que os tutores digitais transformem a educação, tornando-a mais acessível, personalizada e eficaz.

Dessa forma, a integração bem-sucedida dessas tecnologias requer um planejamento cuidadoso e a observação das necessidades e desafios específicos da educação em diferentes contextos, segundo (SOUZA, 2014, p. 10) “inúmeras são as possibilidades que até pouco tempo atrás eram impensáveis, o que torna o desafio de

viabilizar a tecnologia como uma ferramenta essencial no processo ensino-aprendizagem uma tarefa difícil”.

Além disso, os tutores digitais são softwares educacionais projetados para ajudar os alunos em seu processo de aprendizagem, fornecendo suporte personalizado e feedback imediato. Eles são diferentes dos professores tradicionais, pois usam tecnologia de inteligência artificial para personalizar a experiência de aprendizagem de cada aluno, segundo a especialista em educação, Linda Darling-Hammond,

A tecnologia e os contextos de aprendizagem interagem com as características do aluno. Juntos, eles moldam a experiência do aluno e os resultados associados ao uso do digital, esse ecossistema é muito mais complexo do que as concepções binárias de uso da tecnologia que eram comuns no final do século XX (DARLING-HAMMOND, 2014, p. 5).

Segundo (COSTA, 2018), existe um consenso na academia entre os educadores e pesquisadores, sustentando que a educação no século 21 passará por uma transformação total, os métodos de ensino e aprendizagem serão reformulados. A instrução se tornará mais personalizada, e as tecnologias emergentes de comunicação dentre elas os tutores digitais, terão uma presença marcante. Ou seja, haverá um incremento significativo no uso dos tutores digitais nesta e na próxima década, este trabalho buscou na bibliografia disponível identificar quais as principais dificuldades para sua utilização no meio escolar, segundo, (ROCHA, 2018) “uma das maiores dificuldades encontradas no percurso de implantação de uma nova tecnologia advêm principalmente da resistência de professores e até mesmo de gestores que se descobriram tarde demais para as tecnologias iniciadas no século XX”.

Este artigo científico traz um espectro de luz, demonstrando a relevância das tecnologias digitais no cenário da educação contemporânea, especialmente na formação dos educadores, considerando que conhecimento técnico requerido pelo mercado de trabalho e o convívio social exigem dos alunos do século XXI uma formação fundamentada na promoção do aprendizado mediado pelas tecnologias digitais, trata-se, portanto, de otimizar a eficiência do processo de ensino e aprendizagem usando soluções como os tutores digitais.

Portanto, são inúmeros os desafios a serem enfrentados dentro de um processo de implantação de uma nova tecnologia em educação, seja por falta de infraestrutura, seja pelas dificuldades inerente ao próprio sistema educacional adotado, abordaremos no tópico discussão, com maior profundidade essas questões que se configuram em dificuldades a serem enfrentadas no processo de inserção dos tutores digitais no meio educacional.

II. METODOLOGIA

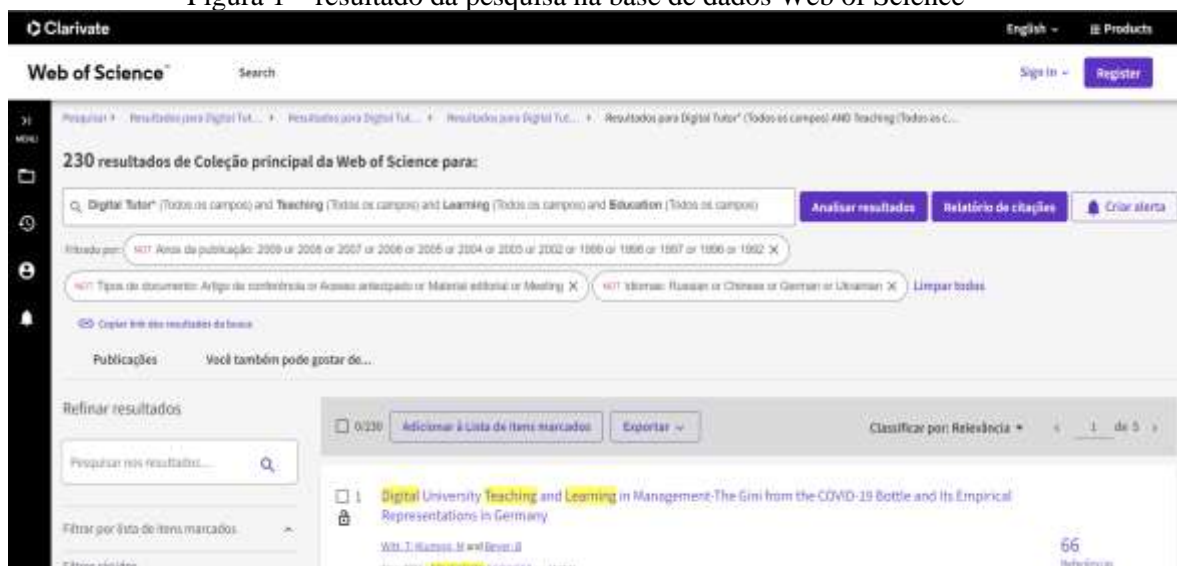
Neste trabalho, a pesquisa fez uso da abordagem qualitativa, descritiva em relação aos objetivos e, sob a perspectiva do delineamento, trata-se de uma pesquisa bibliográfica. A coleta de dados foi realizada na base de dados Web of Science, onde foram encontrados inicialmente 670 artigos indexados, utilizando as seguintes palavras chaves: Tutor digital. Ensino. Aprendizagem. Educação, em segundo momento foram aplicados filtros para manter apenas os artigos de referências citadas enriquecidas, acesso aberto e artigos de revisão, o que resultou em uma redução de 107 artigos.

Um novo filtro foi implementado na pesquisa onde foram mantidos apenas as Áreas de estudos: Educação e Pesquisa Educacional, Pesquisa e educação remota, Interação Homem-Computador, Visão Computacional e Gráficos, Computação distribuída e em tempo real, Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina.

Em seguida foram selecionados apenas os artigos nas línguas Inglesa, espanhol e Portuguesa, reduzindo o número de artigos encontrados para 230, dos quais foram selecionados os 50 artigos com maior número de citação para leitura do resumo, após essa etapa observou-se a necessidade de complementariedade do conteúdo, pois apenas 5 deles tratavam do tema proposto, eles encontram-se citados no corpo do texto.

Para fortalecer análise na pesquisa, com foco no arcabouço bibliográfico, necessário para atingir o objetivo do trabalho proposto, foram realizadas novas pesquisas em sites e no acervo físico da biblioteca da Universidade Federal de Rondônia, os achados constam igualmente citados. A figura 01 mostra o resultado da pesquisa na base da WS.

Figura 1 – resultado da pesquisa na base de dados Web of Science



Fonte: autores, 2023

Já na análise dos dados coletados nas publicações, observou-se uma escassez de estudos relacionados diretamente ao objetivo do estudo, muito se pesquisa sobre as tecnologias emergentes em educação, entretanto no tocante as dificuldades para implementá-las ainda existe uma carência de estudos.

III. DISCUSSÃO

No contexto da educação contemporânea, destaca-se a importância da abordagem construtivista, que enfatiza a construção ativa do conhecimento pelo aluno, em oposição à visão behaviorista de aprendizagem como resposta a estímulos externos, essa visão é apoiada por (MAYER, 1995) que reconhece a influência das tecnologias de aprendizagem online na concepção da aprendizagem. O autor, explica que através do uso de diferentes tecnologias, como computadores e mídias interativas, o potencial educacional é ampliado, permitindo a entrega de conteúdo rico em gráficos, interatividade e localização geográfica.

No entanto, o autor ressalta que o uso da tecnologia em si não garante a aprendizagem e destaca a importância de abordagens centradas no aluno e na construção do conhecimento, o que é possível através do uso de tutores digitais. Os avanços nas pesquisas sobre como as pessoas aprendem e como a tecnologia pode apoiar a aprendizagem, são discutidos com base em estudos sobre a construção de esquemas, desenvolvimento cognitivo e teorias da aprendizagem.

Quanto a preparação e desenvolvimento profissional dos professores, segundo (ERIC, 2012) em seu artigo “ *The Distribution of Teacher Quality and Implications for Policy*” o autor observa que embora a qualidade dos professores seja frequentemente considerada um determinante crucial para a aprendizagem dos alunos, as pesquisas mostram que as características observáveis, como educação e experiência, têm pouco impacto na variação dos resultados dos testes aplicados aos discentes. Se de um lado, este fato levanta questões sobre a eficácia dessas características como medidas da qualidade do professor.

Por outro lado, as políticas educacionais têm se concentrado cada vez mais nos resultados dos alunos, levando as abordagens como a análise de valor agregado, que se concentra na relação direta entre os professores e os resultados dos alunos. No entanto, essa abordagem tem limitações na definição de um professor eficaz e não considera características específicas dos professores.

Já o autor (TIM, 2014), discute a importância de medir a eficácia do ensino por meio de abordagens voluntárias e destaca a análise de valor agregado no processo de ensino como uma estratégia promissora para avaliar a contribuição dos professores no desempenho dos alunos em todos os níveis do ensino.

E segundo Raj Chetty, em seu artigo “*The Long-Term Impacts of Teachers: Teacher Value-Added and Student Outcomes in Adulthood*” ele e sua equipe, demonstraram que os professores têm um valor econômico substancial e que os impactos nas pontuações dos testes são úteis para identificar professores de alta qualidade. Essas descobertas são importantes para o desenvolvimento de políticas educacionais que buscam melhorar a qualidade do ensino e reduzir as disparidades no acesso a professores eficazes (RAJ CHETTY, 2012).

Assim, as políticas e a formação docente, vem de encontro a equidade educacional que se refere à ideia de proporcionar a todos os estudantes igualdade de oportunidades e acesso a uma educação de qualidade, independentemente de sua origem socioeconômica, etnia, gênero ou outras características pessoais. O objetivo da equidade educacional é garantir que todos os alunos tenham as mesmas chances de sucesso acadêmico e desenvolvimento pessoal, independentemente de suas circunstâncias individuais.

Por conseguinte, a equidade educacional é um tema antigo e ainda atual, segundo Dewey em seu livro “*Democracia e Educação*”, publicada em 1916, o autor lança as bases para a discussão da temática, muito embora o livro não seja focado especificamente na temática o argumenta é que a educação deve ser vista como um processo democrático e que todas os seres humanos têm direito a uma educação de qualidade que atenda às suas necessidades individuais. Ele enfatiza a importância de uma educação inclusiva, que promova a participação ativa dos estudantes e os preparem para se envolverem plenamente na sociedade (JOHN DEWEY, 1916).

Desta forma, a avaliação pode levar em consideração vários indicadores, como resultados acadêmicos dos alunos, taxas de conclusão, equidade no acesso à educação, qualidade dos professores, recursos educacionais disponíveis, entre outros. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Que realiza anualmente o PISA “Programa Internacional de Avaliação de Alunos” que busca medir o desempenho dos alunos em habilidades essenciais, como leitura, matemática e ciências. Além de avaliar os estudantes, o relatório PISA também analisa o desempenho dos sistemas escolares em diferentes países, permitindo comparações e análises de políticas educacionais.

Em 2015, com base no PISA, a OCDE lança uma série de relatórios onde reconhece a importância das tecnologias da informação e comunicação (TIC) muito embora as limitações de acesso as essas tecnologias ainda se apresenta como uma das

maiores restrições, o relatório destaca vários outros desafios para alavancar a tecnologia na educação. O impacto analisado há época era limitado devido a fatores como superestimação de habilidades digitais, políticas insatisfatórias, falta de compreensão pedagógica e software educacional de baixa qualidade.

Atualmente, observa-se que a complexa relação entre alunos, computadores e aprendizado requer mais exploração. No entanto, os resultados não devem nos desencorajar. A tecnologia pode expandir o acesso ao conhecimento, fornecer materiais atualizados, permitir a colaboração, apoiar novas pedagogias e aprimorar o aprendizado experimental. (OCDE, 2015).

Diversas pesquisas científicas sobre a aquisição do conhecimento abrangem diversas áreas, os avanços tecnológicos proporcionam novas perspectivas, permitindo uma reavaliação de questões de longa data relacionadas à aprendizagem. Além disso, surgem novos questionamentos e abordagens para o estudo desse processo, neste contexto a tecnologia dos tutores digitais emergem como uma ferramenta de grande potencial. (PATRICIA, 2019).

Entretanto, os obstáculos que se apresentam frente a implementação dos tutores digitais em larga escala, são inúmeros além dos já citados, temos: (a) Acesso à Tecnologia e Infraestrutura: Em muitas regiões, principalmente em áreas rurais ou economicamente desfavorecidas, o acesso à Internet de alta velocidade na maioria dos casos é limitada; (b) Custos: A implementação de tutores digitais requer investimento em software, hardware e treinamento, o que pode ser proibitivo para algumas instituições; (c) Treinamento e aceitação de Professores: Professores e educadores podem precisar de treinamento extensivo para utilizar efetivamente essas ferramentas, e alguns podem resistir à adoção desta tecnologia na sala de aula; (d) Privacidade e segurança de dados: A proteção de dados dos alunos é uma preocupação significativa, exigindo medidas robustas de segurança e conformidade com as regulamentações; (f) Qualidade e eficácia: Garantir que os tutores digitais sejam de alta qualidade e eficazes em melhorar o aprendizado é um desafio, necessitando de pesquisas e desenvolvimento contínuos; (g) Interoperabilidade com sistemas existentes: Integrar tutores digitais com os sistemas de ensino atuais pode ser tecnicamente complexo e requer planejamento cuidadoso e (h) Preocupações sociais e pedagógicas: Alguns críticos argumentam que a tecnologia pode diminuir a interação humana, que é vital para o aprendizado.

Já no espectro político, as dificuldades podem ser complexas e multifacetadas, requerendo uma abordagem coordenada e colaborativa entre legisladores, educadores, administradores e outras partes interessadas para superá-las. A liderança política e o compromisso com a inovação e a equidade na educação serão fundamentais para enfrentar esses desafios e aproveitar o potencial dos tutores digitais. São pontos de observação que apresentam relevância no contexto político: (a) Falta de financiamento: Políticas de orçamento restritivo podem limitar os fundos disponíveis para investir em tecnologia educacional, incluindo tutores digitais; (b) Desigualdade na distribuição de Recursos: Políticas que não abordam adequadamente a distribuição equitativa de recursos tecnológicos podem criar disparidades no acesso entre diferentes regiões e grupos socioeconômicos; (c) Regulação e conformidade: A falta de regulamentação clara ou regulamentos excessivamente restritivos pode criar obstáculos à implementação e utilização eficaz de tutores digitais; (d) Resistência política: A oposição de grupos políticos ou sindicatos de professores que veem a tecnologia como uma ameaça a empregos ou tradições educacionais estabelecidas pode dificultar a adoção de tutores digitais; (e) Prioridades políticas competitivas: A educação pode competir com outras áreas, como saúde e infraestrutura, por atenção e recursos políticos, limitando a capacidade de focar na inovação educacional; (f) Questões de privacidade e segurança: A

necessidade de proteger a privacidade dos estudantes pode levar a restrições políticas que dificultam a implementação eficaz de soluções apoiada em IA e análise de dados; (g) Políticas de licenciamento e propriedade intelectual: Questões relacionadas ao licenciamento de software e propriedade intelectual podem criar barreiras legais e políticas para a adoção de tutores digitais; e (h) Políticas globais e internacionais: Em um contexto global, as diferenças nas políticas educacionais e tecnológicas entre países podem dificultar a implementação de soluções uniformes em diferentes jurisdições.

Do ponto de vista da pedagogia, as dificuldades podem ser igualmente complexas e multifacetadas, requerendo além dos tópicos supracitados uma abordagem que busque solucionar os seguintes problemas: (a) Adaptação às Necessidades Individuais: Criar tutores digitais que possam adaptar-se às necessidades individuais de aprendizagem e aos diferentes estilos de aprendizagem dos alunos; (b) Integração com o Currículo Existente: Encontrar formas de integrar tutores digitais no currículo existente, de modo que complementem, em vez de substituir, os métodos de ensino tradicionais, pode ser desafiador; (c) Capacitação dos Educadores: Os professores precisam ser treinados não apenas para usar a tecnologia, mas também para integrá-la de maneira eficaz em suas práticas pedagógicas. A resistência e a falta de habilidades necessárias podem ser uma barreira; (d) Avaliação de Qualidade: Determinar como avaliar a qualidade e a eficácia dos tutores digitais em promover o aprendizado real requer uma compreensão profunda da pedagogia; (e) Relação Aluno-Professor: Manter a relação vital aluno-professor em um ambiente onde os tutores digitais desempenham um papel importante pode exigir uma abordagem pedagógica cuidadosa; (f) Foco nas Habilidades Sociais e Emocionais: Ensinar habilidades sociais e emocionais através de tutores digitais pode ser mais desafiador do que ensinar conteúdo acadêmico, exigindo novas abordagens pedagógicas; (g) Acessibilidade e Inclusão: Garantir que os tutores digitais sejam acessíveis a todos os alunos, incluindo aqueles com necessidades especiais, requer consideração cuidadosa e design inclusivo; (h) Dependência da Tecnologia: Encontrar o equilíbrio certo entre a tecnologia e os métodos de ensino tradicionais para evitar uma dependência excessiva dos tutores digitais é uma preocupação pedagógica; (i) Ética e Valores: A implementação de tutores digitais deve ser alinhada com os valores éticos e morais da comunidade educacional, garantindo que a tecnologia seja usada de maneira responsável e justa; e (j) Avaliação e Feedback: A avaliação eficaz do progresso do aluno e a provisão de feedback significativo em um ambiente com tutores digitais podem ser complexas.

Consequentemente, superar as dificuldades associadas à implementação de tutores digitais no ensino não é uma tarefa fácil, considerando o volume e a complexidade destas dificuldades encontradas.

IV. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa podemos observar que as complexidades inerente ao processo educacional configura-se como obstáculo na implementação de tutores digitais no ensino, de forma geral, nos estudos sobre o processo de aprendizagem e o uso dos tutores digitais, foi possível observar importantes *insights* com perspectiva interdisciplinar em amplo espectro.

As análises dos resultados, destacam a importância do avanço tecnológico e da necessidade de novas pesquisas sobre aprendizagem auxiliadas por tutores digitais, oferecendo novas abordagens e possibilidades de compreensão desse fenômeno complexo. É evidente que a interação entre professor e aluno vem passando por inúmeras alterações nas últimas décadas com o advento das tecnologias de comunicação, entretanto a atividade laboral do professor está longe de ser substituída pela inteligência artificial.

Por conseguinte, os tutores digitais enfrentam inúmeras barreiras para sua implementação de forma adequada ao ensino, dentre as principais supracitadas, é possível observar que a infraestrutura, o acesso à internet, as políticas públicas voltadas ao incremento de novas tecnologias ao processo educacional, configuram-se como as dificuldades mais proeminentes sendo os maiores obstáculos a serem superados em um processo de implantação de tutores digitais.

Assim, as práticas educacionais e políticas educacionais, bem como a qualificação de todo o corpo técnico educacional com ênfase nos professores / facilitadores ainda necessitam de um maior engajamento, outros fatores como a falta de conhecimento específico TI, além dos fatores socioeconômicos, tornam-se obstáculos para uma efetivação da aplicação dos tutores digitais.

Além disso, a necessidade de comunicação efetiva, colaboração e troca de conhecimento entre pesquisadores, educadores e formuladores de políticas é crucial para a melhoria contínua da educação e pode colaborar para o desenvolvimento de instrumentos normativos que venham de encontro aos anseios sociais.

Do ponto de vista cognitivo, um novo conhecimento somente adquire o seu valor quando ele é difundido dentro da comunidade científica e transposto para a sociedade. Isso ocorre porque a produção de conhecimento é um processo social, e é somente através da interação entre o meio acadêmico e a sociedade que novas ideias e descobertas podem ser avaliadas, testadas e integradas ao conhecimento já existente (MICHAEL, 2000).

Portanto, neste contexto, a partir do objetivo de identificar as principais dificuldades para implementação de tutores digitais no ensino, este trabalho buscou contribuir para prática e expansão do conhecimento relacionado com o uso de tutores digitais na educação, que desponta com uso de tecnologia disruptiva. A temática de pesquisa parece ser inesgotável, ou seja, futuras pesquisas em torno de estudos específicos na área do ensino superior e qualificação de docentes através da aplicação dos tutores digitais, devem continuar.

V. REFERÊNCIAS

COSTA, CORIDON F.D. O Ensino de Medicina Frente às Novas Tecnologias. **Revista Sodebras [on line]**. v. 13, n.145, Jan./2018, p.79-82. ISSN 1809-3957. Disponível em: <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N145.pdf>>.

DARLING-HAMMOND, Linda. **Using Technology to Support At-Risk Students' Learning**. Alliance for Excellent Education – Stanford Center for Opportunity Policy in Education (Scope). Chicago, p.20. 2014.

ERIC, A. H. S. G. R. The Distribution of Teacher Quality and Implications for Policy. **Annual Review of Economics**, 20 setembro 2012. 131-157.

JOHN DEWEY. **Democracy and Education**. Tradução de Odofredo Rangel e Anísio Teixeira. 4ª. ed. Nova York: Nova York Editora, v. XXI, 1916.

MAYER, Richard E. Uma teoria generativa do design de livros didáticos: usando ilustrações anotadas para promover a aprendizagem significativa do texto de ciências. **Pesquisa e desenvolvimento em tecnologia educacional**, 1995. 31-43.

MICHAEL, POLANYI. J. Z. A. S. F. THE REPUBLIC OF SCIENCE: ITS POLITICAL AND ECONOMIC THEORY Minerva. **Minerva**, Spring Street, janeiro 2000. 54-73.

OCDE. **Students, Computers and Learning - Making the Connection**. Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Paris, p. 204. 2015.

PATRICIA, K. K. S.-S. L. S. G. D. V. D. **Teaching basic experimental design with an intelligent tutor**. OECD Publishing. Paris, p. 135 - 144. 2019.

RAJ CHETTY, John N. F. E. J. E. R. The Long-Term Impacts of Teachers: Teacher Value-Added and Student Outcomes in Adulthood. **National Bureau of Economic Research**, Massachusetts, janeiro 2012

ROCHA, ROSA M. G. Contribuições das Tecnologias Digitais na Formação de Professores no Polo Universidade Aberta do Brasil. **Revista Sodebras [on line]**, v. 13, n.155, Nov./2018, p. 5-12. Disponível em <<http://www.sodebras.com.br/edicoes/N155.pdf>>

SOUZA, RODRIGO G. O Papel da Alfabetização Científica e Tecnológica no Processo Ensino-Aprendizagem na Educação Básica. **Revista Sodebras [on line]**, v. 10, n. 103. jul./2014, p. 10 - 16. Disponível em: < <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N103.pdf>>.

TIM, Loreman. C. F. U. S. Measuring Indicators of Inclusive Education: A Systematic Review of the Literature. In: LOREMAN, T. **Measuring Indicators of Inclusive Education: A Systematic Review of the Literature**". 14^a. ed. New york: Series Copyright Holder, v. III, 2014. p. 165-18. ISBN 1479-3636. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/publication/acronym/IPIE>. Acesso em: 26, Maio, 2023.

TOLEDO, BRUNO D. S.; LEMOS, KARINA D. D. C.; TOLEDO, MARCOS V. D. S. O Uso de Softwares como Apoio ao Processo de Aprendizagem em uma Instituição de Ensino Público Federal. **Revista Sodebras [on line]**, v. 13, n. 156, Dez./2018, p. 6-12. Disponível em: < <http://www.sodebras.com.br/edicoes/N156.pdf>>.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluso no artigo.

Área: Ciências Agrárias e Biológicas

4-2	<p>TRATAMENTO ODONTOLÓGICO PARA AS PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS SOB ANESTESIA GERAL - REVISÃO DE LITERATURA</p> <p>DENTAL TREATMENT FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS UNDER GENERAL ANESTHESIA - LITERATURE REVIEW</p> <p>Adriana Zawadzki de Quadros; Giselle Emilãine da Silva Reis; Yasmine Mendes Pupo</p>
5-1	<p>IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO CALCÍTICO NOS COMPONENTES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO CÂRTAMO</p> <p>IMPACT OF DIFFERENT LEVELS OF CALCITIC LIME ON AGRONOMIC COMPONENTS OF SAFFLOWER CROP</p> <p>Marinez Carpiski Sampaio; Paulo Sérgio Rabello de Oliveira; Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego; Lucas da Silveira; Reginaldo Ferreira Santos; Andersson Barison</p>
5-1	<p>ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA NA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE LINHO OLEAGINOSO ASSOCIADO A DOSES DE NITROGÊNIO</p> <p>VEGETATION INDEX BY NORMALIZED DIFFERENCE IN THE EVALUATION OF OLEAGINAL FLAX GROWTH ASSOCIATED WITH NITROGEN DOSES</p> <p>Bruna Regina Carvalho Pinto; Diego Nicolau Follmann; Guilherme Bergeijer da Rosa; Emílio Damm dos Santos; Anderson Crestani Pereira; Alessandro Dal'Col Lúcio</p>
5-1	<p>PROPRIEDADES FUNGICIDAS E ANTIOXIDANTES DE Schinus terebinthifolia Raddi PARA O CONTROLE DE FUNGOS ASSOCIADOS A SEMENTES</p> <p>FUNGICIDAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF Schinus terebinthifolia Raddi FOR THE CONTROL OF SEED-ASSOCIATED FUNGI</p> <p>Juliana Trindade Lima; Antonio Fernando de Souza; Hildegardo Seibert França</p>
5-3	<p>GERMINATION OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO TREATMENT WITH NUTRITIONAL COMPLEX</p> <p>GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO TRATAMENTO COM COMPLEXO NUTRICIONAL</p> <p>Emmanuel Zullo Godinho; Ricardo Marques Barreiros; Meirielei Nunes Beladeli; Camilly Rafaela Floriano; Matheus Augusto Santos Antoniazzi</p>
5-5	<p>OCORRÊNCIA DE HELMINTOS EM VACAS LEITEIRAS DA REGIÃO DO OESTE GOIANO</p> <p>OCCURRENCE OF HELMINTHS IN DAIRY COWS IN THE WEST GOIANO REGION</p> <p>Maria Clara Oliveira Costa; Osvaldo José da Silveira Neto; Carlos Eduardo Emídio da Silva; Luíz Henrique Batista Margarida</p>

TRATAMENTO ODONTOLÓGICO PARA AS PESSOAS COM NECESSIDADES ESPECIAIS SOB ANESTESIA GERAL - REVISÃO DE LITERATURA

DENTAL TREATMENT FOR PEOPLE WITH SPECIAL NEEDS UNDER GENERAL ANESTHESIA - LITERATURE REVIEW

Adriana Zawadzki de Quadros¹
Giselle Emilãine da Silva Reis²
Yasmine Mendes Pupo³

Resumo – *O atendimento odontológico sob anestesia geral possibilita prestar o cuidado adequado para as pessoas com necessidades especiais que não permitem o atendimento ambulatorial. O objetivo desta revisão da literatura foi avaliar as indicações, as principais características do perfil e os tratamentos realizados na pessoa com necessidades especiais no tratamento odontológico sob anestesia geral. A revisão bibliográfica foi realizada com termos específicos no período de 2012 a 2022 e os resumos foram avaliados. O atendimento sob anestesia geral teve como principal indicação o comportamento não colaborador, do sexo masculino, adultos, e diagnosticadas com fobia, transtorno mental e distúrbios neurológicos. Apesar da tendência para maior número de exodontias, um grande número de procedimentos restauradores foi realizado sob anestesia geral. O conhecimento do perfil da pessoa com necessidade especial direciona o planejamento adequado e a necessidade de muitos procedimentos odontológicos sugere a necessidade de intervenção odontológica precoce.*

Palavras-chave: *Necessidades Especiais. Anestesia Geral. Odontologia.*

Abstract - *Dentistry in general anesthesia provides adequate care for people with special needs that do not allow dental office care. The aim of this literature review was to evaluate the indications, the main profile characteristics and the procedures performed in people with*

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Odontologia, Mestrado, da Universidade Federal do Paraná (UFPR); Especialista em Odontologia para Pacientes com Necessidades Especiais pela Associação Brasileira de Odontologia de Ponta Grossa-PR. Contato: adri.isa2@outlook.com.br.

² Discente do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Odontologia, Mestrado, da Universidade Federal do Paraná (UFPR); Especialista em Odontologia para Pacientes com Necessidades Especiais pela Associação Brasileira de Odontologia de Ponta Grossa-PR. Contato: adri.isa2@outlook.com.br.

³ Professora Adjunto do Curso de Odontologia da UFPR – Disciplinas: Pacientes com Necessidades Especiais em Odontologia, Prótese Parcial Removível e Clínica Integrada; Professora do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Odontologia da UFPR; Doutorado e Mestrado em Odontologia, área de Dentística – UEPG; Pós-Doutorado no Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Odontologia – UEPG; Especialista em Dentística, Prótese Dentária e Disfunção Temporomandibular e Dor Orofacial. Contato: yasmine.pupo@ufpr.br.

special needs in general anesthesia. The review was carried out with specific terms from 2012 to 2022 and the abstracts were evaluated. The main indication to general anesthesia was the non-collaborative behavior of males, adults and people diagnosed with phobias, mental disorders and neurological disorders. Despite the tendency in the literature for a greater number of dental extractions in general anesthesia, a large number of restorative procedures were performed. Knowledge of the profile of the person with special needs directs adequate care planning and the need for many dental procedures suggest early dental intervention.

Keywords: *Special Needs. General Anesthesia. Dentistry.*

I. INTRODUÇÃO

Pessoas com necessidades especiais (PNEs) tendem a apresentar mais problemas de saúde bucal e enfrentam mais barreiras para acessar os serviços de odontologia quando comparadas à população em geral (DA ROSA *et al.*, 2020), e demandam mais tratamentos odontológicos (SCHNABL *et. al.*, 2021). Um dos desafios principais para o atendimento ambulatorial é prestar o cuidado adequado para aqueles pacientes não colaboradores, muitas vezes por falta de entendimento bem como pelo nível de ansiedade elevado (LIM & BORROMEO, 2019).

A anestesia geral (AG) é um procedimento relativamente seguro e amplamente descrito como uma modalidade para o tratamento de PNEs que proporciona uma perda de consciência induzida por drogas, durante a qual o paciente não é despertável nem mesmo por estímulos dolorosos, não mantém a função ventilatória independente e precisa de assistência para manter uma via aérea patente, além de exigir ventilação com pressão positiva. A AG deveria ser considerada como último recurso viável para controlar o comportamento das pessoas com necessidades especiais, exceto quando apresentam doenças sistêmicas graves com indicação de atendimento urgente devido à dor e/ou tratamento odontológico complexo, (ADA, 2016; MALLINENI & YIU, 2018). O serviço público é responsável pela maioria dos atendimentos odontológicos realizados sob a AG. Apesar dos protocolos serem razoavelmente uniformes, há discrepâncias significativas nos protocolos e diretrizes para atendimento odontológico sob a AG entre os países e regiões do mundo (MARINHO *et al.*, 2022). Nos serviços odontológicos especializados pode acontecer o encaminhamento para o atendimento sob anestesia geral, permitindo a realização de tratamentos extensos para pessoas com necessidades graves e fobias (GEDDIS-REGAN *et al.*, 2022). Os modelos de prestação de serviços e os profissionais podem influenciar nos encaminhamentos e acessos ao cuidado, particularmente no uso de serviços domiciliares para adultos funcionalmente dependentes. As diferenças criam a necessidade de considerar as potenciais barreiras de acesso aos cuidados para pessoas com necessidades especiais (LIM, LIBERALI & BORROMEO *et al.*, 2020).

Além de proporcionar o manejo comportamental, a AG possibilita a resolução de vários problemas odontológicos em sessão única, com redução de estresse ao paciente e aos cuidadores e responsáveis, ainda permite o cirurgião dentista realizar trabalhos de qualidade obtendo melhores resultados e viabiliza o diagnóstico em indivíduos que são completamente inacessíveis a qualquer intervenção, devido ao grau severo de comprometimento (SAVANHEIMO *et al.*, 2012; JOCKUSCH *et al.*, 2020). As desvantagens atribuídas a AG são o alto custo, possíveis complicações, riscos trans e pós-operatórios, a obrigatoriedade de ser realizada em ambiente hospitalar e a necessidade do profissional da odontologia ter familiaridade com as indicações clínicas, vantagens e riscos a utilização dessa terapêutica (LIM & BORROMEO, 2017; STAPLETON & NUNN, 2018, MALLINENI e YIU, 2018; KASEMKHUN, SMUTKEEREE, JIRARATTANASOPHA, 2022; MARINHO *et al.*, 2022).

O objetivo desta revisão da literatura foi avaliar as indicações, as principais características do perfil e os tratamentos realizados em pessoas com necessidades especiais durante o tratamento odontológico sob anestesia geral.

II. METODOLOGIA

A revisão da literatura foi realizada por meio de revisão bibliográfica no Medline, Scielo e Science Direct com os seguintes termos para a busca dos artigos: *general anesthesia, special needs, special care, dental treatment*. O resultado da pesquisa considerou as publicações científicas no período de 2012 a 2022. Os resumos dos artigos em inglês ou português foram avaliados considerando sua relevância conforme os objetivos da pesquisa.

III. RESULTADOS

Após a seleção no banco de dados foram utilizados vinte e dois artigos científicos e na Tabela 1 estão relatadas informações dos artigos mais relevantes.

Tabela 1 - Artigos mais relevantes na revisão bibliográfica

Artigos	País	Área do Estudo	Objetivo Principal	Retrospectivo	Amostra Primária	Amostra AG
LARA et al., 2019	Brasil	Público	Perfil dos PNEs	2016 - 2018	504	46
LIMA et al., 2021	Brasil	Público	Perfil dos PNEs	2002 - 2019	385	371
MALLINENI & YIU, 2018	China	Público	Tratamento sob AG	2002 - 2011	275	275
WANG et al., 2015	China	Público	Tratamento sob AG	2012 - 2013	200	200
PECCHILLORET et al., 2021	Espanha	Público	Perfil dos PNEs + Tratamento sob AG	2008 - 2019	111	111
MARINHO et al., 2022	Brasil	Público e Privado	Perfil PNE + Tratamento sob AG	2016 - 2020	100	100
JOCKUSCH et al., 2020	Suíça	Público	Indicação AG	2007 - 2017	456	221
LIM & BORRROMEO, 2017;	Austrália	Público e Privado	Indicação AG	Revisão de Literatura	42	NA
ALOUFI et al., 2022	Arábia Saudita	Público e Privado	Perfil PNE + Tratamento sob AG	2018 - 2020	86	86
NOBRE et al., 2022	Brasil	Público	Indicação AG + Perfil PNE + Tratamento sob AG	2012 - 2018	358	358
KASEMKHUN et al., 2022	Tailândia	Privado	Perfil PNE + Tratamento sob AG	2005 - 2019	407	162
KIM et al., 2022	Korea	Público	Perfil dos PNEs	2007 - 2019	116.623	56.308

Legendas: NA = Não Atende; PNEs = Pessoas com Necessidades Especiais; AG= Anestesia Geral.

Diversas técnicas de manejo comportamental e adaptações podem ser necessárias para as pessoas com necessidades especiais durante o atendimento odontológico ambulatorial. As severas dificuldades e limitações apresentadas por este grupo da população, a incapacidade de cooperação devido a desordens físicas, mentais, psicológicas, emocionais, médicas, ou a recomendação de tratamentos extensos ou procedimentos complexos, podem indicar a necessidade de tratamento odontológico sob sedação ou anestesia geral (LIM & BORRROMEO, 2017; MCGEOWN, STAPLETON & NUNN, 2018; JOCKUSCH *et al.*, 2020; KIM *et al.*, 2022).

Na literatura científica muitos estudos têm identificado o comportamento não colaborador das pessoas com necessidades especiais como indicador significativo para

atendimento odontológico sob AG (ÖZKAN *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2015; ALI *et al.*, 2016; LIM & BORROMEO, 2017; JOCKUSCH *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2021; KASEMKHUN, SMUTKEEREE, JIRARATTANASOPHA, 2022). Entretanto, outros estudos mostraram que a principal indicação para tratamento odontológico sob AG foi a suspeita ou confirmação de dor ou queixas dentárias (SAVANHEIMO *et al.*, 2012; JOCKUSCH *et al.*, 2020).

Apesar da diferença de metodologia dos artigos, as causas mais relatadas de indicações para tratamento odontológico sob AG relacionadas ao diagnóstico médico da pessoa com necessidade especial, foram a fobia, o transtorno mental e os distúrbios neurológicos (SAVANHEIMO *et al.*, 2012; LIM & BORROMEO, 2017; JOCKUSCH *et al.*, 2020; MARINHO *et al.*, 2022; KIM *et al.*, 2022; WANG *et al.*, 2015; NOBRE *et al.*, 2022).

Quase a totalidade dos artigos apresentou maior número de pessoas do sexo masculino. Um dos motivos mais frequentes para a prevalência do sexo masculino para tratamento odontológico é a força física, que impede a estabilização adequada necessária para a realização de procedimentos odontológicos ambulatoriais (SANTOS *et al.*, 2015; LARA *et al.*, 2019; GEDDIS-REGAN *et al.*, 2022; NOBRE *et al.*, 2022). Somente dois estudos apresentaram maior número de mulheres com necessidades especiais submetidas a intervenção odontológica sob anestesia geral (ÖZKAN *et al.*, 2015 e ALOUFI *et al.*, 2022). A principal explicação de Aloufi *et al.*, (2022) para a o maior número de mulheres serem atendidas sob anestesia geral foi a ansiedade odontológica, que se mostrou como uma das barreiras mais relevantes por reduzir a acessibilidade de pacientes adultos com necessidades especiais para receber tratamento odontológico sob anestesia local. Kim *et al.* (2022) por sua vez relataram que em todas as deficiências analisadas a proporção masculina foi maior, com exceção dos casos de transtorno mental e demência, onde foi maior a proporção feminina.

As abordagens psicológicas adjuvantes devem ser consideradas pelas equipes para as pessoas com necessidades especiais na redução da necessidade de controle farmacológico da ansiedade no atendimento no hospital. Ainda, a administração da AG deve ter uma compreensão dos desafios específicos apresentados por esses pacientes, e os profissionais devem receber treinamento no uso de gerenciamento clínico. Na indução da anestesia, um cuidador ou familiar pode estar presente para dar segurança e apoio quando necessário (GEDDIS-REGAN *et al.*, 2022). As diretrizes para avaliação pré-anestésica de pessoas com necessidades especiais são limitadas. Muitas vezes as avaliações são afetadas pela falta de cooperação do paciente e o profissional deve coletar informações apropriadas sobre o histórico médico do paciente de várias fontes (LIM & BORROMEO, 2017).

Os estudos que analisaram a idade dos participantes concluíram que a grande maioria era paciente adulto (SAVANHEIMO *et al.*, 2012; JOCKUSCH *et al.*, 2020; MARINHO *et al.*, 2022; NOBRE *et al.*, 2022). Aqueles com idade mais avançada e com alta experiência de cárie com comportamento definitivamente negativo e numerosas necessidades de tratamento foram mais justificados para anestesia geral (KASEMKHUN, SMUTKEEREE, JIRARATTANASOPHA, 2022).

O tratamento odontológico sob AG muitas vezes parece ser diferente do tratamento odontológico usual. A literatura indica uma tendência para maior número de exodontias ao invés de procedimentos para manutenção e preservação do dente, como por exemplo, a endodontia (ÖZKAN *et al.*, 2015; JOCKUSCH *et al.*, 2020; LIMA *et al.*, 2021; KASEMKHUN *et al.*, 2022). No entanto, às vezes, um grande número de procedimentos restauradores é realizado sob AG. No estudo de Schnabl *et al.*, (2021) na University Clinic of Dental Prosthetics and Restorative Dentistry de Innsbruck, entre janeiro de 2015

a 30 de junho de 2019, foram submetidos a AG programada 233 adultos que revelou que as restaurações constituíram a maior parcela de procedimentos realizados (57%), seguida por extrações dentárias (24%), medidas preventivas (5%), radiografia (5%), endodontia (4%) e periodontia, procedimentos cirúrgicos e outras intervenções (5%). No estudo de Mallineni & Yiu (2018), as taxas de tratamento para procedimentos restauradores realizados para pessoas com necessidades especiais sob AG foram maiores do que todos os outros procedimentos, sendo em sua maioria de natureza restauradora (47%), seguido por exodontias (25%) e procedimentos preventivos (20%). Para Pecci-Lloret *et al.*, (2021) as taxas de tratamento para os procedimentos restauradores realizados sob AG também foram maiores que todos os outros procedimentos (61%) e ainda observaram correlação estatisticamente significativa entre restaurações e exodontias ($p = 0,001$), mostrando que quando uma aumentava a outra diminuía e vice-versa. A terapia pulpar foi pouco utilizada devido aos resultados incertos ao tratar dentes duvidosos ou com prognóstico ruim, levando ao aumento do risco de repetição do tratamento e, portanto, a exodontia se tornou a primeira opção (KASEMKHUN *et al.*, 2022).

No estudo de Marinho *et al.*, (2022), ocorreu uma variação de tratamentos odontológicos para pessoas com necessidades especiais realizada sob AG dependendo dos prestadores de serviço. As pessoas atendidas pelo setor privado foram submetidas predominantemente a restaurações (46%), em comparação aos atendidos em serviços públicos (33%). No geral as exodontias foram os procedimentos mais realizados na AG (86%) principalmente nas pessoas com deficiência intelectual, transtorno do espectro autista e paralisia cerebral. A remoção mecânica profissional da placa (debridamento supragengival e subgengival) foi um procedimento dominante principalmente no grupo do setor público (81%, $p = 0,017$).

IV. CONCLUSÃO

O comportamento não colaborador, a fobia, a suspeita ou confirmação de dor ou queixas dentárias foram as principais indicações para atendimento sob anestesia geral das pessoas com necessidades especiais.

As características mais frequentes do perfil do paciente com necessidade especial encaminhado para atendimento sob anestesia geral foram adultos, do sexo masculino com problemas comportamentais, e diagnóstico médico em sua grande maioria de fobia, transtorno mental ou distúrbios neurológicos.

Os tratamentos odontológicos mais relatados sob anestesia geral foram exodontias e restaurações. Já a terapia pulpar foi o procedimento menos realizado.

Espera-se que os achados desta pesquisa possam colaborar nas decisões, planejamento e ações na assistência as pessoas com necessidades especiais.

V. REFERÊNCIAS

ALI, S. SIMS, C. FOY, S. MCINDOE, A. YATES, R. BROOKE, T. A review of daycase GA services for Special Care patients at University Hospital, Bristol. **Community Dental Health Journal [on line]**. v.33, n.1, Mar./2016, p. 6-8. ISSN 2515-1746. Disponível em: <<https://www.cdjournal.org/issues/33-1-march-2016/687>>. Acesso em 09 abr. 2023.

ALOUFI, Abdullah; ALATAWI, Fawz; HAKEEM, Faisal F; ABED, Hassan. Factors determining the need for general anesthesia to deliver dental treatment for adults with intellectual and developmental disabilities. **Saudi J Anaesth [on line]**. v. 16, n. 1, Jan-Mar. /2022, p. 24-28. ISSN 0975-3125. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8846256/pdf/SJA-16-24.pdf>>. Acesso em 12 mar. 2023.

AMERICAN DENTAL ASSOCIATION - ADA. **Guidelines for the use of sedation and general anesthesia by dentists [on line]**. 2016 . Disponível em: < https://www.ada.org/-/media/project/ada-organization/ada/ada-org/files/resources/research/ada_sedation_use_guidelines.pdf?rev=313932b4f5eb49e491926d4feac00a14&hash=C7C55D7182C639197569D4ED8EDCDDF6 >. Acesso em 09 mar. 2023.

DA ROSA, Saulo V; MOYSÉS, Samuel J; THEIS, Laís C; SOARES, Renata C; MOYSÉS, Simone T; WERNECK, Renata I; ROCHA, Juliana S. Barriers in Access to Dental Services Hindering the Treatment of People with Disabilities: A Systematic Review. **International Journal of Dentistry [on line]**. Jul./2022, p.9074618. ISSN 1687-8736. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7396116/>>. Acesso em 14 mar. 2023.

GEDDIS-REGAN, Andrew R.; GRAY, Deborah; BUCKINGHAM, Sarah; MISRA, Upma; BOYLE, Carole. British Society for Disability and Oral Health. The use of general anaesthesia in special care dentistry: A clinical guideline from the British Society for Disability and Oral Health. **Special Care in Dentistry [on line]**. v.42, n.S1, Jan./2022, p.3-32. ISSN 1754-4505. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/scd.12652>>. Acesso em 15 jan. 2023.

JOCKUSCH, Julia; SOBOTTA, Bernhard A. J.; NITSCHKE, Ina. Outpatient dental care for people with disabilities under general anaesthesia in Switzerland. **BMC Oral Health [on line]**. v.20, n.1, Aug./2020, p.225-238. ISSN 1472-6831. Disponível em: <<file:///C:/Users/adria/Downloads/s12903-020-01203-6.pdf>>. Acesso em 12 mar. 2023.

KASEMKHUN, Pornpailin; SMUTKEEREE, Apiwan; JIRARATTANASOPHA, Varangkanar. A retrospective comparison of dental treatment under general anesthesia versus non-pharmacological approach in patient with special health care needs. **Journal of Dental Sciences [on line]**. v.17, n.3, Jul./2022, p. 1238-1243. ISSN 2213-8862. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9236891/pdf/main.pdf>>. Acesso em 19 mar. 2023.

KIM, Jieun; KIM, Hyuk; SEO, Kwang-Suk; KIM, Hyun Jeong. Analysis of sedation and general anesthesia in patients with special needs in dentistry using the Korean healthcare big data. **J Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine [on line]**. v.22, n.3, Jun./2022, p. 205-216. ISSN 2383-9317. Disponível em: <<https://jdapm.org/DOIx.php?id=10.17245/jdapm.2022.22.3.205>>. Acesso em 19 mar. 2023.

LARA, Lorryanne dos Santos; VIDAL Romualdo Prata; SILVA JUNIOR, Aurélio Rosa da; GARCIA, Cristiane Loreda; VOLPATO, Luiz Evaristo Ricci. Perfil dos pacientes de um centro odontológico de referência para pacientes especiais em Mato Grosso atendidos em ambiente hospitalar. **Revista Odontológica do Brasil Central**. v.28, n.87, Abr. / 2019, p. 240-243. ISSN 1981-3708. Disponível em: <<https://www.robrac.org.br/seer/index.php/ROBRAC/article/view/1359>>. Acesso em 15 jan. 2023.

LIM, Mathew Albert Wei Ting; BORROMEO, Gelsomina Lucia. Oral health of patients with special needs requiring treatment under general anaesthesia. **Journal of Intellectual & Developmental Disability**. v.44, n.3, 2019, p.315-320. ISSN 1744-6309. DOI: <https://doi.org/10.3109/13668250.2018.1477409>>.

LIM, Mathew Albert Wei Ting; BORROMEO, Gelsomina Lucia. The use of general anesthesia to facilitate dental treatment in adult patients with special needs. **Journal of Dental Anesthesia and Pain Medicine [on line]**. v. 17, n.2, Jun./2017, p. 91-103. ISSN 2383-9317. Disponível em: <<https://jdapm.org/DOIX.php?id=10.17245/jdapm.2017.17.2.91>>. Acesso em 12 mar. 2023.

LIMA, Cyntia Paula Oliveira de Souza; COUTO, Graziane Ribeiro; BARROS, Alina Lúcia de Oliveira; GUTIERREZ, Gabriela Mancian de; SANTOS, Maria Teresa Botti Rodrigues. Epidemiological profile of patients with disabilities undergoing dental treatment under general anesthesia. **Revista de Odontologia da UNESP [on line]**. v. 50, n.1, /2021, p. e20210012. ISSN 1807-2577. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1807-2577.01221>>. Acesso em 12 mar. 2023.

MALLINENI, Sreekanth Kumar; YIU Cynthia Kar Y. A Retrospective Audit of Dental Treatment Provided to Special Needs Patients under General Anesthesia During a Ten-Year Period. **The Journal of Clinical Pediatric Dentistry [on line]**. v. 42, n.2, Mar./2018, p. 155-160. ISSN 1557-5268. Disponível em: <<https://www.jocpd.com/articles/10.17796/1053-4628-42.2.13>> Acesso em 01 abr. 2023.

MARINHO, Marcello Alves; RAMOS, Flávia Cristina Teixeira; CARDOSO, Andréa Lanzillotti; SILVA-JUNIOR, Geraldo Oliveira; FARIA, Marcelo Daniel Brito; BASTOS, Luciana Freitas; DZIEDZIC, Arkadiusz; PICCIANI, Bruna Lavinias Sayed. General Anesthesia in Patients with Special Needs Provided by Private and Public Healthcare Services-A Retrospective, Comparative Study. **Healthcare (Basel, Switzerland) [on line]**. v. 10, n.6, Jun./2022, p. 1147. ISSN 2227-9032. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-9032/10/6/1147>> Acesso em 12 mar. 2023.

MCGEOWN, D; STAPLETON, S; NUNN, J. A cost analysis estimation of a single episode of comprehensive dental treatment under general anesthesia for adults with disabilities. **British Dental Journal [on line]**. v. 224, n.6, Mar./2018, p. 442-446. ISSN 476-5373. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/sj.bdj.2018.124>> Acesso em 01 abr. 2023.

NOBRE, Kaio Feitosa; COSTA, Larissa Gadelha; OLIVEIRA, Carlos Augusto Moreira de; BRITO, Edla Helena Salles de; PEQUENO, Lucianna Leite; MARQUES, Paulo Leonardo Ponte; SAMPAIO, Eliane Ferreira; AGUIAR, Dulce Maria de Lucena. Profile of patients with disabilities submitted to dental treatment under general anesthesia. **Research, Society and Development [on line]**. v. 11, n. 8, /2022, p. e42411831058. ISSN 2525-3409. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31058>. Acesso em: 7 mai. 2023.

OHTAWA, Yumi; TSUJINO, Keiichiro; KUBO, Shuhei; IKEDA, Masakazu. Dental treatment for patients with physical or mental disability under general anesthesia at Tokyo Dental College Suidobashi Hospital. **The Bulletin of Tokyo Dental College [on line]**. v. 53, n. 4, /2012, p. 181-7. ISSN 0040-8891. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/31058>. Acesso em: 13 mai. 2023.

ÖZKAN, Ahmet Selim; ERDOGAN, Mehmet ali; ŞANLI, Mukadder; KAÇMAZ, Osman; DURMUS, Mahmu; ÇOLAK, Cemil. Retrospective Evaluation of Dental Treatment under General Anaesthesia. **Turkish Journal of Anaesthesiology and Reanimation [on line]**. v. 43, n.5, Oct. /2015, p. 332-6. ISSN 2667-6370. Disponível em: <> Acesso em 01 mai. 2023.

PECCI-LLORET, Maria Pilar, GUERRERO-GIRONÉS, Julia; LÓPEZ-GONZÁLES, Belén; RODRÍGUEZ-LOZANO, Francisco Javier; ONATE-CABRERIZO, Daniel; ONATE-SÁNCHEZ, Ricardo E; PECCI-LLORET, Miguel R. Dental Treatments under General Anesthesia on Children with Special Health Care Needs Enrolled in the Spanish Dental Care Program. **Journal of Clinical Medicine [on line]**. v. 10, n.2, Jan./2021, p. 182. ISSN 2077-0383. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2077-0383/10/2/182>>. Acesso em 12 mar. 2023.

SANTOS, Jacqueline Silva; VALLE, Déborah Andrade; PALMIER, Andréa Clemente; AMARAL, João Henrique Lara do; ABREU, Mauro Henrique Nogueira Guimarães de. Utilização dos serviços de atendimento odontológico hospitalar sob sedação e/ou anestesia geral por pessoas com necessidades especiais no SUS-MG, Brasil. **Ciência & saúde coletiva [on line]**. v.20, n.2, Fev. /2015, p. 515–24. ISSN 1678-4561. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1413-81232015202.06732014> > Acesso em 09 abr. 2023.

SAVANHEIMO, Nora; SUNDBERG, Sari A; VIRTANEN, Jorma I; VEHKALAHTI. Dental care and treatments provided under general anaesthesia in the Helsinki Public Dental Service. **BMC Oral Health [on line]**. v.12, n.45, Oct. /2012, p. 1–8. ISSN 1472-6831. Disponível em: <<https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1472-6831-12-45#citeas>>. Acesso em 07 abr. 2023.

SCHNABL, Dagmar; OBERHOFER, Michael; BARBIERI, Fabian; LAIMER, Johannes; STEINER, René; BRUCKMOSER, Emanuel; GRUNERT, Ingrid. Medical Diagnoses, Mode of Residence, and Dental Treatment Demand under General Anesthesia in Special Needs Adults in Innsbruck, Austria. A Retrospective Breakdown of Four and a Half Years. **Healthcare (Basel, Switzerland) [on line]**. v.9, n.3, Mar./2021, p. 279. ISSN 2227-9032. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2227-9032/9/3/279>>. Acesso em 09 abr. 2023.

WANG, Yi-Chia; HUANG, Guay-Fen; CHENG, Ya-Jung; CHEN, Hsin-Ming; YANG, Hsiang; LIN, Chun-Pin; HUANG, Hui-Hsun; HUANG, Chi-Hsiang. Analysis of clinical characteristics, dental treatment performed, and postoperative complications of 200 patients treated under general anesthesia in a special needs dental clinic in northern Taiwan. **Journal of Dental Sciences [on line]**. v.10, n.2, Mar./2015, p. 172-175. ISSN 1991-7902. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1991790214000750>>. Acesso em 09 abr. 2023.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a oportunidade da realização do mestrado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Odontologia da Universidade Federal do Paraná.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

IMPACTO DE DIFERENTES DOSES DE CALCÁRIO CALCÍTICO NOS COMPONENTES AGRONÔMICOS DA CULTURA DO CÁRTAMO

IMPACT OF DIFFERENT LEVELS OF CALCITIC LIME ON AGRONOMIC COMPONENTS OF SAFFLOWER CROP

Marinez Carpiski Sampaio¹
Paulo Sérgio Rabello de Oliveira²
Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego³
Lucas da Silveira⁴
Reginaldo Ferreira Santos⁵
Andersson Barison⁶

Resumo – O cultivo do cártamo (*Carthamus tinctorius L.*) tem despertado interesse devido aos seus potenciais no solo brasileiro. No entanto, é notável a carência de estudos científicos abrangentes que investiguem seu manejo adequado. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento do cártamo mediante a aplicação superficial de doses de calcário calcítico. O experimento foi conduzido em um Latossolo Vermelho Distrófico, onde diferentes quantidades de calcário (0, 3, 6 e 9 t ha⁻¹) foram aplicadas na superfície do solo. Foram analisados os efeitos dessas doses em um período de dois anos de cultivo, levando em consideração diferentes aspectos agronômicos. Os resultados obtidos sugerem que as diferentes doses de calcário não apresentaram efeitos significativos na maioria das características agronômicas avaliadas. No entanto, notou-se uma influência mais pronunciada em relação ao ano de cultivo, sendo que o segundo ano apresentou resultados superiores em diversas variáveis. É importante ressaltar que, exceto pela massa seca do caule, que atingiu acúmulo máximo na dose de 6,5 t ha⁻¹, as doses de calcário não demonstraram influência significativa nas características agronômicas do cártamo.

Palavras-chave: Calagem. *Carthamus tinctorius L.* Teor de Óleo.

¹ Doutora em Agronomia (UNIOESTE); Assistência técnica Programa Paraná Mais Orgânico (UNIOESTE). Contato: mari_marinez@hotmail.com.

² Doutor em Agronomia (UNESP); Professor Adjunto D na UNIOESTE. Contato: rabello.oliveira@hotmail.com.

³ Doutor em Agronomia (UNIOESTE); Professor Adjunto A na UFMA; Contato: carlos.moraes@ufma.br.

⁴ Doutor em Agronomia (UNIOESTE). Colaborador junto a Empresa Plantar Agro; Contato: lucassbertolino@gmail.com.

⁵ Doutor em Agronomia (UNESP); Professor Associado C na UNIOESTE. Contato: reginaldo.santos@unioeste.br.

⁶ Doutor em Química (UFSCAR); Professor Associado na UFPR. Contato: anderbarison@gmail.com.

Abstract - The cultivation of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) has aroused interest due to its potential in Brazilian soil. However, the lack of comprehensive scientific studies investigating its proper management is notable. Therefore, this study aimed to evaluate the development of safflower through the superficial application of calcitic limestone doses. The experiment was carried out in an Oxisol, where different amounts of limestone (0, 3, 6 and 9 t ha⁻¹) were applied on the soil surface. The effects of these doses were analyzed over a period of two years of cultivation, taking into account different agronomic aspects. The results obtained suggest that the different doses of lime did not have significant effects on most of the evaluated agronomic traits. However, a more pronounced influence was noted in relation to the year of cultivation, with the second year presenting superior results in several variables. It is important to point out that, except for the dry mass of the stem, which reached maximum accumulation at the dose of 6.5 t ha⁻¹, the limestone rates did not show a significant influence on the agronomic characteristics of safflower.

Keywords: Liming. *Carthamus Tinctorius* L. Oil content.

I. INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura do cártamo (*Carthamus tinctorius* L.) possui baixa expressão econômica, talvez devido à ausência de cultivares com adaptabilidade genética, além de um maior conhecimento técnico-científico que possa promover melhorias em seu manejo (ZANÃO JÚNIOR *et al.*, 2017, 2018). Embora existam pesquisas desenvolvidas que demonstrem a capacidade produtiva da cultura no país (PALUDO *et al.*, 2018; SAMPAIO *et al.*, 2018).

O cártamo pode ser uma alternativa para inserção nos sistemas de produção já consolidados, podendo ser utilizada como opção de rotação de culturas no período de outono-inverno devido à sua característica de ser mais tolerante ao estresse hídrico. Isso a torna interessante tanto para o ramo alimentício quanto para o industrial (SANTOS; BASSEGIO; SILVA, 2017). Além do uso para a produção de óleo, alimentação humana e fins industriais, o cártamo também pode ser utilizado para alimentação animal, podendo ser uma planta forrageira viável e uma opção para produção de silagem de boa qualidade (POSSENTI *et al.*, 2016).

A maioria dos solos brasileiros é naturalmente ácida, e essa acidez é responsável pela degradação química do solo, devido à relativa escassez de cátions, afetando os elementos básicos como cálcio, magnésio, potássio e sódio, além da presença de alumínio trocável (KOCHIAN *et al.*, 2015). Uma forma de intervenção e correção desse problema é a realização da calagem, que busca elevar a saturação por bases do solo ao ponto que favoreça o desenvolvimento da cultura. No caso da cultura do cártamo, estudos indicam uma saturação por bases de 60% para obtenção de seu melhor potencial produtivo (ANICÉSIO *et al.*, 2015).

A calagem é uma das maneiras de promover uma maior disponibilidade de nutrientes para as plantas e aumentar a eficiência da adubação. O desempenho das plantas em relação à tolerância ou sensibilidade às condições de acidez do solo pode variar entre espécies e cultivares (MALAVOLTA, 2006). Bonfim-Silva *et al.* (2016), estudando as características e a diagnose visual de plantas de cártamo sob ausência de macro e micronutrientes, constataram que a falta de cálcio nas plantas de cártamo influencia negativamente o desenvolvimento, impedindo o completo ciclo de cultivo.

Os solos brasileiros são predominantemente ácidos, tornando a prática da calagem indispensável para solucionar um dos maiores obstáculos para o estabelecimento de novos sistemas agrícolas. Nesse sentido, a hipótese do estudo seria que doses elevadas de calcário possam prejudicar o desenvolvimento da cultura do cártamo. O objetivo do trabalho foi avaliar o desenvolvimento das características

agronômicas da cultura do cártamo submetida à aplicação superficial de calcário calcítico.

II. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Localização, clima e solo da área experimental

O presente estudo foi conduzido em condições de campo durante os anos de 2017, 2018 e 2019, na Fazenda Experimental "Professor Antônio Carlos dos Santos Pessoa", pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná. A fazenda está localizada no município de Marechal Cândido Rondon, Estado do Paraná, nas coordenadas 24°31'58.24" S e 54°01'11.08" W, a uma altitude de 390 metros.

Conforme a classificação de Köppen, a região possui um clima do tipo Cfa, caracterizado como mesotérmico úmido subtropical de inverno seco, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e verões quentes (ALVARES et al., 2014). Os dados meteorológicos relativos aos períodos experimentais foram obtidos da Estação Climatológica Automática do Núcleo de Estações Experimentais da UNIOESTE, localizada próxima à área de estudo (Figura 1 e 2).

Figura 1 - Médias em decêndios de precipitação pluviométrica acumulada, temperaturas média, máxima e mínima do ar durante o período de condução experimental para a safra 2017/2018

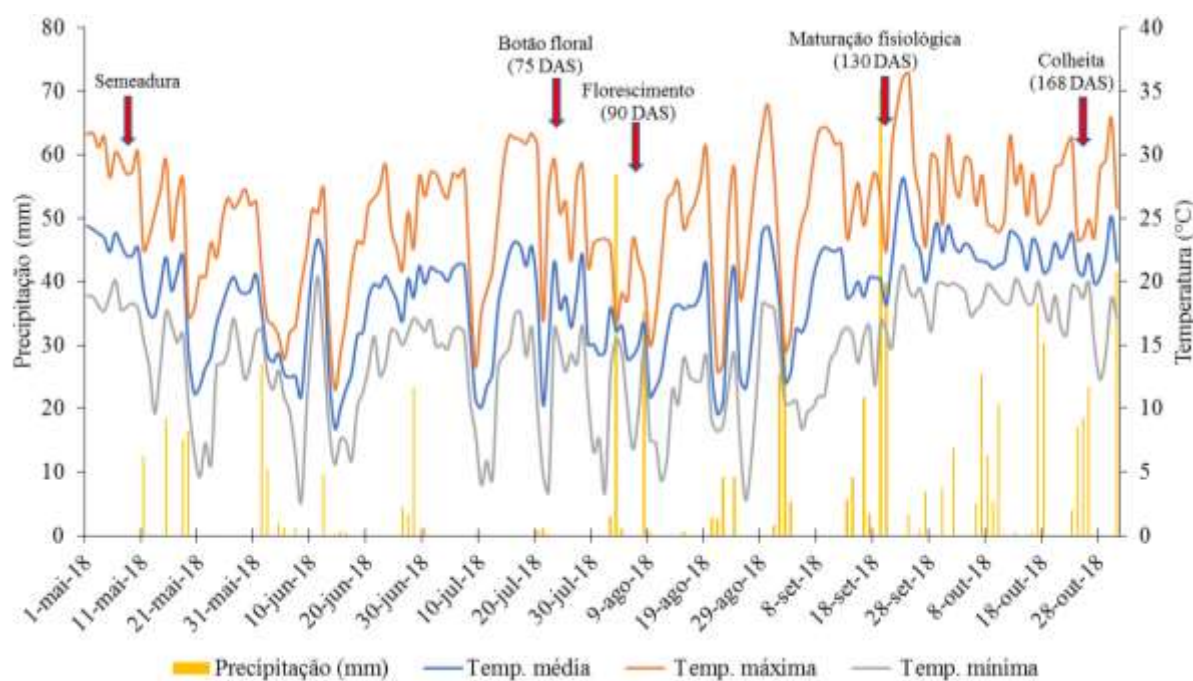
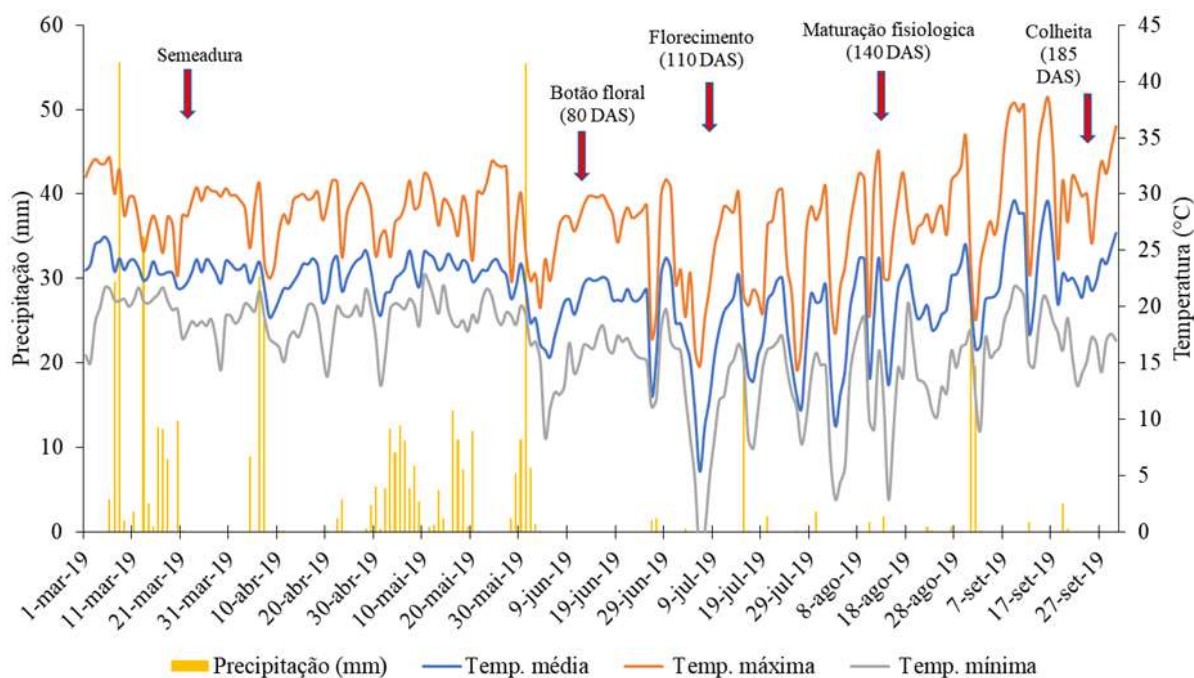


Figura 2 - Médias em decêndios de precipitação pluviométrica acumulada, temperaturas média, máxima e mínima do ar durante o período de condução experimental para a safra 2018/2019



Fonte: UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon – PR.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico (LVef) (SANTOS et al., 2018) e possui textura argilosa, com teor de argila de 585,50 g kg⁻¹ (Tabela 1). A área estava sendo manejada utilizando o sistema de semeadura direta na palha. Antes da implantação do experimento, uma amostra composta de solo foi coletada para fins de caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1 - Atributos químicos e granulométricos do solo do local de realização do experimento antes de sua implantação, na camada de 0-0,20 m

Camada	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC
m	CaCl ₂	mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³						
0-0,20	5,03	34,29	0,44	2,94	1,28	0,15	6,29	4,66	11,35
Camada	V	m	MO	Argila	Silte		Areia		
m	-----%-----		g dm ⁻³	-----g kg ⁻¹ -----					
0-0,20	41,06	3,12	32,81	585,5	361,61		52,79		

P e K – Extrator Mehlich⁻¹; Al, Ca e Mg – Extrator KCl 1 mol L⁻¹; H+Al – pH SMP (7,5).

Fonte: Laboratório de Análise Química Ambiental e Instrumental.

2.2 - Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com oito repetições. Cada parcela experimental possuía dimensões de 7,5 metros de comprimento por 4 metros de largura, totalizando uma área de 30 metros quadrados (30 m²) e uma área total do experimento de 960 metros quadrados (960 m²). Os tratamentos consistiram em diferentes doses de calcário calcítico (48% CaO e 3% MgO), com PRNT de 75%, sendo elas: 0, 3, 6 e 9 toneladas por hectare (t ha⁻¹). Essas doses foram aplicadas somente no momento de estabelecimento dos tratamentos, no dia 10 de maio de 2017, e foram distribuídas sem incorporação mecânica no solo.

Logo em seguida, foi realizada a sementeira da cultura da aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) BRS 139 como planta de cobertura. Após trinta dias, procedeu-se à adubação a lanço com 53 kg ha⁻¹ de nitrogênio, realizada de forma uniforme em toda a área experimental.

2.3 - Sementeira e manejo da cultura

Para a safra de 2018, a sementeira do cártamo foi realizada na primeira quinzena de maio. Houve um atraso na época de sementeira devido à estiagem que ocorreu no período, sendo importante mencionar que a época indicada para a sementeira do cártamo é até a segunda quinzena de março. Já na safra de 2019, a sementeira foi realizada dentro do prazo recomendado, na segunda quinzena de março. Utilizou-se o genótipo IAPAR - Londrina. As sementes foram distribuídas com um espaçamento de 0,50 metros entre as linhas, a uma profundidade de 4 centímetros e a taxa de 20 sementes por metro linear, seguindo o procedimento de pesquisa realizado por Sampaio et al. (2017).

É relevante ressaltar que atualmente não existe uma recomendação técnica estabelecida para o cultivo do cártamo no Brasil. Quanto ao tratamento de sementes, foi utilizada uma mistura dos princípios ativos Piraclostrobina + Tiofanato Metílico + Fipronil e Imidacloprido + Tiodicarbe, na dose de 3 ml por kg de sementes. Para a adubação de base, empregou-se 675 kg ha⁻¹ do formulado comercial 10-15-15 (N, P₂O₅, K₂O). Aproximadamente 40 dias após a emergência das plântulas, realizou-se a adubação de cobertura com 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio, distribuída uniformemente na área.

Ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, foram realizados tratamentos culturais que incluíram aplicações de Tiametoxam + Lambida-Cialotrina na dose de 0,3 L ha⁻¹, visando ao controle de *Diabrotica speciosa*, cuja incidência foi mais acentuada nos estágios de roseta e alongamento do caule.

2.4 - Avaliação dos componentes de produção

Devido à ausência de informações mais precisas sobre os estágios fenológicos do cártamo e devido a desuniformidade na maturação o registro das características agrônômicas foi realizado quando as parcelas apresentavam cerca de 50% das plantas no estágio de florescimento pleno. Foram coletadas 10 plantas da área útil de cada parcela e verificadas as variáveis: diâmetro do caule, com auxílio de um paquímetro digital na região basal do caule, aferindo as unidades em milímetros; número de galhos ou ramificações principais e número de capítulos. Ainda no campo foi mensurada a altura de plantas, com auxílio de uma régua foi aferido da base do caule até o ápice das plantas.

Ao término das avaliações as partes das plantas foram condicionadas separadamente (caule, galhos e capítulos) em sacos de papel e levados ao laboratório e colocados para secar em estufa com ventilação forçada de ar, sob a temperatura de 65°C por cerca de 72 horas e posteriormente pesadas para verificar o peso de massa seca.

Para determinação da produtividade foram coletadas uma área de 1,5 m² quando as plantas se encontravam em plena maturação. As plantas coletadas foram levadas para um galpão pertencente à estação experimental e realizada a debulha manual de todos os capítulos. As sementes foram pesadas e a umidade determinada e corrigida para 13%, e verificada a massa de mil grãos (BRASIL, 2009).

2.5 - Extração e determinação do teor de óleo

A extração do teor de óleo das sementes de cártamo foi realizada com o auxílio de um espectrômetro de ressonância magnética nuclear de baixo campo (TD-NMR),

Bruker Minispec mq-20, equipado com um ímã permanente de 0,47 T (observando o núcleo ^1H a 19,95 MHz) e com uma sonda de diâmetro de canal único de 18 mm. A temperatura do ímã, incluindo a sonda, foi mantida constante a 40°C. Para isso uma curva de calibração contendo seis pontos com diferentes quantidades de óleo de cártamo (10-35% m/m) foi realizada cobrindo o teor médio de óleo de cártamo descrito na literatura (21% m/m). Depois, cerca de 3,0 g de cada amostra de sementes de soja foi transferido para tubos de RMN de 18 mm e submetida a análise TD-RMN e o teor de óleo nas sementes foi determinada representando graficamente a intensidade de sinal em função da curva de calibração. As medições foram realizadas em triplicata com auxílio da sequência de pulso spin-eco que consistia em um pulso de 90°x, seguido por um tempo τ de 3,5 ms, um pulso de 180°y, outro tempo τ , a aquisição e um retardo de reciclagem de 2 s e 16 varreduras.

2.6 - Análise estatística

Inicialmente, os dados foram submetidos a testes para verificar a homogeneidade das variâncias, a distribuição normal, a aditividade e a independência dos erros. Após essa etapa, os dados passaram por uma análise de variância utilizando o teste F (com um nível de significância de $p < 0,05$). A análise foi realizada considerando um experimento conjunto que englobou os anos de cultivo. Nos casos em que houve significância na análise de variância para a fonte de variação "ano", foi aplicado o teste de Tukey (com um nível de significância de $p < 0,05$) para realizar comparações entre as médias. Quando houve significância para a fonte de variação "dose" ou para a interação "dose x ano", foi realizada uma análise de regressão. Todas essas análises estatísticas foram conduzidas utilizando o software de análise de variância SISVAR® (FERREIRA, 2011).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado um efeito significativo na interação entre as doses ao longo dos anos, assim como entre as doses para as variáveis analisadas, exceto no caso da massa seca do caule (Tabela 2). Por outro lado, em relação ao ano de cultivo, foram identificadas diferenças significativas para a maioria das variáveis analisadas.

Tabela 2 - Análise de variância para altura de planta (AP), número de galhos (NG), número de capítulos por planta (NCAP), diâmetro de caule (DC), massa seca de galho (MSG), massa seca de capítulos (MSCAP), massa seca de caule (MSC), massa de mil grãos (MMG), produtividade por hectare (PROD) e teor de óleo (ÓLEO)

FV	GL	AP	NG	NCAP	DC	MSG	MSCAP	MSC	MMG	PROD	ÓLEO
Bloco	14	138,15	3,18	27,68	3,75	0,0002	0,00011	0,00004	0,00001	147224,42	12,6028
Doses	3	315,28	0,41	9,66	2,84	0,0004	0,00002	0,00003**	0,00001	15733,1617	3,3621
Ano	1	6814,50**	0,42	268,14**	12,18**	0,00004	0,00278**	0,00021**	0,0156**	3620289,26**	9983324**
Ano*Doses	3	38,78	1,10	18,55	0,42	0,00007	0,00002	0,000006	0,00001	28105,54	9,4172
Erro	42	251,08	1,97	15,77	1,85	0,00009	0,00003	0,000017	0,00001	47451,28	6,0612
CV(%)		14,70	17,98	23,6	11,75	38,85	31,42	21,52	15,51	38,2	13,65
Média		107,78	7,82	16,82	11,57	0,02	0,02	0,02	0,03	570,21	18,04

Nota. FV – Fonte de variação; ** - Significativo a 1% pelo teste F.

As características como altura da planta, número de capítulos, diâmetro e produtividade apresentaram os melhores resultados no primeiro ano de cultivo, uma vez

que as condições ambientais foram mais favoráveis para o desenvolvimento das plantas durante esse período (conforme ilustrado na Figura 1). Por outro lado, no que diz respeito à massa seca do capítulo, massa seca do caule, massa de mil grãos e teor de óleo, os resultados mais favoráveis foram registrados no segundo ano de cultivo (conforme demonstrado na Tabela 3).

Tabela 3 - Altura de planta (AP), número de capítulo (NCAP), diâmetro de caule (DC), massa seca de capítulo (MSCAP), massa seca de caule (MSC), massa de mil grãos (MMG), produtividade (PROD) e teor de óleo (%) de plantas de cártamo para os anos agrícolas 2017/18 no Município de Marechal Cândido Rondon – PR

Ano	AP (cm)	NCAP	DC (mm)	MSCAP (kg pl ⁻¹)	MSC (kg pl ⁻¹)	MMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)	ÓLEO %
1	118,10 a	18,88 a	12,01 a	0,01 b	0,017 b	0,02 b	808,06 a	14,09 b
2	97,46 b	14,78 b	11,14 b	0,03 a	0,021 a	0,03 a	332,78 b	21,99 a

*Médias seguidas de letra minúscula na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

A análise dos dados meteorológicos para os dois períodos de cultivo revelou que o primeiro ano foi favorecido em termos de condições climáticas. Apesar da sementeira ter ocorrido tardiamente devido à falta de umidade no solo, um fator crucial para uma germinação adequada das sementes, as condições ambientais desse ano proporcionaram um desenvolvimento mais favorável das plantas (Figura 1). A baixa umidade no solo para a cultura do cártamo no momento da sementeira é responsável por atraso na germinação e redução no índice de comprimento de planta e vigor de sementes (KHOMARI; SOLTANI-NEZHAD; SEFGHI, 2014).

No entanto, mesmo com as condições mais favoráveis no primeiro ano em comparação ao segundo, ambos os anos tiveram desempenho abaixo do potencial produtivo geralmente relatado na literatura, que varia de 1000 a 3000 kg ha⁻¹ (POSSENTI *et al.*, 2016). Vale ressaltar que, além das condições climáticas, fatores como genótipo, manejo, fertilidade do solo, disponibilidade hídrica e temperatura podem influenciar no desenvolvimento da cultura (SANTOS; SILVA, 2015).

O desempenho abaixo da média pode ser atribuído à baixa média pluviométrica, que ficou aquém do mínimo exigido para a cultura, geralmente em torno de 350 a 400 mm anualmente (OELKE *et al.*, 2011). Nos anos de estudo, os valores foram de 156 mm (2018) e 103 mm (2019), com médias durante o período de cultivo de 126 mm e 85 mm, respectivamente (Figuras 1 e 2). Além disso, a temperatura mínima atingida durante o ciclo da cultura, especialmente durante a fase de formação do botão floral e florescimento, chegou a níveis abaixo de 5 °C, com temperaturas extremamente baixas no ano 2, chegando a -2,4 °C devido à geada. Isso pode ter sido um fator contribuinte para a baixa produtividade, de acordo com estudos anteriores (ERIE; FRENCH, 1969; GRACIA *et al.*, 2010).

Apesar de o cártamo ser considerado uma cultura tolerante à seca (MAJIDI *et al.*, 2011), quando submetido ao estresse hídrico durante seu estágio vegetativo de alongamento e formação de galho, que é a fase mais extensa do ciclo (ERIE; FRENCH, 1969; GRACIA *et al.*, 2010), pode resultar em menor produção de massa seca, como constatado neste estudo. A falta de água no solo antes da maturação fisiológica pode levar a um esgotamento das reservas hídricas e, conseqüentemente, a menor rendimento e altura das plantas (ÖZTÜRK; ÖZER; POLAT, 2008).

Além das condições climáticas, a competição entre as plantas de cártamo devido à densidade de plantio também pode interferir na produção de massa seca de capítulos e

caule. Maior densidade de plantas pode resultar em menor disponibilidade de nutrientes por planta (SAMPAIO *et al.*, 2018). No presente estudo, a densidade de plantas no primeiro ano (267.000 plantas por hectare) foi maior do que no segundo ano (151.000 plantas por hectare). Estudos anteriores, como o de Bellé *et al.* (2012), relataram redução significativa na massa fresca das plantas com o aumento da densidade de plantio. A redução de massa seca também foi observada por Albuquerque *et al.* (2011) em um estudo com sorgo forrageiro.

A altura da planta é influenciada tanto pela genética da planta quanto pelas condições ambientais. Fatores como um período de crescimento mais curto, baixas temperaturas, além da redução na disponibilidade de nutrientes e água, podem contribuir para uma menor altura da planta (ÖZTÜRK; ÖZER; POLAT, 2008). A cultura do cártamo, como observado por Sampaio *et al.* (2018), é altamente responsiva às condições climáticas.

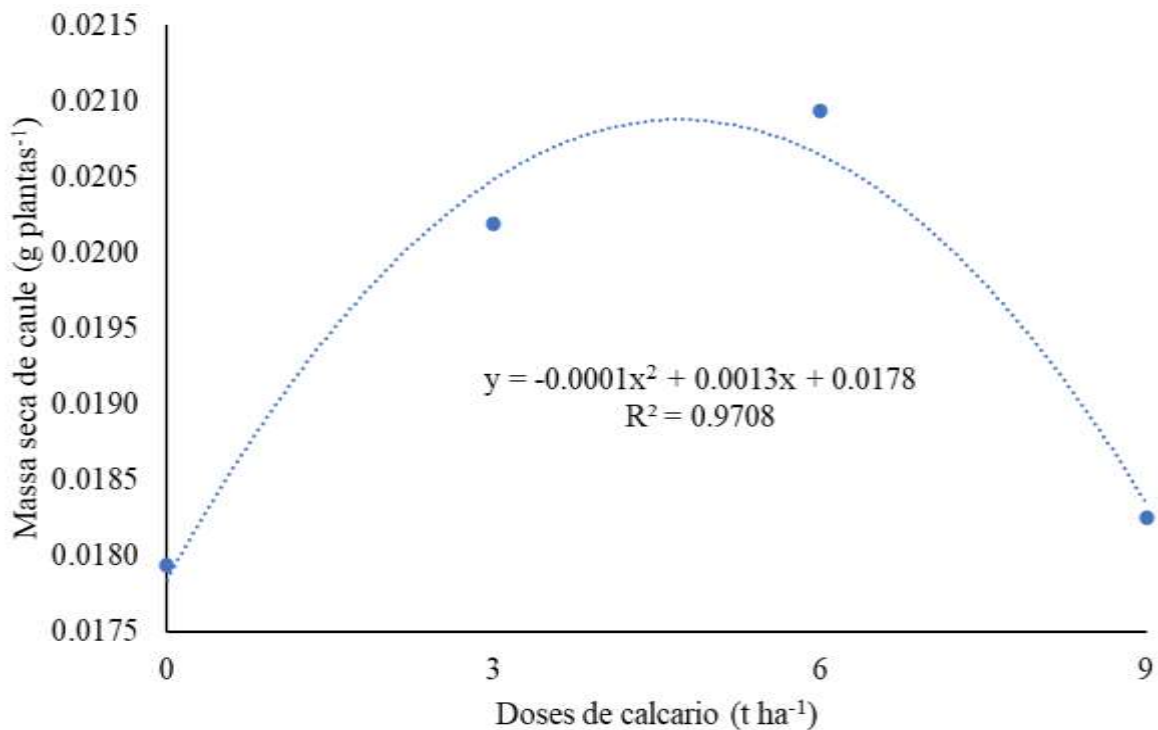
Embora Gracia *et al.* (2010) e Erie e French (1969) sugeriram que temperaturas muito baixas e ocorrência de geadas possam reduzir o teor de óleo nas sementes de cártamo, esse padrão não foi verificado no presente estudo. Mesmo com temperaturas negativas no segundo ano, o teor de óleo nas sementes foi maior em comparação ao primeiro ano (21,99% e 14,09%, respectivamente), quando não houve temperaturas negativas. Isso pode ser atribuído à influência genética sobre o teor de óleo, como observado por Hang e Evans (1985), que consideram o genótipo mais determinante do que o estresse hídrico.

O teor de óleo nas sementes de cártamo pode variar de 23% a 36%, dependendo do genótipo e das condições climáticas (KHALID *et al.*, 2017; KOSE *et al.*, 2018). No entanto, o teor de óleo encontrado neste estudo é comparável aos valores relatados por Elfadl *et al.* (2009), que variaram entre 19,0% e 26,1%.

Omidi *et al.* (2012), em um estudo sobre os efeitos dos níveis de irrigação em plantas de cártamo, observaram redução na produtividade e no número de capítulos quando a irrigação foi interrompida antes do florescimento. É importante destacar a associação entre os componentes de produtividade, o que foi verificado neste estudo pela correlação entre o número de capítulos e a produtividade, também observada por Beyyavas *et al.* (2011). Dajue e Mündel (2002) mencionam que cada capítulo produz, em média, de 15 a 30 sementes, o que pode ter influenciado a maior produtividade no primeiro ano, com uma média de 18,88 capítulos por planta, em comparação a 14,78 capítulos por planta no segundo ano.

No que diz respeito à massa seca do caule (MSC), houve um efeito significativo das doses, com uma resposta quadrática, em que a dose máxima de 6,5 kg ha⁻¹ resultou no maior acúmulo de massa seca (0,02 gramas por planta). Além desse ponto, o corretivo passou a ter efeitos prejudiciais sobre a massa seca do caule (conforme ilustrado na Figura 3).

Figura 3 - Massa seca de caules de plantas de cártamo cultivadas sob doses elevadas de calcário calcítico aplicado em superfície



Fonte: Própria do autor

A escassez de estudos relacionados ao uso de calagem no cultivo do cártamo, aliada às características físicas e químicas da maioria dos solos brasileiros, abre um amplo campo de pesquisa em busca de conhecimento técnico-científico para aprimorar o cultivo dessa cultura em nosso país.

Pesquisas conduzidas com outras culturas demonstraram que doses de calcário podem resultar em aumento da massa seca do caule (CAMPOS *et al.*, 2013). Babalar *et al.* (2010), ao investigarem os efeitos do nitrogênio e do calcário, observaram que a aplicação de até 5 t ha⁻¹ de calcário promoveu o desenvolvimento das plantas. No entanto, acima dessa dose, o efeito passou a ser prejudicial. Em estudos semelhantes, Supanjani *et al.* (2005) encontraram um efeito positivo no desenvolvimento das plantas com a aplicação de até 2 t ha⁻¹ de calcário, mas doses mais altas tiveram efeitos negativos.

O efeito positivo observado no crescimento e no rendimento das plantas com doses de até 5 t ha⁻¹ de calcário pode estar relacionado ao aumento da disponibilidade de cálcio e magnésio trocáveis, bem como do molibdênio disponível. Além disso, a redução dos teores de alumínio e manganês, bem como a diminuição da toxicidade de metais pesados, resultante do aumento do pH e da melhoria das características do solo, podem contribuir para esse efeito positivo (BAKKER; RODENBURG; BODEGOM, 2005). Por outro lado, o efeito negativo pode estar associado ao excesso de cálcio no solo, levando à precipitação de fósforo, enxofre e zinco (BAKKER; RODENBURG; BODEGOM, 2005).

A falta de efeito observada na utilização do calcário pode ter diversas causas. Segundo Volkweis e Tedesco (1984), essas causas podem incluir a aplicação de quantidades insuficientes ou excessivas de calcário, distribuição irregular do corretivo, qualidade inferior do corretivo utilizado e o cultivo de plantas que são naturalmente

tolerantes à acidez do solo. A tolerância à acidez do solo pode ser um fator provável para a falta de efeito das doses de calcário no presente estudo. Estudo realizado por Oelke et al. (2011) constataram que o cártamo é uma cultura com alta tolerância a solos salinos e com boa adaptação a condições adversas. Portanto, a prática da calagem merece maior atenção no cultivo do cártamo na região do estudo.

IV. CONCLUSÃO

As doses de calcário aplicadas não tiveram efeito significativo sobre a maioria das características agronômicas analisadas na cultura do cártamo. No entanto, essas características foram mais influenciadas pelo ano de cultivo, com resultados superiores sendo observados no segundo ano. Embora a calagem possa não ter tido um efeito direto nessas características, é importante considerar que as mudanças no solo causadas pela calagem, como alterações no pH e disponibilidade de nutrientes, podem afetar indiretamente o desenvolvimento das partes aéreas das plantas.

Uma das variáveis em que as doses de calcário tiveram um efeito significativo foi na massa seca do caule. O maior acúmulo de massa seca do caule ocorreu com a aplicação de 6,5 t ha⁻¹ de calcário. Isso sugere que, pelo menos nesse aspecto específico, a calagem teve um impacto mensurável e positivo no desenvolvimento do caule das plantas de cártamo.

V. REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C. J. B.; PINHO, R. G. V.; RODRIGUES, J. A. S.; BRANT, R. DA S. Row spacing and sowing density of forage sorghum in the northern region of Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.3, p.494-501, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000300009>
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; de MORAES, J. L. G.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p. 711-728, 2014. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ANICÉSIO, E. C. A.; BOMFIM-SILVA, E. M.; SILVA, T. J. A.; KOETZ, M. Dry mass, nutrient concentration and accumulation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) influenced by nitrogen and potassium fertilizations. **Australian Journal of Crop Science**, v.9, n.6, p.552-560, 2015.
- BABALAR, M.; MUMIVAND, H.; HADIAN, J.; TABATABAEI, S. M. F. Effects of Nitrogen and Calcium Carbonate on Growth, Rosmarinic Acid Content and Yield of *Satureja hortensis* L. **Journal of Agricultural Science**. v.2, n. 3, p.92-98. 2010. <https://doi.org/10.5539/jas.v2n3p92>
- BAKKER, C.; RODENBURG, J.; BODEGOM, P. Effects of Ca- and Fe-rich seepage on P availability and plant performance in calcareous dune soils. **Plant Soil**, v. 275, n. 1, p. 111-122, 2005. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-0438-1>
- BEYYAVAS, V.; HALILOGLU, H.; COPUR, O.; YILMAZ, A. Determination of seed yield and yield components of some safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars, lines and populations under the semi-arid conditions. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 4, p. 527-534, 2011. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1395>
- BONFIM-SILVA, E. M.; PACHECO, A. B.; SILVA, T. J. A.; SANTO, E. S. E.; LIMA BÄR, C. S. L.; SOUSA, H. H. F. Biometric characteristics and visual diagnosis of safflower plants under macro and micronutrient omission. **International Journal of Current Research**, v. 8, n. 5, p. 31071-31076, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 398p.

CAMPOS, M. F.; B S. J.; KANTHACK, R. A. D.; CRISTÓVÃO, N. N.; BRANCALIAO, S. R. Desenvolvimento da Mandioca em Função da Calagem e Adubação Com Zinco. In: **WORKSHOP AGROENERGIA, 7. Anais**. São Paulo, 2013. p.1-6.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H. **Safflower. *Carthamus tinctorius* L.** Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute (IPIGRI), 1996. 83p.

ELFADL, E.; REINBRECHT, C.; FRICK, C.; CLAUPEIN, W. Optimizing of nitrogen rate and seed density for safflower (*Carthamus tinctorius*, L.) production under low-input farming conditions in temperate climate. **Field Crops Research**, v. 114, n. 1, p. 2-13, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.012>

ERIE, L. J.; FRENCH, O. F. Growth, yield and yield components of safflower as affected by irrigation regimes. **Agronomy Journal**, v.61, n.1, p. 111-113, 1969. <https://doi.org/10.2134/agronj1969.00021962006100010037x>

FERREIRA, D. F. Sisvar: Um Sistema Computacional de Análise Estatística. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.

GRACIA, A. B.; MÁRQUEZ, J. P.; CAMARENA, M. G. G.; ESPINOZA, X. M. O.; CORONADO, L. M.; CERVANTES, J. M. **Guia para produzir cártamo em Sinaloa**. Fundación Produce, Sinaloa México, 2010. 22p.

HANG, A. N.; EVANS, D. W. Deficit sprinkler irrigation of sunflower and safflower. **Agronomy Journal**, v. 77, n. 4, p. 588-592, 1985. <https://doi.org/10.2134/agronj1985.00021962007700040019x>

KHALID, N.; KHAN, R. S.; HUSSAIN, M. I.; FAROOQ, M.; AHMAD, A.; AHMED, I. A comprehensive characterisation of safflower oil for its potential applications as a bioactive food ingredient - A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 66, p. 176-186, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.06.009>

KHOMARI, S.; SOLTANI-NEZHAD, M.; SEFGHI, M. Effect of seed vigour and Pretreatment on Germinability and Seedling Growth of Safflower under Drought and Salinity Conditions. **International Journal of Farming and Allied Sciences**, v. 3, n. 12, p. 1229-1233, 2014.

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; LIU, J.; MAGALHÃES, J. W. Plant Adaptation to Acid Soils: The Molecular Basis for Crop Aluminum Resistance. **Annual Review Plant Biology**, v.66, p. 571–598, 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114822>

KOSE, A; ONDER, O; BILIR, O.; KOSAR, F. Application of multivariate statistical analysis for breeding strategies of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Turkish Journal of Field Crops**, v.23, n., p.12–19, 2018. <https://doi.org/10.17557/tjfc.413818>

MAJIDI, M. M.; TAVAKOLI, V.; MIRLOHI, A.; SABZALIAN, M. R. Wild safflower species (*Carthamus oxyacanthus* Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. **Australian Journal of Crop Science**. v. 5, n. 8, p. 1055-1063. 2011.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

- OELKE, E. A.; OPLINGER, E. S.; TEYNOR, T. M.; PUTNAM, D. H.; DOLL, J. D.; KELLING, K. A.; DURGAN, B. R.; NOETZEL, D. M. **Safflower: alternative field crops manual**. Wisconsin: Cooperative Extension, 2011. Disponível em: <<http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/safflower.html>>. Acesso em: 06 jul.2020.
- OMIDI, A. H.; KHAZAEI, H.; MONNEVEUX, P.; STODDARD, F. Effect of cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Turkish Journal of Field Crops**, v. 17, n.1, p.10-15, 2012.
- ÖZTÜRK, E., ÖZER, H.; POLAT, T. Growth and yield of safflower genotypes grown under irrigated and non-irrigated conditions in a highland environment. **Plant, Soil and Environment**. v. 54, n. 10, p. 453-460. 2008. <https://doi.org/10.17221/403-PSE>
- PALUDO, J. T. S.; BONFIM-SILVA, E. M.; DA SILVA, T. J. A.; DE FREITAS SOUSA, H. H.; ZANOTTO, M. D.; FENNER, W. Agronomic performance of Safflower genotypes (*Carthamus tinctorius* L.) under different soil bulk density levels in the Oxisol of the Cerrado. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 407-412, mar. 2018. <http://dx.doi.org/10.21475/ajcs.18.12.03.pne798>
- POSSENTI, R. A.; ARANTES, A. M.; BRÁS, P.; ANDRADE, J. B.; FERRARI JÚNIOR, E. Avaliação nutritiva da silagem de cártamo, produção de biomassa, grãos e óleo. **Boletim de Indústria Animal**, v.73, n.3, p.236-243, 2016.
- SAMPAIO, M. C.; SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; DE VASCONSELOS, E. S.; DA SILVEIRA, L.; LENZ, N. B. G.; LEWANDOSKI, C. F.; TOKURO, L. K. Effect of plant density on oil yield of safflower. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, n.25, p. 2147-2152, 2017. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11370>
- SAMPAIO, M. C.; SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, P. S. R. de; BASSEGIO, D.; MORAES REGO, C. A. R. de; SILVEIRA, L. da; COSTA, B. P.; MATTEI, E.; HERRERA, J. L. de. Comparison of Safflower Cultivation in Two Seasons in the South of Brazil. **Journal of Agricultural Science**; v.10, n.5; p. 92-99, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n5p92>
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.
- SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D.; SILVA, M. A. Productivity and production components of safflower genotypes affected by irrigation at phenological stages. **Agricultural Water Management**, v. 186, n.5, p. 66-74, 2017.
- SANTOS, R. F.; SILVA, M. A. *Carthamus tinctorius* L.: uma alternativa de cultivo para o Brasil. **Acta Iguazu**, v.4, n.1, p. 26-35, 2015. <https://doi.org/10.48075/actaiguaz.v4i1.12430>
- SUPANJANI; TAWAHA, A. R. M.; YANG, M. S.; HAN, H. S.; LEE, K. D. Role of calcium in yield and medicinal quality of Chrysanthemum Coronarium L. **Journal of Agronomy**, v.4, n. 3, p. 186-190, 2005. <https://doi.org/10.3923/ja.2005.186.190>
- VOLKWEIS, S.; TEDESCO, M. **A calagem dos solos ácidos**. Porto Alegre: Sindicato da Indústria e da Extração de Mármore, Calcário e Pedreiras no Estado do Rio Grande do Sul, 1984. 26p.
- ZANÃO JÚNIOR, L. A.; PASCHOAL, T. S.; PEREIRA, N.; ARAÚJO, P. M. de; SECCO, D.; SANTOS, R. F. dos; PRIOR, M. Seed productivity, oil content and accumulation of macronutrients in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes in subtropical region. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 10, p. 1254-1260, 2017.

ZANÃO JÚNIOR, L. A.; PEREIRA, N.; SAMPAIO, M. C.; PASCHOAL, T. S.; GALANT, N. G. Adubação e nutrição em cártamo. In: SANTOS, R. F.; BASSEGIO, D. (Org.). **Cártamo** (*Carthamus tinctorius* L.): **alternativa de cultivo para o Brasil**, Cascavel: EDUNIOESTE, 2018. 87-98 p.

VI. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa e recursos para a realização da pesquisa e a Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) em infraestrutura.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA NA AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO DE LINHO OLEAGINOSO ASSOCIADO A DOSES DE NITROGÊNIO

VEGETATION INDEX BY NORMALIZED DIFFERENCE IN THE EVALUATION OF OLEAGINAL FLAX GROWTH ASSOCIATED WITH NITROGEN DOSES

Bruna Regina Carvalho Pinto¹
Diego Nicolau Follmann²
Guilherme Bergeijer da Rosa³
Emilso Damm dos Santos⁴
Anderson Crestani Pereira⁵
Alessandro Dal'Col Lúcio⁶

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de duas variedades de linho oleaginoso (dourada e marrom) submetido a diferentes doses de nitrogênio em cobertura em ambiente subtropical de baixa altitude. O experimento foi conduzido no ano de 2020, utilizando o delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema bifatorial com seis doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N) e duas variedades de linho oleaginoso. Foram avaliados a altura de plantas e a taxa de cobertura do solo, utilizando dados obtidos pelo GreenSeeker®, que analisa a refletância do dossel vegetativo. Para a variável altura, em ambas as variedades, a menor altura foi obtida na dose de 0 kg ha⁻¹ de N, já para a maior altura, inicialmente a dose de 150 kg ha⁻¹, possui melhores resultados, porém, ao final do florescimento, a dose de 90 kg ha⁻¹ foi a que obteve maiores alturas em ambas variedades, devido a presença de acamamento nos tratamentos com as maiores doses de N. Para a variável taxa de cobertura do solo, foi observado uma taxa crescente de cobertura do

¹ Graduanda do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Contato: reginabruna727@gmail.com.

² Doutor em Agronomia. Professor no Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria. Contato: diego.follmann@ufsm.br.

³ Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Contato: eng.guilhermerosa@gmail.com.

⁴ Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Contato: emilsoeds@gmail.com.

⁵ Doutorando em Agronomia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Contato: acrestanipereira@gmail.com.

⁶ Doutor em Agronomia. Professor no Departamento de Fitotecnia na Universidade Federal de Santa Maria. Contato: adlucio@ufsm.br.

solo, em ambas as variedades, o menor percentual foi na dose de 0 kg ha⁻¹, e os melhores resultados finais de cobertura do solo, foram entre as doses de 90 e 150 kg ha⁻¹. Os resultados evidenciam que para utilização da cultura do linho oleaginoso como planta de cobertura do solo, doses próximas a 90 kg ha⁻¹ são as mais indicadas.

Palavras-chave: Adubação Nitrogenada. Refletância. NDVI. *Linum Usitatissimum* L.

Abstract – This study aimed to evaluate the development of two varieties of oilseed flax (golden and brown flax) submitted to different doses of nitrogen in coverage in a subtropical low-altitude environment. The experiment was conducted in 2020, using a randomized block experimental design, in a bifactorial scheme with six nitrogen doses (0, 30, 60, 90, 120 and 150 kg ha⁻¹ of N) and two varieties of flax oilseed. Plant height and soil cover rate were evaluated, using data obtained by GreenSeeker®, which analyzes the reflectance of the vegetative canopy. For the height variable, in both varieties, the smallest height was obtained at the dose of 0 kg ha⁻¹ of N, whereas for the highest height, initially the dose of 150 kg ha⁻¹, has better results. However, at the end of flowering, the dose of 90 kg ha⁻¹ was the one that obtained the highest heights in both varieties, due to the presence of lodging in the treatments with the highest doses of N. For the variable rate of soil cover, an increasing rate of soil coverage, in both varieties, the lowest percentage was at the dose of 0 kg ha⁻¹, and the best results of soil coverage were between doses of 90 and 150 kg ha⁻¹. The results show that for the use of oilseed flax as a soil cover plant, doses close to 90 kg ha⁻¹ are the most indicated.

Keywords: Nitrogen Fertilization. Reflectance. NDVI. *Linum Usitatissimum* L.

I. INTRODUÇÃO

O linho (*Linum usitatissimum* L.) é uma espécie de ciclo anual pertencente à família Linaceae, cultivada em diversas partes do mundo e tem seu cultivo impulsionado pela crescente demanda por alimentos saudáveis e funcionais. A produção mundial do grão em 2021 foi de 3,33 milhões de toneladas, com uma área de cultivo de aproximadamente 4,1 milhões de hectares e produtividade média de 0,80 toneladas por hectare. A Rússia foi responsável por 38% da produção mundial no ano de 2021. Em média, nos anos de 1994 a 2021, o Canadá foi o país que mais produziu o grão. Países como a China e o Cazaquistão também são importantes produtores de linhaça (FAOSTAT, 2023). No Brasil, a produção é concentrada na região Sul, pois é considerada com potencial produtivo em regiões de baixa temperatura, sendo uma boa alternativa para o sistema de rotação de culturas com cereais de inverno (SANTOS *et al.*, 2022).

A linhaça possui elevados teores de óleos (38%) e proteínas (25%). A maior parte da produção do grão é destinado ao consumo humano e animal, devido ao seu alto valor nutricional e funcional. Outro destino é como matéria-prima para a produção de óleo e farelo (COSKUNER; KARABABA, 2007; BARROSO *et al.*, 2014). Além do uso alimentício, a cultura pode ser explorada no sistema produtivo como planta de cobertura dentro da rotação de culturas, gerando benefícios como cobertura do solo, supressão de plantas daninhas e recuperação de desgastes físicos, químicos e biológicos do solo, como redução da erosão, ciclagem de nutrientes e atividades de organismos benéficos (SOARES *et al.*, 2009).

Em pesquisa realizada por Galego *et al.* (2022), com o intuito de analisar o sequestro de carbono de um latossolo caulinítico sob o cultivo de linhaça em manejo conservacionista, os resultados foram positivos. Além de contribuir com estoque de carbono na ordem de 27 Mg C ha⁻¹ nos primeiros 15 cm de solo, a cultura também contribuiu para o sequestro de 29,8 Mg C ha⁻¹ a 15-30 cm de profundidade do solo, em

apenas três anos de cultivo. Isso evidencia o potencial manejo e cultivo sustentável da cultura do linho.

As práticas de manejo e tratos culturais na cultura são mínimas, sendo a adubação nitrogenada umas das mais importantes (HUTRA *et al.*, 2022). A oferta de N na cultura favorece o desenvolvimento vegetativo e rendimento de grãos (DORDAS, 2012). Antonelli *et al.* (2015) observaram que a cultura do linho possui boa resposta à adubação nitrogenada em doses entre 30 a 40 kg ha⁻¹. Além disso, o aumento da oferta de nitrogênio pode influenciar no aumento do nível do crescimento linear das folhas, na taxa de duração do crescimento linear e na taxa máxima de crescimento (SANTOS *et al.*, 2013).

As características desejáveis em plantas de cobertura podem ser mensuradas por sensoriamento remoto, por meio do índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI), tais como o índice de área foliar (YAO *et al.*, 2015), a fração de solo coberta pelo dossel (ASADI *et al.*, 2019) e o acúmulo de biomassa (GAO *et al.*, 2018). O índice utilizado pelo sensor está entre os valores de refletância da superfície, que são obtidos nas faixas do vermelho e infravermelho próximo, sendo uma função do teor de clorofila presente nas folhas (LÓPEZ-URREA *et al.*, 2020) e da estrutura e estágio de desenvolvimento do dossel (PÔÇAS *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de duas variedades de linho oleaginoso (dourada e marrom), por meio do índice de vegetação por diferença normalizada, submetido a doses de nitrogênio em cobertura em ambiente subtropical de baixa altitude.

II. METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no ano agrícola de 2020 em área experimental localizada em Santa Maria (29° 41' 23,1" S e 53° 47' 33,1" O), a uma altitude de 90 m, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Segundo a classificação de Köppen, o clima predominante no local é subtropical úmido com verões quentes (*Cfa*) (ALVARES *et al.*, 2013). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho Distrófico arênico (SANTOS *et al.*, 2018).

O cultivo de verão que precedeu a semeadura do linho foi realizado com a cultura do milho. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, organizado em esquema bifatorial. Foram testadas seis doses de nitrogênio (0, 30, 60, 90, 120 e 150 kg ha⁻¹ de N) e duas variedades de linhaça (marrom e dourada), em quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais. As unidades experimentais foram compostas por 10 fileiras, com espaçamento de 20 cm entre elas e com 2,5 m de comprimento, totalizando uma área de 5 m².

A semeadura do experimento foi realizada em junho de 2020 de forma manual, com uma densidade de 800 sementes viáveis por m². A adubação mineral foi realizada em cobertura, de forma manual, após a semeadura, visando uma expectativa de 2 t ha⁻¹ de grãos, conforme o Manual de Adubação e Calagem (CQFS, 2016). Posteriormente, foi feita a adubação nitrogenada, aplicada na forma de ureia, em cobertura, quando as plantas atingiram o estágio vegetativo de início de ramificação. Os tratos culturais, como controle de plantas invasoras, foram realizados de forma manual. Em relação aos ataques de insetos-pragas e doenças, não houve incidência que justificasse a busca por estratégias de controle.

As variáveis avaliadas foram: altura das plantas (AP, em cm), realizada em três momentos (estádio de alongamento da haste, 50% da floração e final do florescimento); e cobertura do dossel, medida por meio do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI, em %), realizada entre os estádios de 50 % de ramificação,

alongamento da haste, pré-florescimento, início do florescimento, 50% do florescimento, final do florescimento e enchimento de grãos. Foram feitas nove avaliações no total, no horário aproximado das 12 h, utilizando o aparelho GreenSeeker® portátil, com uma distância de 1 m do solo. O dispositivo possui um sensor que emite breves descargas de luzes infravermelhas, medindo a quantidade de cada tipo de luz refletida pela planta e exibindo em forma de uma leitura NDVI, que varia de 0,00 a 0,99. Também foram registradas a data de emergência, a população inicial e final de plantas por metro linear. Além disso, foi avaliado o percentual de plantas acamadas próximo ao estádio de final de florescimento, considerando o número de plantas que ficaram acamadas sob o solo.

Os dados foram organizados e submetidos à análise de variância a uma probabilidade de erro de 5%. Posteriormente, foi realizada a análise de regressão com auxílio do software estatístico SISVAR® 5.0 (FERREIRA, 2011).

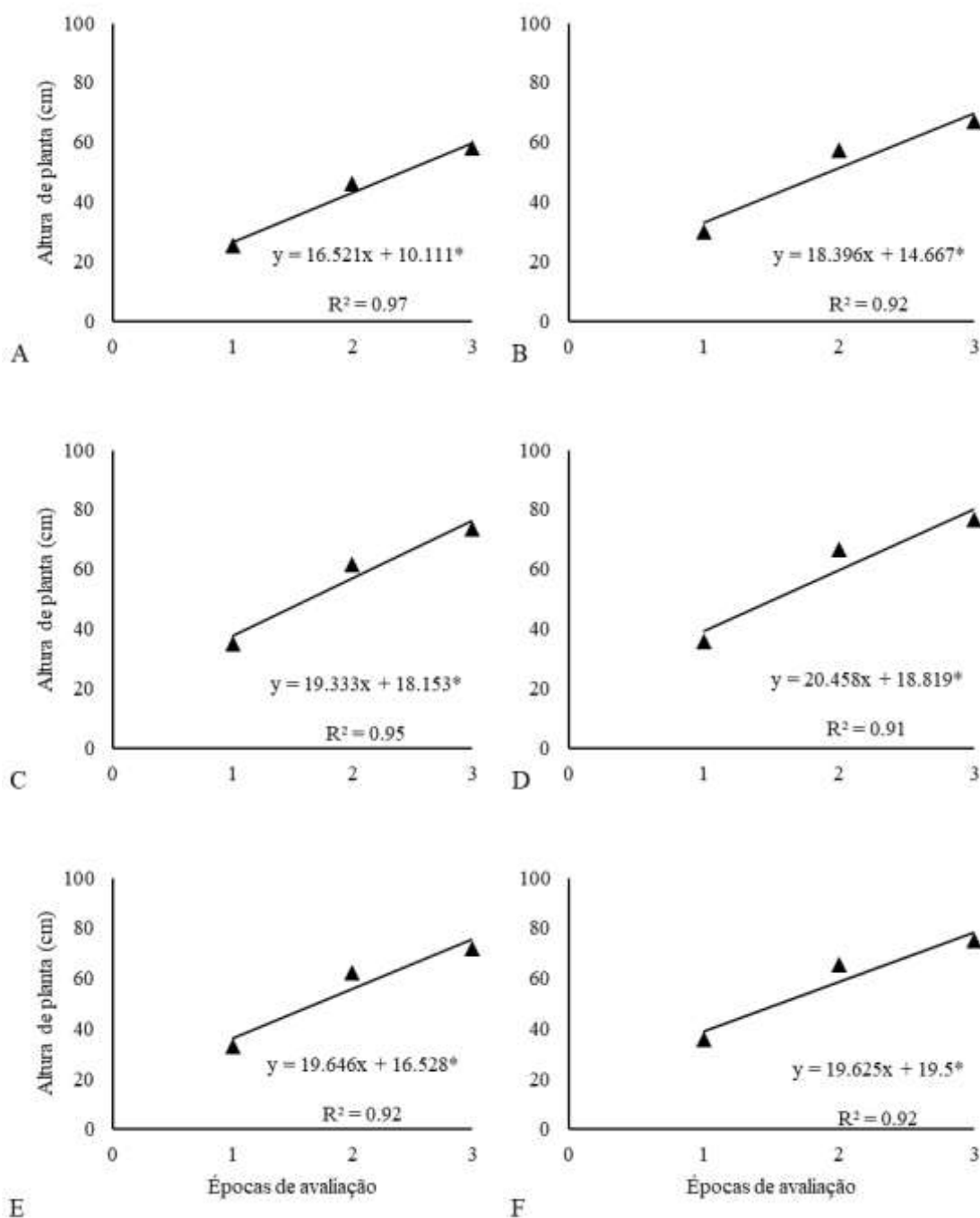
III. RESULTADOS

A análise de variância apresentou interação significativa entre as doses x épocas de avaliação para as variáveis altura de planta e cobertura do dossel. Para a variável altura de planta de linho, o modelo que obteve melhor ajuste foi o de equação linear, para todas as dosagens de N (Figuras 1 e 2).

Analisando as Figuras 1 e 2, a menor altura final de planta em ambas as variedades ocorre na dosagem 0 kg ha⁻¹ de N, sendo 16,7 cm menor em relação a maior altura 81,5 cm na cultivar marrom e 18,5 cm na cultivar dourada em relação a maior altura 76,7 cm. Para ambas as variedades a maior altura na primeira avaliação no estádio de alongamento da haste ocorreu com a dosagem de 150 kg ha⁻¹ de N com valores de 35,7 e 37,7 cm na linhaça dourada e marrom respectivamente. Já a altura no final do florescimento foi maior na dosagem de 90 kg ha⁻¹ em ambas as variedades, valores de 76,7 e 81,5 cm para dourada e marrom.

O resultado evidencia que a linhaça dourada tem um porte final menor em relação à linhaça marrom e que a dosagem de 90 kg ha⁻¹ apresentou melhor resultado para a variável AP, evidenciando que para essa variável não são necessárias dosagens maiores de N. Esse fator, segundo Santos *et al.* (2013), indica que o acréscimo biométrico com as doses de N chega a um ponto em que ocorre uma resposta de decréscimo, confirmando assim que o nitrogênio influencia o crescimento das plantas até que elas supram suas necessidades. No entanto, altas doses de nitrogênio podem levar ao acamamento das plantas.

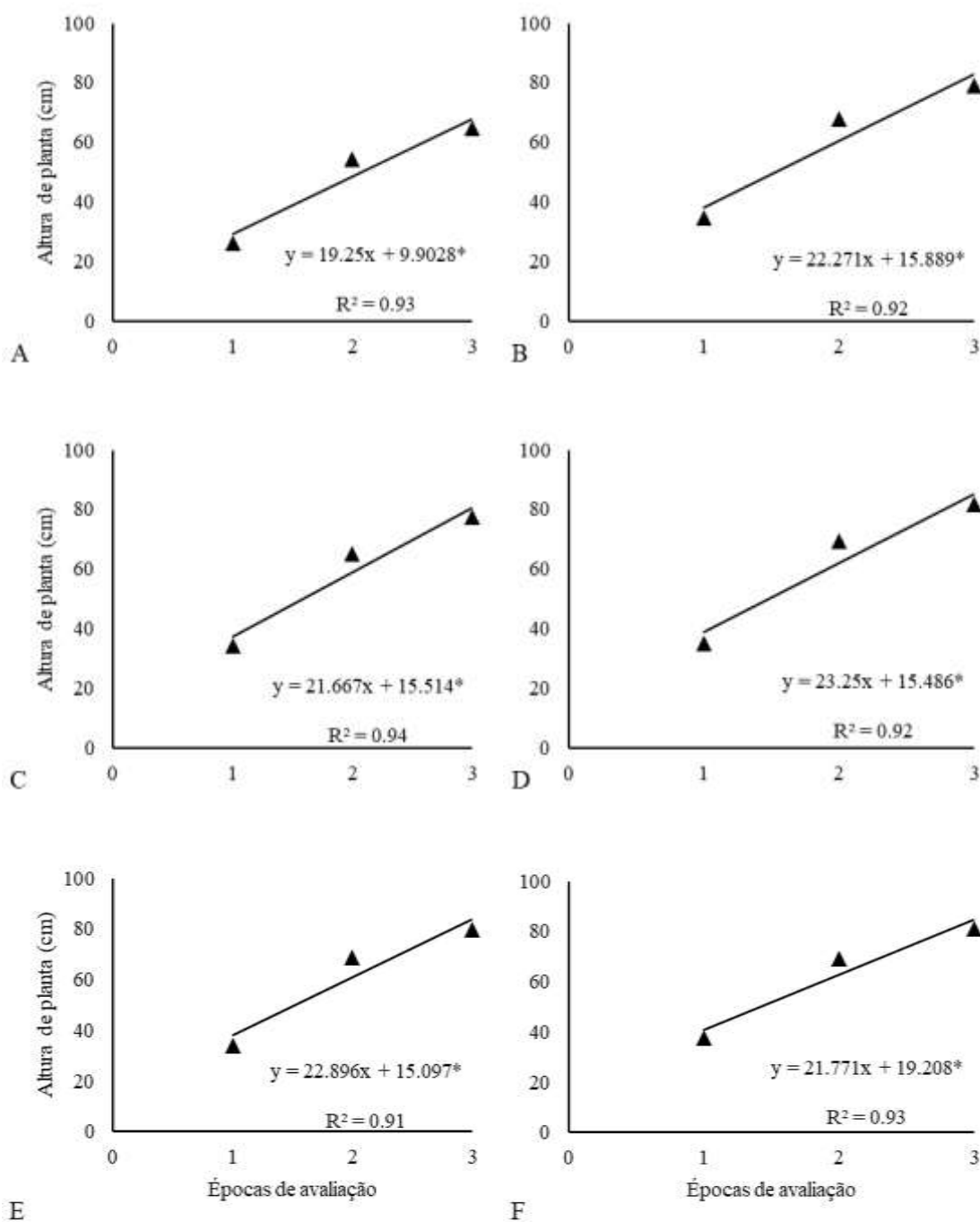
Figura 1 - Altura de plantas de linho da variedade dourada avaliadas em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura no estágio de 50% de ramificação, doses: (A) sem aplicação; (B) 30; (C) 60; (D) 90; (E) 120; e (F) 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio.



¹Avaliações: no estágio de alongamento da haste, 50% da floração e final do florescimento.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 2 - Altura de plantas de linho da variedade marrom avaliadas em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura no estágio de 50% de ramificação, doses: (A) sem aplicação; (B) 30; (C) 60; (D) 90; (E) 120; e (F) 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

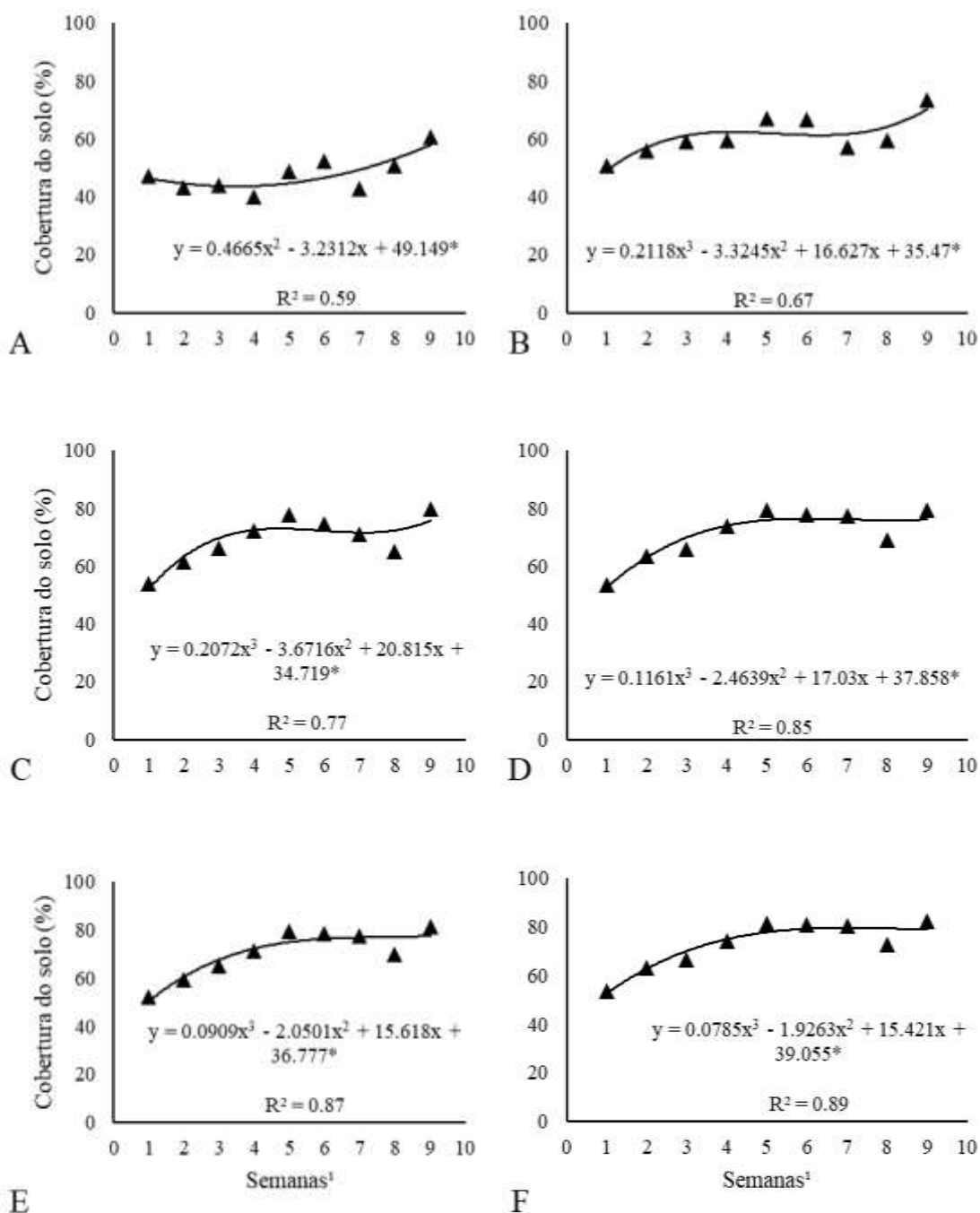


¹Avaliações: no estágio de alongamento da haste, 50% da floração e final do florescimento.

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

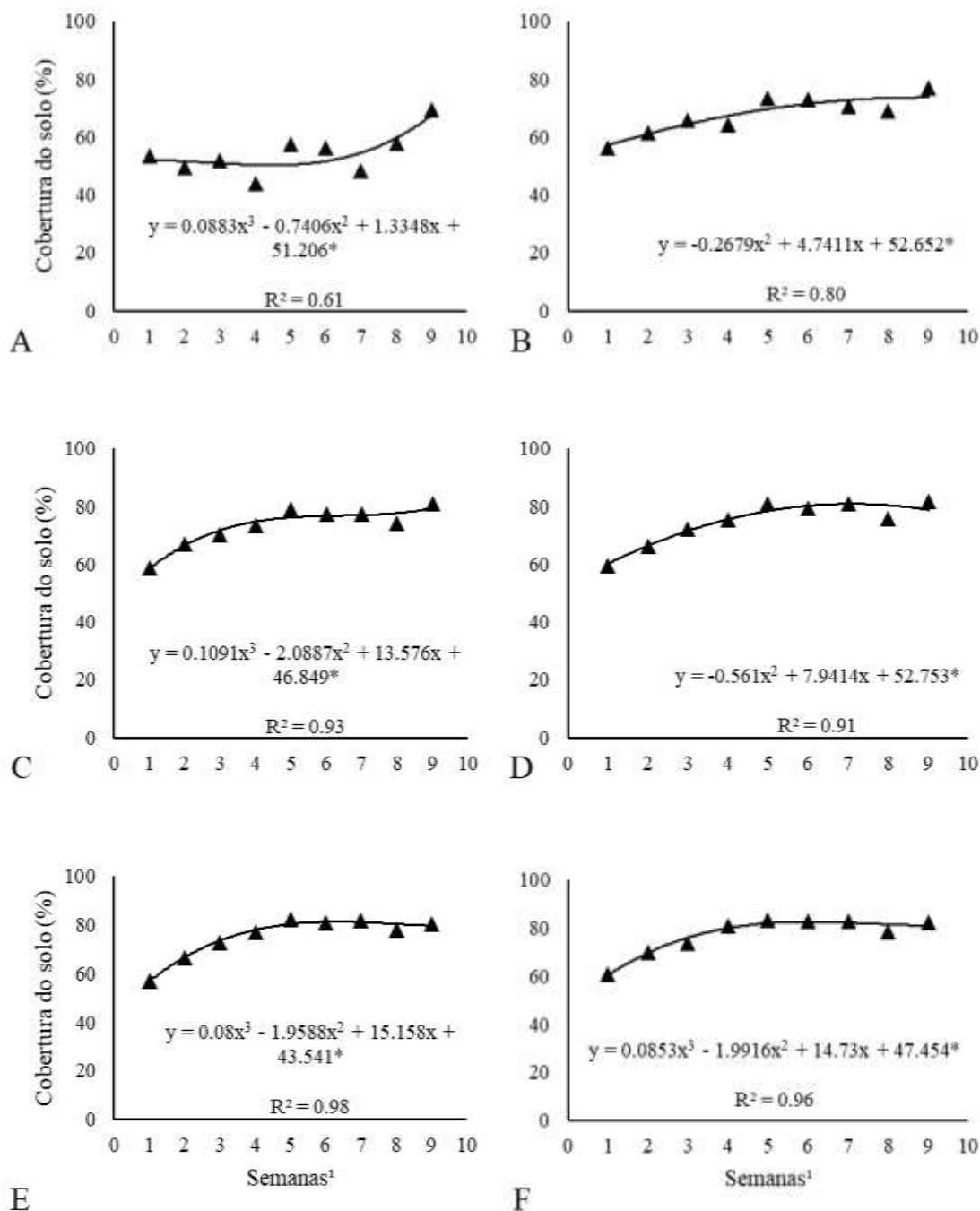
Para a cobertura do dossel, o modelo de equação quadrática apresentou um melhor ajuste para a dose 0 kg ha⁻¹ de N na linhaça dourada e para as doses de 30 e 90 kg ha⁻¹ de N na linhaça marrom. Para as demais dosagens, o modelo de equação cúbica apresentou melhor ajuste (Figuras 3 e 4).

Figura 3 – Evolução semanal das medidas de recobrimento do solo por plantas de linho da variedade dourada avaliadas em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura no estágio de 50% de ramificação, doses: (A) sem aplicação; (B) 30; (C) 60; (D) 90; (E) 120; e (F) 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio.



¹ Semanas correspondente a avaliação realizada entre os estádios de 50 % de ramificação, alongamento da haste, pré-florescimento, início do florescimento, 50% do florescimento, final do florescimento e enchimento de grãos. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 4 – Evolução semanal das medidas de recobrimento do solo por plantas de linho da variedade marrom avaliadas em função da aplicação de diferentes doses de nitrogênio em cobertura no estágio de 50% de ramificação, doses: (A) sem aplicação; (B) 30; (C) 60; (D) 90; (E) 120; e (F) 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio.



¹ Semanas correspondente a avaliação realizada entre os estádios de 50 % de ramificação, alongamento da haste, pré-florescimento, início do florescimento, 50% do florescimento, final do florescimento e enchimento de grãos. *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para a variável cobertura do solo (Figuras 3 e 4), à medida que ocorreu o desenvolvimento da cultura, a taxa de cobertura do solo em relação às avaliações do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI), que é resultante da resposta

espectral das bandas do vermelho (650 nm) e infravermelho próximo (770 nm), obteve uma tendência de aumento (COELHO *et al.*, 2019). Isso ocorreu porque a superfície de fundo (solo e resíduos vegetais) passou a ter um menor efeito sobre as leituras do NDVI (GALLO *et al.*, 2018) e a magnitude desse índice passou a ser determinada principalmente pela quantidade de biomassa da parte aérea. Isso se deve à correlação positiva existente entre o NDVI e a biomassa da parte aérea (VIAN *et al.*, 2018).

É possível observar que o menor percentual de refletância de plantas ocorre na variedade dourada na dosagem 0 kg ha⁻¹ de N, que obteve uma taxa de cobertura do solo de 61% no estágio enchimento de grãos, sendo 21% menor em relação à dose de 150 kg ha⁻¹ de N, que obteve a maior cobertura do solo, 82%, mas que também resultou em maior acamamento. As dosagens de 90 kg ha⁻¹ de N e 120 kg ha⁻¹ de N também resultaram em uma taxa alta de cobertura do solo, sendo respectivamente de 80% e 81%, com um crescimento linear na taxa de crescimento e na refletância no dossel. Para a variedade marrom, a dose de menor refletância corresponde a 0 kg ha⁻¹, sendo 12% menor que o percentual das doses de 90 kg ha⁻¹ de N e 150 kg ha⁻¹ de N. O trabalho de Dordas (2010) observou que a taxa de acúmulo de biomassa, o teor de óleo e a produtividade de grãos de linho aumentaram com a utilização de adubação nitrogenada.

Ao analisarmos o comportamento da taxa de refletância ao longo do dossel, é possível verificar que a dose de 150 kg ha⁻¹ de N foi uma das doses que obteve resultados mais elevados de refletância. Esse resultado pode ter sido influenciado pelo número da população final de planta no tratamento, conforme apresentado na Tabela 1, e pelo fator de acamamento ocorrido devido às maiores doses (Tabela 2). De acordo com Bredemeier *et al.* (2013), que realizaram trabalhos sobre a estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável, o maior potencial produtivo foi proporcionado pela maior disponibilidade de N e maior acúmulo de biomassa e sobrevivência dos afilhos.

Tabela 1- Valores médios para a variável população inicial e final por m², para as variedades de linho oleaginoso marrom e dourada, em função de doses de nitrogênio

Dose de N (kg ha ⁻¹)	População inicial		População final	
	Marrom	Dourada	Marrom	Dourada
0	2676	2516	2358	2048
30	2844	2638	2306	1978
60	2994	2782	2192	1842
90	2762	2740	2200	1994
120	2628	2726	2090	1892
150	2982	2602	1760	1562

Tabela 2- Valores médios para a variável acamamento de plantas, para as variedades de linho oleaginoso marrom e dourada, em função de doses de nitrogênio

Dose de N (kg ha ⁻¹)	Marrom (%)	Dourada (%)
0	0	0
30	5	0
60	17,5	7,5
90	27,5	30
120	30	25
150	70	55

O acamamento das altas doses de N, apresentado na Tabela 2, e as condições climáticas da região condicionaram a penúltima avaliação realizada com o GreenSeeker®, no estágio final de florescimento, que teve a resposta decrescente nos gráficos, pois tanto a alta fertilidade do solo quanto o aumento das condições de

umidade aumentam o potencial de acamamento (GROWING FLAX, 2002). Segundo Bosco *et al.* (2021), na microrregião de Curitiba, em condições de ventos fortes, plantas de linho com maior altura no início do florescimento ou já na fase de maturação são mais propensas ao acamamento, o que prejudica o desempenho produtivo da lavoura.

Segundo Growing Flax (2002), o acamamento é um fator prejudicial à cultura, por favorecer o desenvolvimento de pasmo (*Septoria linicola*), fungo que ataca o caule e as folhas da planta, causando desfolhamento, amadurecimento prematuro e afetando o rendimento de grãos, qualidade das sementes e das fibras. Outro patógeno que está relacionado ao acamamento é a Escletotinia e a Podridão da Haste, tendo como agente causal a *Sclerotinia sclerotiorum*. Esse patógeno é generalista entre as culturas da canola, girassol, soja, leguminosas e outras espécies de plantas, devido à sua alta taxa de sobrevivência no solo, que pode durar de 3 a 4 anos.

Portando, a fim de se evitar problemas com o acamamento, a dose com melhor ajuste se aproxima da dose de 90 kg ha⁻¹ de N, facilitando os manejos culturais do linho. Essa dose também se destaca em relação à análise do sensoriamento digital, quando analisado a refletância do dossel vegetativo e a cobertura do solo, sendo evidenciadas as doses entre 90 kg ha⁻¹ e 150 kg ha⁻¹ de N, que possuem melhores resultados em relação à altura de planta em diferentes estádios de desenvolvimento e cobertura do solo. Rahimi *et al.* (2011) obtiveram efeito positivo em seu trabalho realizado com linhaça, tendo um desenvolvimento de acordo com a quantidade de fertilizantes nitrogenados aplicados até a dose de 100 kg ha⁻¹.

IV. CONCLUSÃO

A avaliação das variedades marrom e dourado, por meio do índice de vegetação por diferença normalizada, indica que a dose de 150 kg ha⁻¹ foi a que apresenta maiores valores de refletância com o uso do NDVI. No entanto, essa dose também resultou em um grande desenvolvimento e acamamento das plantas

A altura das plantas apresenta uma resposta linear positiva tanto para a testemunha quanto para todas as doses de nitrogênio em cobertura. No entanto, sem o uso de nitrogênio em cobertura, o crescimento das plantas é mais lento.

Doses acima de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio favorecem o acamamento das plantas, e a variedade marrom é mais suscetível.

V. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ANTONELLI, J.; LINDINO, C. A.; SANTOS, R. F.; NADALETTI, W. C.; CREMONEZ, P.; ROSSI, E.; FRIEDRICH, L. Resposta da cultura da linhaça ao nitrogênio. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 14, n. 1, p. 39-42, 2015. DOI: 10.18188/sap.v14i1.8646.
- ASADI, S.; BANNAYAN, M.; JAHAN, M.; HOSSEINI, A. F. Using the red-near infrared spectral to estimate ground cover based on vegetative indices. **International Journal of Remote Sensing**, v. 40, n. 18, p. 7153-7168, 2019. DOI: 10.1080/01431161.2019.1601282.
- BARROSO, A. K. M.; TORRES, A. G.; CASTELO-BRANCO, V. N.; FERREIRA, A.; FINOTELLI, P. V.; FREITAS, S. P.; ROCHA-LEÃO, M.H. M. da. Linhaça marrom e dourada: propriedades químicas e funcionais das sementes e dos óleos prensados a frio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 1, p. 181-187, 2014. DOI: 10.1590/S0103-84782014000100029.

BOSCO, L. C.; CARDUCCI, C. E.; FIOREZE, A. C. da C. L.; KOHN, L. S.; BECKER, D.; KONKOL, A. C. B. Experiências com o cultivo de linhaça em Santa Catarina: aspectos edafoclimáticos e genéticos. In: VELHO, J. P.; LÚCIO, A. D. (org.) **Linhaça: Perspectiva de Produção e Usos na Alimentação Humana e Animal**. Ponta Grossa: Atena, 2021. p. 10- 36.

BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A. T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. **Ciência Rural**, v. 43, n. 7, p. 1147-1154, 2013. DOI: 10.1590/S0103-84782013005000080.

COELHO, A. P.; de FARIA, R. T.; BARBOSA, A. M. S.; DALRI, A. B.; ROSALEN, D. L. Agronomic performance of white oats cultivated under fertigation with treated sewage effluent and definition of critical limits of Normalized Difference Vegetation Index. **Bragantia**, v. 78, n. 4, p. 553-563, 2019. DOI: 10.1590/1678-4499.20190082.

COSKUNER, Y.; KARABABA, E. Some physical properties of flaxseed (*Linum. usitatissimum* L.). **Journal of Food Engineering**, v. 78, n. 3, p. 1067-1073, 2007. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2005.12.017.

CQFS-Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Núcleo Regional Sul, Comissão de química e Fertilidade do solo, 2016.

DORDAS, C. A. Nitrogen and dry matter dynamics in linseed as affected by the nitrogen level and genotype in a Mediterranean environment. **Biomass and Bioenergy**, v. 43, n. 1, p. 1–11, 2012. DOI: 10.1016/j.biombioe.2012.04.001.

DORDAS, C. A. Variation of physiological determinants of yield in linseed in response to nitrogen fertilization. **Industrial Crops and Products**, v. 31, n. 3, p. 455-465, 2010. DOI: 10.1016/j.indcrop.2010.01.008.

FAOSTAT- **Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistics**. Crops. Disponível em:< <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>>. Acesso em: 05 mai. 2023.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. DOI: 10.1590/S1413-70542011000600001.

GALEGO, C. X.; FERREIRA, J. C. R.; CARDUCCI, E. C. Sequestro de carbono de um latossolo caulínico sob cultivo de linhaça em manejo conservacionista. **Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 4, e341324, 2022. DOI: 10.47820/recima21.v3i4. 1324.

GALLO, B. C.; DEMATTÊ, J. A. M.; RIZZO, R.; SAFENELLI, J. L.; MENDES, W. S.; LEPSCH, I. F.; SATO, M. V.; ROMERO, D. J.; LACERDA, M. P. C. Multi-Temporal Satellite Images on Topsoil Attribute Quantification and the Relationship with Soil Classes and Geology. **Remote Sensing**, v. 10, n. 10, p. 1571, 2018. DOI: 10.3390/rs10101571.

GAO, F.; ANDERSON, M.; DAUGHTRY, C.; JOHNSON, D. Assessing the Variability of Corn and Soybean Yields in Central Iowa Using High Spatiotemporal Resolution Multi-Satellite Imagery. **Remote Sensing**, v. 10, n. 1489, p. 1-22, 2018. DOI: 10.3390/rs10091489.

GROWING FLAX. **Production, Management & Diagnostic Guide: Flax Council of Canada**:Saskatoon, Saskatchewan, Manitoba. 5º ed. 2002. 59 p. Disponível em: < https://www.saskflax.com/quadrant/media/Pdfs/Growing%20Flax/150101_FCOC-growers-guide-v11.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

HUTRA, D. J.; CARVALHO, I. R.; SILVA, J. A. G. da.; HUTH, C.; LORO, M. V.; ZIMMERMANN, C. S.; SANGIOVO, J. P.; MOURA, N. B. Efficient management of the time and dose of nitrogen application in linseed. **Brazilian Journal of Agriculture**, v. 97, n. 1, p. 1-16, 2022. DOI: 10.37856/bja.v97i1.4301.

LÓPEZ-URREA, R.; SÁNCHEZ, J. M.; DE LA CRUZ, F.; GONZÁLEZ-PIQUERAS, J.; CHAVES, J. L. Evapotranspiration and crop coefficients from lysimeter measurements for sprinkler-irrigated canola. **Agricultural Water Management**, v. 239, p. 1-10, 2020. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106260.

PÔÇAS, I.; CALERA, A.; CAMPOS, I.; CUNHA, M. Remote sensing for estimating and mapping single and basal crop coefficients: A review on spectral vegetation indices approaches. **Agricultural Water Management**, v. 233, p. 106081, 2020. DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106081.

RAHIMI, M. M.; ZAREI, M. A.; ARMINIAN, A. Selection criteria of flax (*Linum usitatissimum* L.) for seed yield, yield components and biochemical compositions under various planting dates and nitrogen. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, p. 3167–3175, 2011. DOI: 10.5897/AJAR11.382.

SANTOS, A. C. do.; FERREIRA, P. M.; LOPES, P. M.; BRAGA, M.; VIANA, N. M. **Estudo prospectivo de óleos vegetais: o caso da Embrapa Agroenergia**. 1 ed. Brasília: Embrapa Agroenergia, 2022. 110p.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C dos.; OLIVEIRA, V. A de.; LUMBREAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A de.; ARAUJO FILHO, J. C de.; OLIVEIRA, J. B de.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5.ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 356p.

SANTOS, R. F.; ZORNITTA, N.; BARICCATTI, R. A.; CARPISKI, M.; SANTOS, M. A. dos. Nitrogênio no cultivo da linhaça dourada (*Linus usitatissimum*). **Acta Iguazu**, v. 2, n. 3, p. 73-83, 2013. DOI: 10.48075/actaiguaz.v2i3.8628.

SOARES, L. L.; PACHECO, J. T.; BRITO, C. M. de.; TROINA, A. de A.; BOAVENTURA, G. T.; GUZMÁN-SILVA, M. A. Avaliação dos efeitos da semente de linhaça quando utilizada como fonte de proteína nas fases de crescimento e manutenção em ratos. **Revista de Nutrição**, v. 22, n. 8, p. 483-491, 2009. DOI: 10.1590/S1415-52732009000400004.

VIAN, A. L.; BREDEMEIER, C.; TURRA, M. A.; GIORDANO, C. P. S.; FOCESATTO, E.; da SILVA, J. A.; DRUM, M. A. Nitrogen management in wheat based on the normalized difference vegetation index (NDVI). **Ciência Rural**, v. 48, n. 9, e20170743, 2018. DOI: 10.1590/0103-8478cr20170743.

YAO, F.; TANG, P.; WANG, P.; ZHANG, J. Estimation of maize yield by using a process-based model and remote sensing data in the Northeast China Plain. **Physics and Chemistry of the Earth**, v. 87, n. 88 p. 142-152, 2015. DOI: 10.1016/j.pce.2015.08.010.

VI. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica-PIBIC/CNPq/UFSM pela disponibilização de bolsa durante o andamento do projeto.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

PROPRIEDADES FUNGICIDAS E ANTIOXIDANTES DE *Schinus terebinthifolia* Raddi PARA O CONTROLE DE FUNGOS ASSOCIADOS A SEMENTES

FUNGICIDAL AND ANTIOXIDANT PROPERTIES OF Schinus terebinthifolia Raddi FOR THE CONTROL OF SEED-ASSOCIATED FUNGI

Juliana Trindade Lima¹
Antonio Fernando de Souza²
Hildegardo Seibert França³

Resumo – *Aroeira (Schinus terebinthifolia) é uma planta pertencente à família botânica Anacardiaceae. Este estudo objetivou investigar a atividade antifúngica in vitro, antioxidante e a composição química do extrato etanólico e de suas respectivas frações de polaridades crescentes de folhas de S. terebinthifolia. Os extratos foram obtidos por maceração com etanol absoluto e posteriormente a extração com solventes de diferentes polaridades. O efeito antifúngico foi determinado in vitro pelo método de difusão em ágar, sobre os fungos associados a sementes crioulas durante o armazenamento, Aspergillus sp. e Rhizopus sp. Determinou-se o conteúdo de fenóis totais e a capacidade antioxidante pelos ensaios ABTS e DPPH. O extrato etanólico e a fração diclorometano apresentaram o maior percentual de inibição do crescimento fúngico de Aspergillus sp. e Rhizopus sp. com valores da CIM entre 2.5 e 0.625 mg/mL. A fração butanol exibiu a maior capacidade antioxidante e a fração acetato de etila o maior teor de compostos fenólicos (630.6 ± 4.1 mg EAT/g). Foram identificados 16 compostos, sendo os majoritários, linolato de etila, limoneno, sitosterol e palmitato de etila. S. terebinthifolia pode ser um recurso útil para o desenvolvimento de formulação de um biofungicida contra pragas em sistemas agroecológicos.*

Palavras-chave: Pesticidas. Fitopatógenos. Fitoquímica.

Abstract – *Pink pepper (Schinus terebinthifolia) is a plant belonging to the Anacardiaceae family. This study aimed to investigate the in vitro antifungal activity, antioxidant, and chemical composition of the ethanolic extract, and its respective fractions of increasing polarities from S. terebinthifolia leaves. The extracts were obtained by maceration with absolute ethanol and*

¹ Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) Vitória/ES. Contato: julianatrindade111@gmail.com.

² Doutorado em Agronomia (UFV); docente do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Santa Tereza. Contato: antoniofs@ifes.edu.br.

³ Doutor em Química de Produtos Naturais (UFRJ); docente do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Vila Velha. Contato: hildegardo.franca@ifes.edu.br.

subsequently extraction with solvents of different polarities. The antifungal effect was determined in vitro by the agar diffusion method, on fungi associated with creole seeds during storage, Aspergillus sp. and Rhizopus sp. The total phenol content and antioxidant capacity were determined by the ABTS and DPPH assays. The ethanolic extract and the dichloromethane fraction showed the highest percentage of fungal growth inhibition of Aspergillus sp. and Rhizopus sp. with MIC values between 2.5 and 0.625 mg/mL. The butanol fraction exhibited the highest antioxidant capacity, and the ethyl acetate fraction had the highest content of phenolic compounds (630.6 ± 4.1 mg EAT/g). Sixteen compounds were identified, with ethyl linoleate, limonene, sitosterol, and ethyl palmitate being the major ones. S. terebinthifolia may be a useful resource for developing a biofungicide formulation against pests in agroecological systems.

Keywords: Pesticides. Phytopathogens. Phytochemistry.

I. INTRODUÇÃO

Os agroecossistemas sofrem com pragas fúngicas que aceleram o processo de deterioração de sementes e grãos armazenados, afetando negativamente a produção agrícola, principalmente do feijão e do milho (KUMAR *et al.*, 2020). O uso de fungicidas sintéticos é o meio mais eficaz para o manejo de pragas, pois estão prontamente disponíveis para os agricultores. No entanto, os efeitos nocivos desses agroquímicos no meio ambiente e na saúde humana, bem como o surgimento de fitopatógenos resistentes a pesticidas, têm aumentado a necessidade de controle seguro e sustentável de pragas (NIEDER *et al.*, 2018).

Os pesticidas botânicos, devido à sua baixa toxicidade, biodegradabilidade e mecanismos de ação diferentes, têm sido considerados como uma alternativa viável aos agroquímicos na agricultura sustentável. Com isso, extratos e óleos essenciais de plantas têm sido testados em busca de potenciais produtos para o controle de patógenos (DIAS *et al.*, 2020; YU *et al.*, 2022).

Schinus terebinthifolia Raddi (Sin.: *Schinus terebinthifolius* Raddi), conhecida como pimenta rosa ou aroeira, é uma planta cujos frutos são usados como condimento alimentar. Essa planta é amplamente utilizada na medicina popular devido às suas propriedades antioxidantes, antifúngicas, antibacterianas e anticancerígenas gome. Estudos anteriores relacionaram a atividade antioxidante de *S. terebinthifolia* aos seus compostos fenólicos (ULIANA *et al.*, 2016).

Estudos fitoquímicos identificaram a presença de terpinenol, galotaninos, ácido gálico, flavonoides, ácidos ferúlico, caféico e quercetina em *S. terebinthifolia* (ULIANA *et al.*, 2016; GOMES *et al.*, 2020; MOHAMED *et al.*, 2020). Embora estudos tenham descrito a atividade antifúngica de *S. terebinthifolia*, a maioria deles limitou-se ao estudo dos óleos essenciais (BELHOUSSEINE *et al.*, 2022), sabendo-se pouco sobre as potencialidades dos extratos obtidos a partir de solventes de diferentes polaridades.

Considerando a importância de todos os compostos da planta, tanto polares quanto apolares, e as possíveis sinergias entre eles, o objetivo deste trabalho foi realizar o rastreamento fitoquímico do extrato etanólico e frações de polaridades crescentes das folhas de *S. terebinthifolia*, avaliando-se o potencial antioxidante e a atividade antifúngica *in vitro* contra fungos associados a sementes crioulas durante o armazenamento.

II. METODOLOGIA

Folhas de *S. terebinthifolia* foram coletadas na Fazenda Experimental Engenheiro Agrônomo Reginaldo Conde (FERC) do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER), Viana, ES. A exsicata foi depositada com o código VIES 36158 no Herbário do Departamento de Botânica da Ufes.

As folhas coletadas foram secas em estufa com circulação de ar a 40 °C por 24h e em seguida trituradas. Para a obtenção do extrato etanólico (EEtOH), as folhas foram maceradas em etanol 96%, na proporção de 1:10 (droga vegetal:etanol), à temperatura ambiente e ao abrigo de luz. Posteriormente, o extrato foi filtrado e o solvente removido em evaporador rotativo. O solvente recuperado foi adicionado ao resíduo das folhas e remacerado até o esgotamento total da droga vegetal.

Para a obtenção das frações de diferentes polaridades, parte do EEtOH foi ressuspenso em mistura de etanol-água (8:2) e submetido às sucessivas partições líquido-líquido, com solventes orgânicos de polaridades crescentes, que após retirada total dos solventes, foram obtidas as frações: hexano (FHex), diclorometano (FDCM), acetato de etila (FAcOH), n-butanol (FBuOH) e o residual após as partições foi denominado de fração aquosa (FAq) (LIMA; DE SOUZA; FRANÇA, 2022)

Para a avaliação da atividade antifúngica foram preparadas soluções estoques a partir do extrato etanólico e das frações na concentração de 15 mg/mL em dimetilsulfóxido (DMSO). Para os testes antifúngicos *in vitro*, as amostras foram diluídas para as concentrações de 0.1; 5.0 e 10.0 mg/mL. Como controle negativo foi usada uma solução de DMSO a 0.5% e o controle positivo foi o fungicida tiofanato metílico a 0.8 g/L, conforme recomendação da bula do produto. Estas soluções foram esterilizadas por filtração através de membrana Milipore® de 0,45 µm. Para os testes de antioxidantes e quantificação dos fenóis totais foram preparadas soluções em diferentes concentrações de 1000; 500; 250; 125 e 62.5 µg/mL.

Para a avaliação *in vitro* da atividade antifúngica foi utilizado o método de difusão em ágar. O extrato etanólico e frações foram testados sobre *Aspergillus sp.* e *Rhizopus sp.*, isolados a partir de sementes crioulas de feijão e milho do banco de sementes do Ifes campus Santa Teresa. Os patógenos fúngicos foram identificados no Laboratório de Diagnóstico de Doenças de Plantas do Ifes campus Santa Teresa.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, no esquema fatorial 6x3 +2, com três repetições. O fator A foi composto por seis diferentes extratos (EEtOH; FHex; FDCM; FAcOH; FBuOH; e FAq) e o fator B por três concentrações (0.1; 5.0 e 10.0 mg/mL), mais dois tratamentos adicionais, um controle negativo e outro positivo. Como controle negativo foi usada uma solução de DMSO a 0.5% e o controle positivo foi o fungicida comercial tiofanato metílico a 0.8 g/L, conforme recomendação da bula do produto.

Para a avaliação da atividade antifúngica, as soluções estoques esterilizadas (15mg/mL) foram diluídas em meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA) esterilizado, em estado fundente para obtenção das concentrações finais de 0.1; 5.0 e 10.0 mg/mL para cada um dos respectivos extratos. Em seguida, as soluções finais foram vertidas em placas de Petri de 5.0 cm de diâmetro dentro da capela de fluxo laminar. Após a solidificação do meio, um disco de 0.5 cm de diâmetro da cultura dos respectivos isolados com 120h de incubação, foi repicado para o centro de cada placa de Petri. As placas foram vedadas com filme de PVC e incubadas em câmara de crescimento (BOD) a 25°C e fotoperíodo de 12h, até que o crescimento micelial dos respectivos fungos, no tratamento controle negativo, atingisse a borda da placa.

A avaliação do crescimento micelial foi realizada por meio da medição diária do diâmetro (em cm) das colônias. Os dados obtidos foram utilizados na determinação do percentual de inibição do crescimento micelial (PIC) que foi estimado por meio da equação (KORDALI *et al.*, 2003):

$$PIC (\%) = (Dc - Dt) / Dc \times 100 \quad (1)$$

Dc = Diâmetro médio micelial do controle negativo (cm); Dt = Diâmetro médio micelial dos tratamentos (cm).

Entre todos os tratamentos, o extrato mais promissor foi selecionado para a determinação da concentração inibitória mínima (CMI). A CIM foi estipulada pela menor concentração dos tratamentos que preveniu o crescimento micelial das colônias, visível a olho nu (TALIBI *et al.*, 2012). O teste consistiu em diluições seriadas decrescentes a partir de soluções estoques de 15mg/mL. Estas soluções foram solubilizadas em meio de cultura BDA até a obtenção de concentrações finais de 5.00; 2,50; 1.25; 0.625 e 0.3125 mg/mL, em seguida, realizado o método de difusão em ágar como mencionado anteriormente. A menor concentração que inibiu o crescimento visível do organismo testado após avaliação macroscópica foi determinada como CIM. Todas as determinações foram feitas em triplicatas.

A capacidade antioxidante do extrato etanólico e frações de *S. terebinthifolia* pela captura do radical livre 2,2-difenil-1-picril hidrazil (DPPH) foi determinada conforme Casagrande *et al.* (2007), com modificações. O ensaio consistiu na mistura de 500 µL de uma solução etanólica de DPPH 250 µM, mais 30 µL de soluções contendo concentrações decrescentes dos extratos em etanol (1000.0; 500.0; 250.0; 125.0 e 62.5 µ/mL), 1000 µL de tampão acetato 0.1M e 1000 µL de etanol absoluto. A solução denominada “branco” foi preparada com mistura de etanol-DPPH. Após 30 min de incubação à temperatura ambiente, a absorbância foi lida contra um branco a 517 nm em espectrofotômetro UV-Visível. A atividade de captura do radical DPPH foi expressa por meio da porcentagem de inibição

$$IC\%_{DPPH} = 100 - A_{AMOSTRA}/A_{CONTROLE} \times 100 \quad (2)$$

Onde, $A_{AMOSTRA}$ é a absorbância da reação dos tratamentos, e $A_{CONTROLE}$ é a absorbância do controle (contendo todos os reagentes, exceto a amostra dos tratamentos).

A capacidade antioxidante do extrato etanólico e frações de *S. terebinthifolia* frente ao radical livre 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) (ABTS) foi realizada de acordo com Lima *et al.* (2022). O cátion $ABTS^{+}$ foi produzido reagindo 7 mM da solução estoque ABTS com 2.45 mM de persulfato de potássio. A mistura foi armazenada em frasco escuro e em temperatura ambiente por 16 horas antes do uso. Diluiu-se a solução de ABTS em tampão fosfato (pH 7.4) para obter uma absorbância entre 0.7 a 730 nm. As amostras foram diluídas em etanol, gerando soluções com concentrações variando de 62.5 a 1000.0 µg/mL. Após a adição de 10µL de amostra diluída, as leituras de absorbância a 730 nm em espectrofotômetro foram realizadas após 6 minutos de reação. O poder antioxidante foi calculado pela porcentagem de inibição da atividade do radical ABTS ($IC\% (ABTS)$), de acordo com a equação:

$$IC\%_{ABTS} = 100 - A_{AMOSTRA}/A_{CONTROLE} \times 100 \quad (3)$$

Onde, $A_{AMOSTRA}$ é a absorbância da reação dos tratamentos, e $A_{CONTROLE}$ é a absorbância do controle (contendo todos os reagentes, exceto a amostra dos tratamentos).

Para a determinação de fenóis totais, utilizou-se o método com o reagente de Folin-Ciocalteu, conforme Makkar (2003), com modificações. Como padrão foi utilizado o reagente ácido tânico. A curva de calibração foi construída utilizando-se concentrações de 5.0; 10.0; 15.0; 20.0; 25.0; 30.0; 35.0; 40.0; 45.0 e 50.0 µg/mL de ácido tânico. Em seguida, em tubos de ensaio adicionaram-se 0.2 mL do extrato, 0.8 mL de água destilada, 0.5 mL do reagente de Folin-Ciocalteu e 2.5 mL de solução de carbonato de sódio a 5%. O branco continha todos os reagentes, exceto as amostras. As amostras foram homogeneizadas, guardadas no escuro e, após 40 min, a absorbância foi medida a 725 nm em espectrofotômetro. Todos os testes foram realizados em triplicata. Os teores de fenóis totais foram expressos como mg equivalente de ácido tânico por g de extrato (mg EAT/g).

As análises por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (CG/EM) foram realizadas por um Cromatógrafo Gasoso acoplado a um Espectrômetro de Massas da Agilent 7890B (Agilent, California, USA) e detector massa modelo 5977A MSD com impacto de elétrons de 70eV. A coluna utilizada foi uma HP-5 de 30 m x 250 µm x 0,25 µm. O injetor foi ajustado para uma temperatura de 290 °C e o detector para 310 °C. A eluição foi iniciada numa rampa de aquecimento iniciando a 40 °C com taxa de aquecimento de 5 °C/min até 280 °C, seguido com taxa de aquecimento de 15 °C/min até 310 °C permanecendo nessa temperatura por 10min.

Para caracterização foi utilizado padrão de alcano de C10 a C40 que foram submetidos às mesmas condições cromatográficas. Os compostos foram identificados através da comparação com a biblioteca da base NIST seguido pela comparação dos índices de retenção da literatura (EL-SAYED, 2018; NIST, 2018).

As análises estatísticas para os dados de porcentagem de inibição de crescimento micelial foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Analisou-se a interação entre os fatores e, em seguida, procedeu-se aos necessários desdobramentos, onde aplicou-se o teste Tukey ($P < 0.05$). Os valores de IC50 foram obtidos por análise de regressão linear. A atividade antioxidante (DPPH e ABTS) e o conteúdo de compostos fenólicos totais foram submetidos à ANOVA, em seguida, aplicou-se o teste Tukey ($P < 0.05$), com o auxílio do software RStudio (RStudio, 2020).

III. RESULTADOS

Os resultados dos ensaios antifúngicos do EEtOH e frações de aroeira contra *Aspergillus* sp. e *Rhizopus* sp. encontram-se na Tabela 1. Entre as amostras de aroeira, a FDCM e o EEtOH foram mais eficazes em inibir o crescimento de *Aspergillus* sp. em todas as concentrações avaliadas. No entanto, o aumento da concentração de 5.0 mg/mL para 10 mg/mL não houve diferença de inibição.

No *Rhizopus* sp., os tratamentos mais eficazes foram obtidos com a aplicação da FDCM, seguido pela FAcOH e FBUOH nas concentrações de 5.0 e 10 mg/mL, sendo a 10 mg/mL os maiores valores de inibição com 69.5, 45.1 e 34.4% para FDCM. O fungicida sintético inibiu 9.8% do crescimento micelial. Na menor concentração, somente a FDCM (6.7%) apresentou efeito semelhante ao controle positivo (tiofanato metílico).

Tabela 1 - Porcentagem de inibição do crescimento micelial (PIC) de *Aspergillus* sp. e *Rhizopus* sp. submetidos a diferentes concentrações do extrato etanólico e frações de folhas de *S. terebinthifolia*

Tratamentos	<i>Aspergillus</i> sp. (PIC)			<i>Rhizopus</i> sp. (PIC)		
	Concentração mg/mL			Concentração mg/mL		
	0.1	5.0	10.0	0.1	5.0	10.0
EEtOH	6.3 ± 1.7 ^b	11.1 ± 2.3 ^b	14.3 ± 3.2 ^b	3.4 ± 1.2 ^b ^c	6.4 ± 1.8 ^d	20.3 ± 5.1 ^d
FHex	1.2 ± 0.5 ^{cd}	4 ± 1.10 ^{cd}	7.0 ± 1.5 ^c	3.0 ± 1.9 ^{bc}	5.7 ± 1.2 ^d	10.6 ± 2.5 ^e
FDCM	3.1 ± 1.0 ^{3c}	11 ± 2.4 ^b	15.3 ± 2.7 ^b	6.7 ± 2.1 ^{ab}	54.6 ± 7.3 ^a	69.5 ± 4.3 ^a
FAcOH	2.1 ± 0.9 ^{cd}	5.3 ± 1.7 ^c	7.4 ± 1.6 ^c	1.1 ± 0.3 ^c	31.6 ± 3.6 ^b	45.1 ± 3.9 ^b
FBUOH	0.0 ± 0.0 ^d	3.4 ± 1.3 ^{cd}	6.3 ± 2.1 ^c	0.0 ± 0.0 ^c	22.0 ± 2.4 ^c	34.4 ± 1.5 ^c
FAq	0.0 ± 0.0 ^d	1.6 ± 0.3 ^{de}	1.8 ± 0.7 ^d	0.0 ± 0.0 ^c	5.3 ± 1.1 ^{de}	2.2 ± 0.8 ^f
DMSO	0.0 ± 0.0 ^d	0.0 ± 0.0 ^e	0.0 ± 0.0 ^d	0.0 ± 0.0 ^c	0.0 ± 0.0 ^e	0.0 ± 0.0 ^f
Tiofanato metílico	23 ± 4.6 ^a	23 ± 4.6 ^a	23 ± 4.6 ^a	9.8 ± 2.6 ^a	9.8 ± 2.6 ^d	9.8 ± 2.6 ^e

EEtOH: extrato etanólico; FHex: fração hexano; FDCM: fração diclorometano; FAcOH: fração acetato de etila; FBUOH: fração butanol; FAq: fração aquosa; DMSO: controle negativo; Fungicida: Tiofanato metílico cercobin. Os valores são apresentados como média ± D.P. (n=3).

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($p < 0.05$).

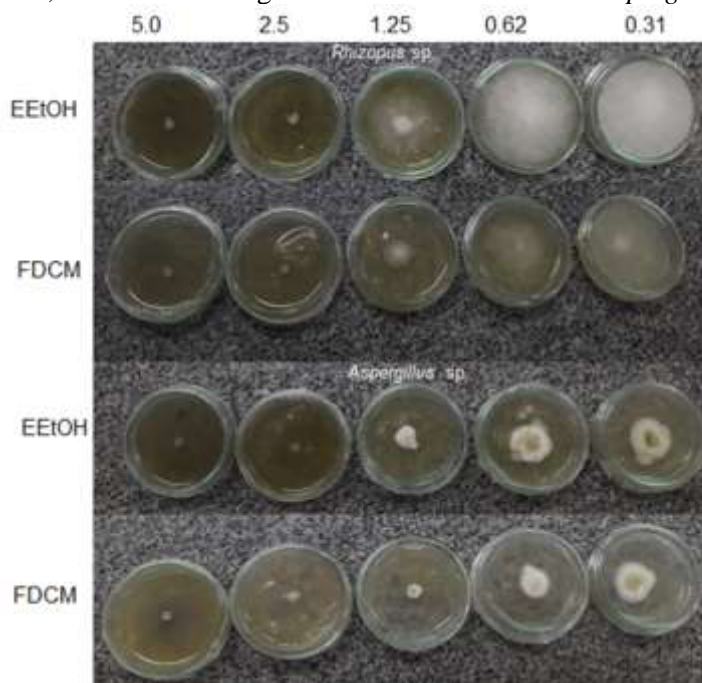
A FDCM foi considerada a mais promissora em virtude da alta ação antifúngica nos testes de suscetibilidade e o EEtOH por conter todos os grupos químicos do metabolismo secundário presentes na planta, assim foram selecionados para a determinação da concentração inibitória mínima (CIM) (Tabela – 2 e Figura – 1). O EEtOH apresentou CIM com valor igual a 2.50 mg/mL para os ambos os fungos, enquanto o valor observado na FDCM foi igual 1.25 mg/mL para *Aspergillus sp.* e 0.625 mg/mL para *Rhizopus sp.*

Tabela 2 - Concentração Inibitória Mínima (CIM) do EEtOH e FDCM de folhas de *S. terebinthifolia* contra o crescimento de *Aspergillus sp.* e *Rhizopus sp.*

Extratos mais ativos na PIC	MIC (mg/mL)	
	<i>Aspergillus sp.</i>	<i>Rhizopus sp.</i>
EEtOH	2.50	2.50
FDCM	1.25	0.625

EEtOH: extrato etanólico; FDCM: fração diclorometano

Figura 1 - Concentração Inibitória Mínima (CIM) do EEtOH e FDCM em diferentes concentrações 5.00; 2,50; 1.25; 0.625 e 0.3125 mg/mL contra o crescimento de *Aspergillus sp.* e *Rhizopus sp.*



Fonte: Dados da pesquisa

O resultado do potencial antioxidante dos extratos de *S. terebinthifolia* foi estudado por meio dos testes de radicais sintéticos, DPPH e ABTS, conforme Tabela 3. A maior capacidade antioxidante foi obtida na FBUOH pelos dois métodos avaliados, DPPH e ABTS, cujos valores dos IC₅₀ são 35.29 e 36.83 µg/mL, respectivamente. No entanto, para o ensaio DPPH, o EEtOH também apresentou capacidade antioxidante com IC₅₀ igual a 128.84 µg /mL. No ABTS, além da FBUOH, a FAcOH exibiu potencial antioxidante com IC₅₀ igual 119.79 µg/mL.

O conteúdo fenólico total (CFT) dos extratos de *S. terebinthifolia* foram estimados usando o ensaio de Folin-Ciocalteu, e os resultados obtidos foram expressos como µg de equivalentes de ácido tânico por mg de extrato (µg EAT/mg), usando a seguinte equação de

regressão linear da curva de calibração traçada para ácido tânico: $Y = 0.0017 + 0.0198x$ e $R^2 = 0.99$. Os maiores teores de fenóis totais foram obtidos na FAcOH (630.6 ± 4 mg EAT/g), seguido da FBuOH (510.3 ± 3.9 mg EAT/g) e no EEtOH (400.80 ± 5.7 mg EAT/g). A FHex exibiu o menor teor entre todos os produtos com 30.3 ± 2 µg EAT/mg (Tabela 3).

Tabela 3- Conteúdo fenólico total e atividade antioxidante por DPPH e ABTS do extrato etanólico e frações de folhas de *S. terebinthifolia*

Tratamentos	CFT (mg EAT/g)	DPPH IC50 (µg/mL)	ABTS IC50 (µg/mL)
EEtOH	400.80 ± 5.7^c	128.84 ^b	236.94 ^d
FHex	30.3 ± 2.4^e	-	-
FDCM	120.9 ± 1.0^d	-	213.87 ^c
FAcOH	630.6 ± 4.1^a	160.11 ^c	119.79 ^b
FBuOH	510.3 ± 3.9^b	35.29 ^a	36.83 ^a
FAq	190.4 ± 2.3^d	910.69 ^d	-
Quercetina	-	78.04	-

CFT: conteúdo de fenóis totais; EEtOH: extrato etanólico; FHex: fração hexano; FDCM: fração diclorometano; FAcOH: fração acetato de etila; FBuOH: fração butanol; FAq: fração aquosa; EAT: Equivalente em ácido tânico; (-): valores não foram encontrados. Os valores são apresentados como média \pm D.P. (n=3). Médias seguidas por uma mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste Tukey ($p < 0.05$).

Para o EEtOH e as FHex e FDCM de *S. terebinthifolia*, os perfis cromatográficos pelo método de CG/EM demonstra a presença de monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos e triterpenos, assim como derivados de ácidos graxos (Tabela 4). Nas amostras de EEtOH e FHex foi possível identificar 54.37% e 50.74% das substâncias, respectivamente, sendo o, o palmitato de etila, o sitosterol, o fitol, linoleato de etila e a vitamina E (tocoferol) presentes numa porcentagem maior que 3%. O linolenato de etila foi o composto identificado em maior porcentagem relativa no EEtOH (15.84%) e na FHex (11.38%), uma vez que esse mesmo composto se encontra a 2.05% na FDCM.

Tabela 4 - Compostos identificados por cromatografia em fase gasosa acoplada ao espectrômetro de massa a partir dos extratos etanólico e das frações hexano e diclorometano das folhas de *S. terebinthifolia*

Tempo de retenção (min)	Compostos identificados	KI ^a	Amostras de aroeira com % das áreas dos cromatogramas		
			EEtOH	FHex	FDCM
16.99	Limoneno-1,2-diol	1338	-	-	10.36
17.478	Eugenol	1356	-	-	1.55
23.647	Rosifoliol	1604	-	1.09	-
24.716	Cadinol	1652	-	1.34	-
26.299	acetato de guaiol	1723	1.24	1	-
27.44	δ-Selineno	1776	1.45	0.84	-
27.622	acetato de eudesmol	1784	-	1.33	-
31.228	ácido hexadecanóico	1962	-	1.93	3.51
31.866	Palmitato de etila	1995	9.26	7	-
34.051	fitol	2113	5.67	6.4	-
34.938	Éster etílico de ácido linoleico	2162	4.15	3.47	-
35.057	linolenato de etila	2169	15.84	11.38	2.05
42.659	Ácido octadecanóico, éster 2,3-dihidroxipropil	2716	1.5	-	3.82

43.255	esqualeno	2832	2.55	1.86	-
44.682	Vitamina E	3151	3.99	4.23	-
45.808	γ -Sitosterol	3357	8.72	8.87	2.95
Total (%)			54.37	50.74	24.24

IV. CONCLUSÃO

Neste estudo, a fração diclorometano e a fração butanol de folhas de *S. terebinthifolia* apresentam atividade antifúngica *in vitro* e antioxidante, respectivamente. Mais estudos são necessários para isolar os componentes ativos dos extratos e elucidar o exato mecanismo de ação das atividades antifúngica e antioxidante bem como testes *in vivo* no tratamento de sementes na pós-colheita para o desenvolvimento de novas estratégias na prevenção de fungos fitopatogênicos durante o armazenamento de grãos e sementes.

V. REFERÊNCIAS

BELHOSSAINE, Oumayma; EL KOURCHI, Chaimae; HARHAR, Hicham; BOUYAHYA, Abdelhakim; EL YADINI, Adil; FOZIA, Fozia; ALOTAIBI, Amal; ULLAH, Riaz; TABYAOU, Mohamed. Chemical Composition, Antioxidant, Insecticidal Activity, and Comparative Analysis of Essential Oils of Leaves and Fruits of *Schinus molle* and *Schinus terebinthifolius*. **Evidence-based Complementary and Alternative Medicine**, vol. 2022, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/4288890>.

CASAGRANDE, Rúbia; GEORGETTI, Sandra R.; VERRI, Waldiceu A.; BORIN, Maria F.; LOPEZ, Renata F.V.; FONSECA, Maria J.V. In vitro evaluation of quercetin cutaneous absorption from topical formulations and its functional stability by antioxidant activity. **International Journal of Pharmaceutics**, vol. 328, nº 2, p. 183–190, 10 jan. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2006.08.006>.

DIAS, A. L.B.; SOUSA, W. C.; BATISTA, H. R.F.; ALVES, C. C.F.; SOUCHIE, E. L.; SILVA, F. G.; PEREIRA, P. S.; SPERANDIO, E. M.; CAZAL, C. M.; FORIM, M. R.; MIRANDA, M. L.D. Chemical composition, and in vitro inhibitory effects of essential oils from fruit peel of three citrus species and limonene on mycelial growth of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Brazilian Journal of Biology**, vol. 80, nº 2, p. 460–464, 1 abr. 2020. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.216848>.

El-Sayed AM.2018. The Pherobase: database of pheromones and semiochemicals. Available in: <http://www.pherobase.com> (Accessed april 2022).

GOMES, Rodrigo Borges de Araujo; DE SOUZA, Erica Santana; GERHARDT BARRAQUI, Nataly Senna; TOSTA, Cristina Luz; NUNES, Ana Paula Ferreira; SCHUENCK, Ricardo Pinto; RUAS, Fabiana Gomes; VENTURA, José Aires; FILGUEIRAS, Paulo Roberto; KUSTER, Ricardo Machado. Residues from the Brazilian pepper tree (*Schinus terebinthifolia* Raddi) processing industry: Chemical profile and antimicrobial activity of extracts against hospital bacteria. **Industrial Crops and Products**, vol. 143, 1 jan. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.079>.

KUMAR, Deepak; SINGH, K. N.; SHAMIM, M. D.; KUMAR, Mahesh; SIDDIQUI, Wasim; SRIVASTAVA, Deepti; KUMAR, Sanjeev; KUMAR, Rakesh; UPADHYAY, Pravin Kumar. Storage of fungi with rice (*Oryza sativa*)-PRH 10 and their influence on seed quality. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, vol. 90, nº 7, p. 1250–1253, 1 jul. 2020. <https://doi.org/10.56093/ijas.v90i7.105572>.

LIMA, Juliana Trindade; DE SOUZA, Antonio Fernando; FRANÇA, Hildegardo Seibert. *Ocimum gratissimum* L.: A natural alternative against fungi associated with bean and maize seeds during storage. **Agronomia Colombiana**, vol. 40, nº 3, p. 395–402, 1 set. 2022. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v40n3.105851>.

MAKKAR, Harinder P. S. Measurement of Total Phenolics and Tannins Using Folin-Ciocalteu Method. **Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2003. p. 49–51. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0273-7_3.

MOHAMED, Abeer A.; BEHIRY, Said I.; ALI, Hayssam M.; EL-HEFNY, Mervat; SALEM, Mohamed Z.M.; ASHMAWY, Nader A. Phytochemical compounds of branches from *P. halepensis* oily liquid extract and *S. terebinthifolius* essential oil and their potential antifungal activity. **Processes**, vol. 8, nº 3, 1 mar. 2020. <https://doi.org/10.3390/pr8030330>.

NIEDER, Rolf; BENBI, Dinesh K.; REICHL, Franz X. Health Risks Associated with Pesticides in Soils. **Soil Components and Human Health**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2018. p. 503–573. https://doi.org/10.1007/978-94-024-1222-2_10.

NIST National Institute of Standards and Technology. <https://webbook.nist.gov/chemistry> Consulted February 5, 2022.

RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. RStudio, PBC, Boston, MA. <http://www.rstudio.com> [Consulted February 20, 2022].

TALIBI, I.; ASKARNE, L.; BOUBAKER, H.; BOUDYACH, E. H.; MSANDA, F.; SAADI, B.; AIT BEN AOUMAR, A. Antifungal activity of some Moroccan plants against *Geotrichum candidum*, the causal agent of postharvest citrus sour rot. **Crop Protection**, vol. 35, p. 41–46, maio 2012. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.12.016>.

ULIANA, Michele Pereira; FRONZA, Marcio; DA SILVA, Ary Gomes; VARGAS, Thais Souza; DE ANDRADE, Tadeu Uggere; SCHERER, Rodrigo. Composition and biological activity of Brazilian rose pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) leaves. **Industrial Crops and Products**, vol. 83, p. 235–240, 1 maio 2016. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.077>.

YU, Hao; LIN, Zi Xi; XIANG, Wen Liang; HUANG, Ming; TANG, Jie; LU, Yue; ZHAO, Qiu Huan; ZHANG, Qing; RAO, Yu; LIU, Lei. Antifungal activity and mechanism of D-limonene against foodborne opportunistic pathogen *Candida tropicalis*. **LWT**, vol. 159, 1 abr. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113144>.

VI. AGRADECIMENTOS

A UFES e ao IFES Vila Velha pelo apoio financeiro e infraestrutura. IFES pelo apoio da publicação pelo edital Prodif. A CAPES – Código de Financiamento 001

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

GERMINATION OF SOYBEAN SEEDS SUBMITTED TO TREATMENT WITH NUTRITIONAL COMPLEX

GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE SOJA SUBMETIDAS AO TRATAMENTO COM COMPLEXO NUTRICIONAL

Emmanuel Zullo Godinho¹

Ricardo Marques Barreiros²

Meirieli Nunes Beladeli³

Camilly Rafaela Floriano⁴

Matheus Augusto Santos Antoniazzi⁵

Abstract - *The Glycine max (L) Merrill or soy is considered a direct source of income in the agriculture of grains production in the summer. In this context, keeping and perfecting the grain production of this oilseed requires some care from the germination to storage. When we speak of production, the first thought is having viable seeds and a high rate of germination, and that is why the germinations tests are so important. With that in knowledge, this paper has the goal of determine the germination of soy seeds treated with Yogen®. The tests of germination were administered in gerbox boxes and germitest Papers, with treated seeds with Yogen®, and not only treated with distilled water, but the seeds were also conditioned in a germination camara regulated at 25°C and photoperiod in every 12 hours. For the germination in the gerbox boxes, the collected data for the treated seeds do not present an essential structure (radicular system – primary root) for the seedlings were classified as normal. The same has occurred in germinations using germitest paper. Being so, it was concluded that the biostimulator was the limiting factor of the non-germination in both the experiments, the causing may be the critical contact between nitrogen and the seed.*

Keywords: *Gerbox Boxes. Yogen® and Germitest Paper.*

Resumo - *A Glycine max (L) Merrill ou soja é considerada uma fonte direta de renda na agricultura de produção de grãos no verão. Neste contexto, manter e aperfeiçoar a produção de grãos desta oleaginosa requer alguns cuidados desde o plantio até a armazenagem.*

¹ Docente UNISAGRADO; Pós-doutorando FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu - SP). Contato: emmanuel.godinho@unisagrado.edu.br.

² Livre-Docente em Qualidade da madeira (UNESP); Doutor em Recursos Florestais (USP/São Paulo - SP); Docente FCA/UNESP – Engenharia Florestal. Contato: Ricardo.barreiros@unesp.br.

³ Doutoranda em Engenharia e Tecnologia Ambiental UFPR/PR); Docente Colégio Agrícola Estadual Adroaldo Augusto Colombo (Palotina/PR) – Engenheira Agrônoma. Contato: meirielinunes@hotmail.com.

⁴ Graduanda em Arquitetura e Urbanismo (UNISAGRADO/BAURU/SP). Contato: camillyrfloriano@gmail.com.

⁵ Graduando de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU/SP); Graduando de Bacharelado em Física (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual). Contato: augustoantoniazzi04@gmail.com.

Quando se fala em produção, o primeiro pensamento é ter sementes viáveis e alta taxa de germinação, por isso os testes de germinação é tão importante. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho determinar a germinação de sementes de soja tratada com Yogen®. Os testes de germinação foram conduzidos em caixas gerbox e papel germitest, com sementes tratadas com Yogen® e não tratadas apenas utilizando água destilada, elas foram acondicionadas em câmara de germinação regulada a 25°C e fotoperíodo de 12 horas. Para a germinação na caixa gerbox, os dados coletados para as sementes tratadas não apresentaram uma estrutura essencial (sistema radicular - raiz primária) para que as plântulas fossem classificadas como normais. No entanto, o segundo tratamento, onde não foi aplicado o bioestimulador, as plântulas apresentaram a estrutura essencial para que as plântulas fossem classificadas como normais. O mesmo ocorreu nas germinações com o papel germitest. Sendo assim, concluiu-se que o bioestimulador foi o fator limitante da não germinação em ambos os experimentos, podendo ter como fator crítico o contato do nitrogênio da semente.

Palavras-chave: Caixas Gerbox. Yogen® Papel Germitest.

I. INTRODUCTION

The *Glycine max* (L) Merrill, popularly known as soy, or soybean, considered direct source of income in the agriculture of grains production in summer (AMARAL *et al.*, 2021). It is important to highlight countries that plant this oilseed are intended to have an economic growth, for the prices of the seed in the international market are stable, resulting in income to the currency market, so on elevating the GDP's country's economics performance (BARBOSA; GALLE; ARRUDA, 2021).

The main exporter product in agribusiness chain is the soy with nearly 94 million tons, the growth in the past years was exponential, multiplying by 4, transforming the country to become the biggest exporter of the grain in the world (DAMERO CANTARELLI *et al.*, 2015). Mato Grosso's state is the biggest producer and exporter, representing 51% of the ICMS collection and about 50% of its GDP's (SANTOS; NOVAL; KUASOSKI, 2022). The productive chain of the soy moves over US\$ 100 billion a year in Brazil, distributed as: 11% with the acquisition of input; 26% in the production and 63% with benefit (logistics, exportations and commerce) (ROCHA *et al.*, 2021).

With that in knowledge, keeping and perfecting the grain production of this oilseed require some cares since the cultivation to storage. When production is the topic of the conversation, the first thought is having viable seeds and a high rate of germination, there for the germination tests are so important.

The germination seeds have great influence of the temperature and substrate, those having the possibility of manipulation for the process optimization, rising the percentage of germination, speed and uniformity, than resulting in vigorous plants, reducing the cost of production. (MOLINARI *et al.*, 2017).

Furthermore, the producer must seek the maximum advantage of the fertilizers in the germination period, however, in many cases, the agricultures succeed in the dosage of the fertilizer, but failed in applying it, that may occur because of a bad regulation in the plant beds and it may result in many problems as the non-germination of the seed, mostly when NPK is applied, in the called "base" or "plant bed".

These three macronutrients have great importance in this oilseed development, but in direct contact with the seed it may harm its germination, mostly nitrogen, there for is important to handle correctly the plantation. (CARDOSO; LUZ; LANA, 2015).

Santos *et al.* (1999) reported a response in high productivity using Yogen in the orange crop in advanced stages of age, improving the absorption of micronutrients.

That way, this paper was objectified to determine the seeds germination treated with Yogen®, applying tests in gerbox boxes and germitest paper.

II. METHODS AND MATERIALS

A Figure 1 presents the sequence flow chart of the experiment's procedures of the experiment.

Figure 1 – Flow chart of the experimental metrology for the soy germination test



Source: Authors, 2023.

2.1 – Study area characterization and gathering of seeds.

The work was conducted in the Agronomy Labs, from the University Center UNISAGRADO, from the city Bauru – SP. The used seeds were donated by a student from the institution. The seeds were packed in plastic bags and placed in a fridge.

2.2 – Germination Test

2.2.1 – Germination test – Gerbox

For the germination test, 60 seeds were divided into 3 repetitions of 20 seeds in each gerbox box, both for untreated seeds and treated with Yogen, with characteristics: N 20.0%, P₂O₅ 5.0%, K₂O 10.0%, Mg 1.0%, S 5.0%, B 1.0%, Cu 0.05%, Mn 0.10%, Mo 0.05% e Zn 7.0%, this treatment consisted in weighing 1.0 g of the product in 100 mL of water.

The paper sheets were moistened with distilled water until reaching 60% of their retention capacity. The germination test was conducted in a Biological Oxygen Demand (B.O.D.), set at a constant temperature of 32°C and a photoperiod of 12 hours. The evaluations were performed 14 days after the test installation, when the experiment ended. The counts were performed, considering as germinated seeds that have emitted the primary root (normal seedlings) and the results expressed in percentage, according to (BRASIL, 2009).

The obtained data were submitted to variance analysis, and the treatments measurements were compared by the Tukey test with a 5% probability, applied in the JAMOVI software.®.

2.2.2 – Germination test – Germitest paper

For the tests with the germitest paper, four replications were performed with a total of 80 seeds, being 20 seeds per sample both for untreated and treated seeds with YOGEN, with the characteristics: N 20.0%, P₂O₅ 5.0%, K₂O 10.0%, Mg 1.0%, S 5.0%, B 1.0%, Cu 0.05%, Mn 0.10%, Mo 0.05% e Zn 7.0%, this treatment consisted in weighing 1.0g of the product in a 100mL of water. Being distributed on two paper sheets, moistened with and equivalent amount of 2.5 times the paper sheet bulk non hydrated by water, covered with a third sheet and, soon after, confectioned in rolls and kept in a Biological Oxygen Demand (B.O.D.) type germinator, regulated for constant temperature of 32°C and a 12 photoperiod (BRASIL, 2009).

The obtained data were submitted to variance analysis, and the par of the treatments results were compared by the Tukey a 5% probability, applied in the JAMOV[®] software.

III. RESULTS

The development and the culture production, quoting Mattioni; Schuch and Villela (2011); presented important factors for a successful agriculture, like having knowledge of physics, chemistry and biology of the soil, germination percentage of the seeds, etc., motives that leads seeking high productivities and income to products.

3.1 – Germination test – Gerbox

In the first Table are presented the results from the analysis of the germinations in the 14thday, with viable seeds, being divided in treated and non-treated soy seeds.

Table 1 – Measures of central tendencies and measures of dispersion of germinations on the fourteenth day in numbers of viable seeds. Agronomy Laboratory, Bauru - SP

	Tratamento	Germinação
Number of samples *	No treatead	9
Number of samples *	Treated	9
Average	No treatead	16.9 ^a
Average	Treated	5.78 ^b
Median	No treatead	18
Median	Treated	6
Standard deviation	No treatead	1.62
Standard deviation	Treated	2.22
<i>p-valor</i>		<0.001

*Means followed by the same capital letter in the column do not differ by Tukey's test (P < 0.05).

Source: Authors, 2023.

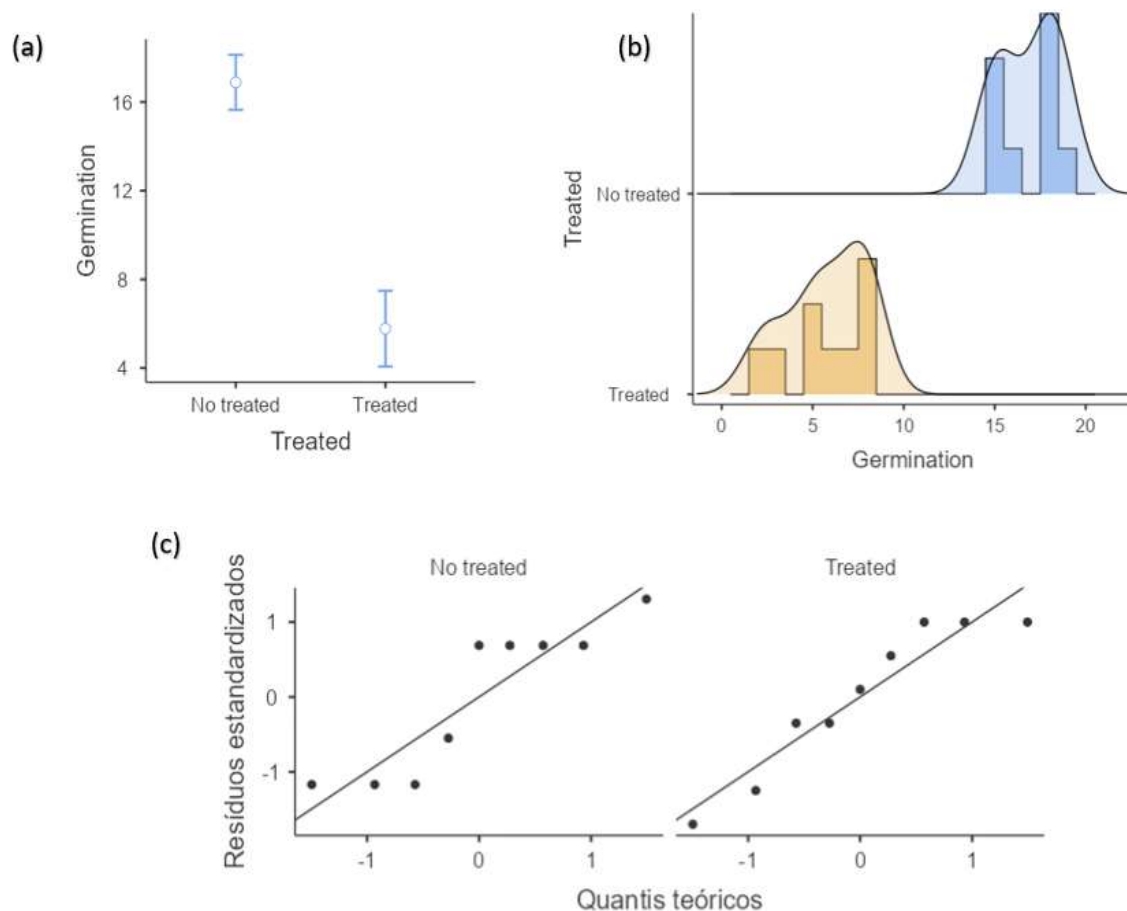
Observing the first chart, the par of the non-treated soy samples represented a very high rating compared to the treated ones, with 16.9 sprouted seeds against 5.78 seeds that were sprouted in the treatment. It was observed a reduction of the emergence of seedlings in the laboratory, which may also have a reduction in the field test.

It is known that an important statistical well-presented data can mean a good result, the standard deviation is a measure that express the kurtosis of a set of data, that is, it indicates how much a set of data is uniform and when closer to zero more homogenic are the data, and observing the first chart, the standard deviation of the non-treated soy were closer to zero than the treated ones, meaning that this data are more homogenous.

Quoting Melo *et al.* (2023), the type of reagent can influence directly in the water retention capability, and so in the quantity of light available for the seed, in the way, providing different answers for the same temperature.

To reinforce the collected values, Figure 2 shows the graphs of the central tendency of a 5% probability, the histogram of germination using gerbox boxes and graphs over the homogeneity of soybean values.

Figure 2 – Confidence interval graphs at 5% probability, the germination histogram using the gerbox box and the homogeneity graph of the soybean values, Agronomia Laboratory, in Bauru – SP



Captions: Figure 2a: Confidence Interval graph in bars. Figure 2b: Histogram. Figure 2c: Normality Graph. Source: Authors, 2023.

The histogram, which is a graph of juxtaposed bars divided into classes in which the variable of interest is on the horizontal axis and on the vertical is the frequency of the corresponding class, as per (AMOSOV; IVANOV; ZHIGANOV, 2017). Knowing that, in the figure 2b, the highest percentages of germination of non-treated seeds are between 15 and 20 seeds per box, and for the treated ones, it obtained the average results between 2 and 7 per box, that may have occurred because the seed is in contact with a nitrogen load that can “burn it”.

In the figure 2c, the *Quantil-Quantil* graph intend to facilitate the verification of the normality of data (BELADELI; GODINHO, 2022). It can be observed that with a 95% confidence rate, both set of data adjust to a normal distribution, because it's inside the confidence niche of 95%.

3.2 – Germination test – Germitest paper

In the second Table are presented the convenient results from the germinations in germitest paper analysis on the 21th day, with viable seeds, being divided in treated and non-treated.

Table 2 – Third chart - Central tendencies measures and dispersion ones of the germinations in the twenty-first day in viable seeds number. Agronomy Laboratory, Bauru – SP

	Treatament	Germinação
Number of samples *	No treated	4
Number of samples *	Treated	4
Average	No treated	47.8 ^a
Average	Treated	5.75 ^b
Median	No treated	47.5
Median	Treated	5.50
Standard deviation	No treated	0.957
Standard deviation	Treated	0.957
<i>p</i>-valor		<0.001

*Means followed by the same capital letter in the column do not differ by Tukey's test ($P < 0.05$).

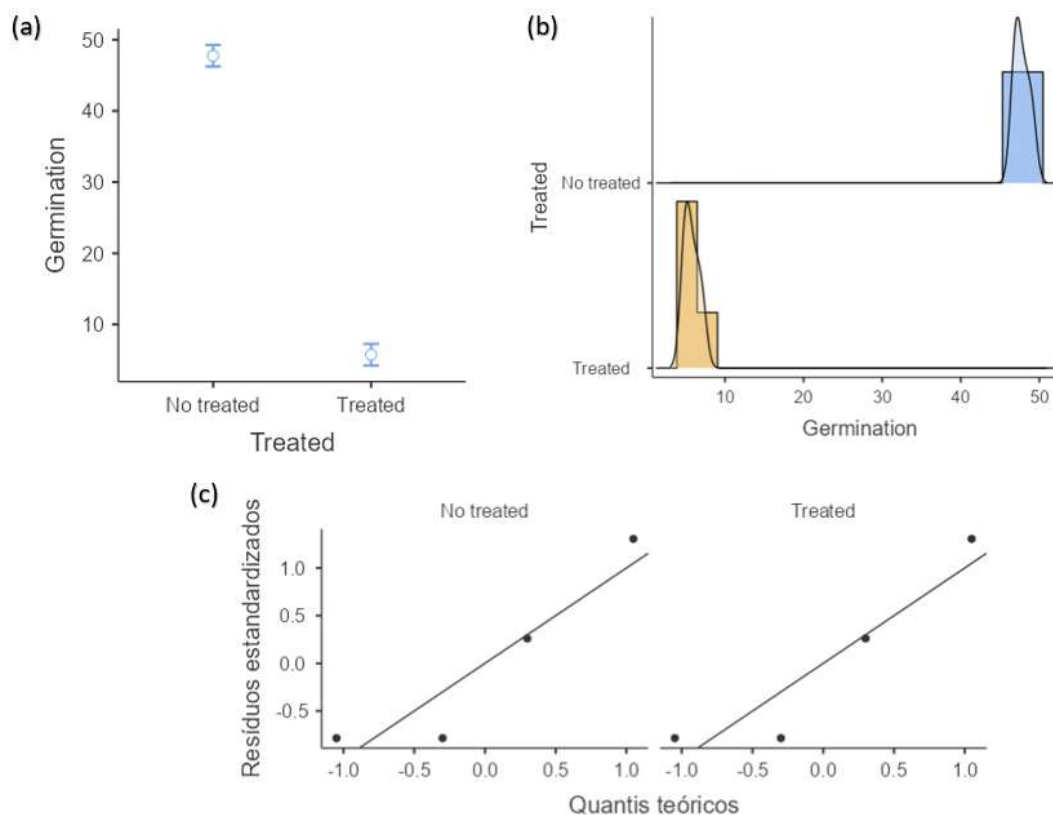
Source: Authors, 2023.

For the Germitest paper germination, the treatment par was 48.8 with 95% germination, with 11.5% for treated seeds, showing a significance difference between treatments with a probability of 5% (Table 2). Quoting Nascimento & Mosquim (2004) with, gibberellic acid possess an impacting effect in the sprout process of the seeds, activating hydrolytic enzymes such as α -amylase and protease that actively acts in the breakdown of reserve substances, facilitating the mobilization of the endosperm.

Quoting Totto *et al.* (2018), seed treatment is able to increase in the sprout period and growth, considering that enzymatic activity and the proper functioning of cell membranes are indispensable for germination, since they interfere with the degradation and synthesis of compounds during the reserves seeds mobilization, as well as the expansion, division and cell growth that occur during the germination.

The third figure presents the Kurtosis graphs, with a 5% probability, the histogram of the sprout with the use of germitest paper and the graph of the soybean values homogeneity.

Figure 3 – Confidence interval graphs at 5% probability, the germination histogram using the germitest paper and the homogeneity graph of soybean values, Agronomia Laboratory, in Bauru – SP



Captions: Figure 3a: Confidence Interval graph in bars. Figure 3b: Histogram. Figure 3c: Normality Graph.
Source: Authors, 2023.

An important response of a statistical data is the confidence gap that links to the confidence level already established by the researcher, this level can be considered complementary to the significance level (a), because when a of 5 is used %, the statistic is directed to a confidence gap of 95% (PERES, 2023). As shown (figure 3a), the circles show the mean germination and the vertical lines represent the 95% of confidence gap of each of the collected samples (treated and non-treated seeds), may be observed that of the two treatments, none of the par are included in the confidence gap of the other, representing a significant difference at a 5% probability.

Godinho *et al.* (2023), used statistical references to validate processes in a mathematical modeling work, the authors also used data from a T test with a probability of 5%, even used by the authors in this experiment with soybean seeds.

It was made a graph with only 25 samples for an easier visualization. If the graph included a 1000 samples, the same proportion was the one hoped for: out of the 1000 samples, 50 of them would be expected not to include population voting in their 95% confidence gap. One limitation is that when we collect a sample, there is no way of knowing whether it is one of the 95% samples that contain the population parameter in its confidence gap or not.

The *Quantil-Quantil* graph, or Q-Q Plot, is used to evaluate the normality of a variable, so on the horizontal axis we have the observed values of the variable, if the variable has a normal distribution (RÉGIS; CRISPIM; FERREIRA, 2014). Therefore,

the data are closer to the line, it is understood that there is a normal distribution of data, which is shown in figure 3c.

IV. CONCLUSION

It can be concluded that for germination in the gerbox box, the data collected for the treated seeds did not show an essential structure (root system – primary root) for the seedlings to be classified as normal. However, in the second treatment, where the biostimulator was not applied, the seedlings presented the essential structure for them to be classified as normal; it can be observed that the same occurred in the germinations with the germitest paper. It is understood that the biostimulator was the limiting factor for non-germination in both experiments, and nitrogen contact of the seed may have been a critical factor.

The next step of this work will be to mathematically model the data applying the Artificial Intelligence of Fuzzy Logic (Neuro-Fuzzy) in Matlab's® ANFIS Platform.

V. REFERENCES

- AMARAL, G. C. DO *et al.* Características agronômicas da soja em função da adubação com pó de rocha e biofertilizante. **Cultura Agrônômica** (Online), v. 29, n. 4, p. 437–447, 2021.
- AMOSOV, O. S.; IVANOV, Y. S.; ZHIGANOV, S. V. Human Localization in the Video Stream Using the Algorithm Based on Growing Neural Gas and Fuzzy Inference. **Procedia Computer Science**, v. 103, p. 403–409, 2017.
- BARBOSA, E. J. A.; GALLE, V.; ARRUDA, D. Custos variáveis na cultura da soja: a evolução em uma propriedade no Noroeste Gaúcho. **Informe GEPEC**, v. 25, n. 2, p. 85, 2021.
- BELADELI, M. N.; GODINHO, E. Z. Características físico-químicas na elaboração de iogurte com pedaços de frutas. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 16, n. 1, p. 3749–3766, 2022.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes (RAS)**. 1. ed. Brasília: [s.n.].
- CARDOSO, A. F.; LUZ, J. M. Q.; LANA, R. M. Q. Produtividade e qualidade de tubérculos de batata em função do fertilizante organomineral e safras de plantio. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 80–89, 2015.
- DAMERO CANTARELI, L.; SCHUCH, L. O. B., TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A. Variabilidade de plantas de soja originadas de sementes de diferentes níveis de qualidade fisiológica. **Acta agrônômica** (Palmira), v. 64, n. 3, p. 234–238, 2015.
- GODINHO, E. Z.; CANEPPELE, F. L.; BARREIROS, R. M.; FRIGO, M. Modeling in the production of biogas from swine manure using fuzzy logic. **Revista Sodebras [online]**, v. 18, n. 209, p. 62-72, 2023. DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.18.2023.209.62>
- MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; FRANCISCO AMARAL VILLELA, F. A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 608–615, 2011.

MELO, A. F.; BARBUIO, T. M. S.; MOREIRA, R.; MOREIRA, J. M.; LIMA JUNIOR, A. F. Eficiência de diferentes tipos de inoculantes na cultura da soja. **Pubvet**, v. 17, n. 6, e1400, 2023.

MOLINARI, M. D. C.; FUGANTI-PAGLIARINI, R.; BARBOSA, D. A.; ANDREATTA, E. C.; NEPOMUCENO, A. L.; HERTZ-HENNING, L. M. Seleção de sementes de soja geneticamente modificadas com o gene marcador bar por meio do teste de germinação em solução de glufosinato de amônio. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 61, n. 1, p. 1–7, 2017.

NASCIMENTO, R. DO; MOSQUIM, P. R. Efeito do ácido giberélico e diferentes aminoácidos sobre as atividades da sintetase da glutamina e sintase do glutamato e sobre o crescimento de frutos de soja. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 1, p. 63–70, 2004.

PERES, F. **Como interpretar o intervalo de confiança?** Disponível em: <<https://fernandafperes.com.br/blog/intervalo-de-confianca/>>. Acesso em: 9 jul. 2023.

RÉGIS, A. C. F. DE C.; CRISPIM, K. G. M.; FERREIRA, A. P. Incidência e prevalência de perda auditiva induzida por ruído em trabalhadores de uma indústria metalúrgica, Manaus - AM, Brasil. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 5, p. 1456–1462, Oct. 2014.

RIBEIRO, D. D.; DIAS, M. S. Efeitos do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel no território camponês em assentamento rural. **Interações** (Campo Grande), v. 17, n. 1, p. 15–21, 10 Mar. 2016.

ROCHA, L. G.; SILVA, A. C.; ARAÚJO, M. S.; MISSIAS, H. R. C.; PEIXOTO, N. Viabilidade econômica para os cultivos de soja e milho na região Sudeste de Goiás. **Agrarian** (Dourados, Brazil), v. 14, n. 54, p. 442–453, 2021.

SANTOS, C. H.; DUARTE FILHO, J.; MODESTO, J. C.; GRASSI FILHO, H.; FERREIRA, G. Adubos foliares quelatizados e sais na absorção de boro, manganês e zinco em laranjeira ‘Pera’. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 999-1004, 1999.

SANTOS, A. P. S. DOS; NOVAK, M. A. L.; KUASOSKI, M. Análise dos Custos de Transação na Produção de Soja na Cidade de Irati-Paraná. **ABCustos**, v. 17, n. 3, 2022.

TATTO, L.; KULCZYNSKI, S. M.; BELLÉ, C.; MORIN, D.; RUBIN, F. M.; ULIANA, M. P. Desempenho de sementes de soja tratadas com bioestimulante sob diferentes condições de potencial osmótico. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 4, n. 3, p. 397–408, 2018.

VI. THANKS

Special thanks to the Santa Rita farm and all the collaborators who helped to develop this project in the field.

VII. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

OCORRÊNCIA DE HELMINTOS EM VACAS LEITEIRAS DA REGIÃO DO OESTE GOIANO

OCCURRENCE OF HELMINTHS IN DAIRY COWS IN THE WEST GOIANO REGION

Maria Clara Oliveira Costa¹
Osvaldo José da Silveira Neto²
Carlos Eduardo Emídio da Silva³
Luíz Henrique Batista Margarida⁴

Resumo – As helmintoses são um dos grandes problemas que afetam e causam perdas na sanidade e produção dos rebanhos leiteiros e de corte brasileiros. O diagnóstico das verminoses pode ser realizado através da técnica de OPG (ovos por grama de fezes) que permite quantificar o grau de parasitismo para que, a partir deste, o protocolo de controle seja instituído. Foram realizados exames de OPG em animais de quatro municípios do oeste goiano e em nove propriedades, com o objetivo de conhecer o perfil epidemiológico (ocorrência) das verminoses na região por meio da avaliação da ocorrência de helmintos em vacas leiteiras. As fezes colhidas eram conduzidas ao CEPAV-UEG (Centro de Ensino e Pesquisa Animal e Vegetal da Universidade Estadual de Goiás) onde as análises foram realizadas obedecendo a técnica descrita por Gordon e Withlock (1939). Após a análise de 116 amostras foi possível observar a presença de helmintos em 33 animais, sendo que estes estavam distribuídos em 7 das 9 propriedades em que houve amostragem.

Palavras-chave: Sanidade. Parasitas. Produção. Higiene.

Abstract: Helminthiasis are one of the major problems that affect and cause losses in the health and production of Brazilian dairy and beef herds. The diagnosis of helminthiasis can be performed using the OPG (eggs per gram of feces) technique, which allows quantifying the degree of parasitism so that, based on this, the control protocol can be instituted. OPG examinations were performed in animals from four municipalities in western Goiás and in nine properties, with the objective of knowing the epidemiological profile (occurrence) of verminoses in the region by evaluating the occurrence of helminths in dairy cows. The collected feces were taken to CEPAV-UEG (Animal and Plant Teaching and Research Center of the State University of Goiás) where the analyzes were performed according to the

¹ Graduando em Medicina Veterinária (UEG/Câmpus SLMB); Contato: mariaclaraoliveirc@gmail.com.

² Docente efetivo da Universidade Estadual de Goiás; Doutor em Ciência animal (UEG/Câmpus GO). Contato: osvaldo.neto@ueg.br.com.

³ Graduando em Medicina Veterinária (UEG/Câmpus SLMB); Contato: emidiocarlosilva@gmail.com

⁴ Mestre em Produção Animal e Forragicultura (UEG/ Câmpus São Luís de Montes Belos) Contato: lhbm0515@gmail.com.

technique described by Gordon and Withlock (1939). After analyzing 116 samples, it was possible to observe the presence of helminths in 33 animals, which were distributed in 7 of the 9 properties where sampling was performed.

Keywords: *Health. Parasites. Production. Hygiene.*

I. INTRODUÇÃO

As helmintoses são parasitoses que impactam negativamente na sanidade e produção animal. Muitas vezes, pelo caráter subclínico do parasitismo, atuam silenciosamente nos rebanhos, onde, através da espoliação de nutrientes e enfermidades que produzem, declinam a produtividade sem que o produtor as perceba, afetando o desempenho dos animais. Estima-se que os danos envolvendo a presença de helmintos seja de 7 bilhões ao ano somente no Brasil. Vacas leiteiras em especial, convivem com vários fatores estressantes no sistema de produção, como o desconforto ambiental, erros no manejo nutricional, condutas inadequadas quanto ao tratamento e profilaxia de doenças metabólicas, parasitárias e infecciosas. Aliadas a todos estes fatores estão as verminoses, ocasionando debilidade geral piorando o quadro em possíveis doenças e colaborando com prejuízos no sistemas de produção (BARBOSA *et al.*, 2021).

O que limita o efetivo controle destes parasitas, além da falta de informação que leva ao uso inadequado de antiparasitários, é o desconhecimento da ocorrência dos helmintos, como resultado da não aplicação de métodos diagnósticos na rotina. Os tipos de verminoses que prevalecem em diferentes regiões acompanham a ocorrência de grupos de espécies. Com base nisto, não é necessário realizar o exame em todos os animais e nem em curtos intervalos, o que sugere que a contagem de ovos por grama de fezes (OPG) em alguns períodos do ano seria suficiente para o implantação de programas de controle satisfatórios das verminoses (EDUARDA *et al.*, 2023).

Deste modo, o objetivo do presente artigo é apresentar os resultados da ocorrência de verminoses em rebanhos bovinos leiteiros criados no oeste goiano.

II. METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no oeste goiano, região que compreende 43 municípios. Destes, foram realizadas coletas em quatro municípios e em nove pequenas propriedades, sendo quatro no município de Americano do Brasil, três no município de Mossâmedes e duas no município de São Luís de Montes Belos. A escolha dos municípios foi feita com base na logística. As coletas foram realizadas no período entre maio e agosto.

Foi realizada a coleta de fezes somente em vacas leiteiras mestiças em fase de lactação, todas as vacas desta categoria foram amostradas.

Os produtores das 10 propriedades relataram fazer tratamento com anti-helmínticos de variadas classes farmacológicas, mas principalmente usando formulações medicamentosas à base de ivermectina e doramectina.

No total, foram realizadas coleta de amostras fecais de 116 animais com idade entre quatro e dez anos. As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal com luva de palpação e armazenadas em caixa de isopor contendo gelo até o momento da análise por não mais que duas horas.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Doenças Parasitárias do Centro de Ensino e Pesquisa Animal e Vegetal da Universidade Estadual de Goiás (CEPAV/UEG) onde foi realizada a técnica de OPG modificada de acordo com Gordon e Withlock (1939) utilizando dois gramas de fezes maceradas em 30ml de solução hipersaturada de NaCl, posteriormente a solução contendo o material fecal foi filtrada em peneira com duas gazes e deixada em repouso durante 15 minutos. Após o período

de descanso para a flutuação dos ovos, o líquido superficial foi pipetado e as câmaras de McMaster foram preenchidas nos dois repartimentos.

As câmaras preenchidas descansaram por mais 5 minutos e posteriormente foram analisadas à microscopia óptica no aumento de 400x. Os ovos foram identificados quanto ao grupo helmítico, contados e o número de ovos foi multiplicado por 50 (fator de correção).

Os dados foram dispersados em tabelas e as infecções foram divididas em: leve, moderada, pesada e ausente.

III. RESULTADOS

Dos 116 animais amostrados, 33 (28,45%) apresentaram infecção pela ordem Strongylida (Estrongilídeos), identificados pelo perfil morfológico dos seus ovos.

O grau das infecções foi classificado de acordo com Fonseca et al, 2006, adotando-se os parâmetros para infecção mista devido a não identificação da espécie no método laboratorial executado (OPG). Infecções abaixo de 200 ovos por animal foram consideradas leves, infecções entre 200 e 700 ovos foram consideradas moderadas e infecções acima de 700 ovos foram consideradas pesadas.

Tabela 1- Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 1 do município Americano do Brasil, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	3	8,3
Moderada	6	16,7
Pesada	-	0
Ausência de infecção	27	75
Animais infectados	9	25
Total de animais	36	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 2 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 2 do município Americano do Brasil, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	1	20
Moderada	1	20
Pesada	-	0
Ausência de infecção	3	60
Animais infectados	2	40
Total de animais	5	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 3 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 3 do município Americano do Brasil, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	-	0
Moderada	-	0
Pesada	-	0
Ausência de infecção	4	0
Animais infectados	0	0
Total de animais	4	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 4 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 4 do município Americano do Brasil, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	2	13,3
Moderada	-	0
Pesada	-	0
Ausência de infecção	13	86,7
Animais infectados	2	13,3
Total de animais	15	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 5 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 5 do município de Aurilândia, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infectados	N	(%)
Leve	2	13,3
Moderada	-	0
Pesada	-	0
Ausência de infecção	13	86,7
Animais infectados	2	13,3
Total de animais	15	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 6 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 6 do município de Mossâmedes, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	2	28,6
Moderada	1	14,3
Pesada	-	0
Ausência de infecção	4	57
Animais infectados	3	43
Total de animais	7	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 7 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 7 do município de Mossâmedes, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	-	0
Moderada	-	0
Pesada	-	0
Ausência de infecção	5	100
Animais infectados	-	0
Total de animais	5	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 8 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 8 do município de Mossâmedes, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	-	0
Moderada	-	0
Pesada	2	33,3
Ausência de infecção	4	66,7
Animais infectados	2	33,3
Total de animais	6	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Tabela 9 - Grau de infecção por estrongilídeos parasitando vacas lactantes na propriedade rural 9 do município de São Luís de Montes Belos, pela técnica de OPG – McMaster, GO, Brasil 2023

Grau de Infecção	N	(%)
Leve	9	39,1
Moderada	1	4,3
Pesada	-	0
Ausência de infecção	13	56,6
Animais infectados	10	43,4
Total de animais	23	100

(N: Número de animais; %: porcentagem de animais;).

Gonçalo (2015) encontrou incidência média de 56 ovos por grama de fezes em um rebanho mestiço tratado com ivermectina durante o período seco do ano (mesmo período em que os exames foram realizados no trabalho em questão) o autor acredita que tais variáveis corroboraram para a baixa taxa de ocorrência encontrada, que difere por exemplo, da ocorrência das propriedades 1, 2, 6, 8 e 9.

Em estudo feito por Ferreira *et al.*, (2012) em Santa Catarina foi observada ocorrência média de 575 ovos por grama de fezes em bovinos não tratados, o período não foi informado, no entanto, observa-se elevada contagem se comparado aos resultados encontrados.

Segundo Antonello (2010) recomenda-se tratar individualmente animais que apresentem contagem a cima de 300 ovos por grama de fezes. Ele afirma que vacas são menos suscetíveis e que o controle parasitário das mesmas deve ser feito de forma seletiva, tratando somente vacas positivas no OPG. Apesar disso, ele considera que vacas imunodeprimidas atuam de forma potente contaminando o ambiente, neste grupo se enquadram vacas no periparto que de acordo com o mesmo devem ser preferencialmente tratadas, independente da contagem de ovos.

Em estudo feito por Moraes (2021) foi encontrada ocorrência média de 650 ovos por grama de fezes em bovinos tratados com ivermectina, o que é superior às médias encontradas no presente estudo, porém acende o alerta para o questionamento a cerca da eficácia do antiparasitário em questão.

Funari (2021) afirma que as infecções em maior proporção sempre acompanham o período chuvoso, questão que se deve às características de sobrevivência dos helmintos.

IV. CONCLUSÃO

Com base nos resultados, foi possível observar que 77,8% das pequenas propriedades amostradas apresentaram animais parasitados por helmintos gastrintestinais em variados graus de infecção, demonstrando que mesmo com a

utilização de anti-helmínticos informada pelos produtores rurais, existe a prevalência helmíntica na região do oeste goiano.

V. REFERÊNCIAS

ANTONELLO, Ana Maria. Contagens de ovos por grama de fezes para o controle anti-helmíntico em bovinos de leite de diferentes faixas etárias. **Ciência Rural**, v. 40, p. 1227-1230, 2010.

EDUARDA, Lorryne E. de Almeida Hirle, A. H., Queiroz, N., de Sousa, P. C. S., do Valle. Incidência de Verminoses em Gado de Leite em Fazendas de Minas Gerais. **Sinapse Múltipla**, v. 12, n. 1, p. 100-102, 2023.

BARBOSA, Antônio Amaral. Efeito da utilização de Doramectina 1% (dual oil) sob o tratamento anti-helmíntico e ganho de peso de bezerros de corte. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 32153-32165, 2021.

FERREIRA, Jhennifer Cristina; TEIXEIRA, Waimea Rigon; MOTTA, Jéssica. **Exame de OPG (Contagem de Ovos por Gramas de Fezes) em Bovinos sob a Dieta Fitoterápica da Folha da Bananeira**. 2012.

FONSECA, A. D. **Helmintoses gastrintestinais dos ruminantes**. Universidade Federal do Rio de Janeiro: UFRPP, 12p, 2006.

FUNARI, Marília Gaspar Botelho. Endoparasitas e Avaliação Hematológica em Bovinos Submetidos a Sistema Intensivo e Extensivo. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 13, n. 1, p. 202-211, 2021.

MORAES, Alice. Avaliação da Eficácia de Dois Diferentes Anti- Helmínticos em Bovinos Alojados na Fazenda Escola do Unifeso-Teresópolis-RJ. **Revista de Medicina Veterinária do UNIFESO**, v. 1, n. 01, 2021.

UENO, H.; GONÇALVES, P. C. **Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes**. 4.ed. Tokyo, Japão: Japan International Cooperation Agency, 1998.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-1	<p>COMPREENSÃO E APLICAÇÃO DO NÚMERO DE EULER: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA</p> <p>UNDERSTANDING AND APPLICATION OF THE EULER NUMBER: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW</p> <p>Matheus Augusto Santos Antoniazzi; Emmanuel Zullo Godinho</p>
3-1	<p>MODELAGEM DO ROMPIMENTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA EM CASTANHAL – PA</p> <p>MODELING OF THE BREACH AND DELIMITATION OF THE FLOOD AREA OF THE DAM AT THE FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF AMAZONIA IN CASTANHAL - PA</p> <p>Erick Alexandre de Oliveira Fontes; Adriano Frutuoso da Silva; Evandro Lopes dos Santos Junior; Kleber Roberto Matos da Silva</p>
3-4	<p>A NOVEL HIGH-GAIN BOOST CONVERTER FOR PV APPLICATIONS</p> <p>Lucas Romeiro; Lúcio dos Reis Barbosa; Leonimer Flávio De Melo</p>
3-4	<p>O USO DO BLOCKCHAIN COMO FORMA DE AUMENTAR A SEGURANÇA EM SISTEMAS IOT NA AGROINDÚSTRIA</p> <p>THE USE OF BLOCKCHAIN AS A WAY TO INCREASE SECURITY IN IOT SYSTEMS IN THE AGRO-INDUSTRY</p> <p>Victor Inacio de Oliveira; Eloa Torres Cunha; Victor Augusto Felix Teixeira</p>
3-5	<p>DIMENSIONAMENTO DE UM GRUPO DE TURBINAS TIPO BULBO PARA APLICAÇÕES DE QUEDAS ULTRABAIXAS</p> <p>SIZING OF A GROUP OF BULB TURBINES FOR ULTRA LOW HEAD APPLICATIONS</p> <p>Antonio Carlos Barkett Botan; Ramiro Gustavo Ramirez Camacho; Geraldo Lúcio Tiago Filho; Maria Claudia Costa de Oliveira Botan</p>
3-5	<p>SISTEMA DE AR-CONDICIONADO APLICADOS À INDÚSTRIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA</p> <p>AIR CONDITIONING SYSTEMS APPLIED TO INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW</p> <p>Antonio Carlos Barkett Botan; André Guilherme Scheer Rahal Valverde; Cláudia Mayumi Takara; Gabriel Henrique Fradique; Guilherme Meneguelli Rodrigues; Vinicius Moscardo Romualdo</p>
3-8	<p>DIGITAL TWIN ORIENTADO À CADEIAS DE SUPRIMENTOS DE MANUFATURA NA INDÚSTRIA 4.0: FRAMEWORK DE IMPLEMENTAÇÃO DO GÊMEO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DIGITAL</p> <p>DIGITAL TWIN DRIVEN TO MANUFACTURING SUPPLY CHAINS IN INDUSTRY 4.0: DIGITAL SUPPLY CHAIN TWIN IMPLEMENTATION FRAMEWORK</p> <p>Pedro Tondela de Jesus Correia Filho; Osiris Canciglieri Junior; Elpidio Oscar Nara Benitez</p>

COMPREENSÃO E APLICAÇÃO DO NÚMERO DE EULER: Uma revisão sistemática bibliográfica

UNDERSTANDING AND APPLICATION OF THE EULER NUMBER: *A systematic literature review*

Matheus Augusto Santos Antoniazzi¹
Emmanuel Zullo Godinho²

Resumo – Nos dias atuais, a matemática está presente em todas as áreas de nosso cotidiano, e dentre elas, existe uma constante que se encontra em praticamente tudo, o Número de Euler, ou (e) , utilizado em cálculos nas mais diversas situações. Diante desse contexto, o objetivo desse artigo foi realizar uma breve revisão bibliográfica sistemática sobre o número de Euler e sua importância nos estudos das Ciências Exatas. Foram realizadas pesquisas no site de artigos Google Scholar, em busca de fundamentos para o artigo, utilizando a Revisão Sistemática Bibliográfica, explorando suas ferramentas de buscas com palavras-chave para gerar resultados e deleção de artigos sem relação com o tema. Obtivemos 8 artigos para serem destrinchados neste texto, contribuindo para a formulação do Número de Euler nos resultados. Portanto, foi demonstrado que suas aplicações se estendem até mesmo em áreas um tanto quanto controversas, como a medicina e a física quântica, onde temos um trabalho que requer o máximo de exatidão e outro que é intrinsecamente probabilístico, respectivamente. Nesse sentido, comprovamos a importância de ter conhecimento do número de Euler e suas aplicações, para que seja utilizado corretamente nas situações dos mais diversos ambientes de trabalho e contextos acadêmicos.

Palavras-chave: Revisão Sistemática Bibliográfica. Número de Euler. Aplicações. Origem.

Abstract – Nowadays, mathematics is present in all areas of our daily lives, and among them, there is a constant that is found in practically everything, the Euler Number, or (e) , used in calculations in the most diverse situations. Given this context, the aim of this article was to carry out a brief systematic bibliographical review on the Euler number and its importance in Exact Sciences studies. Searches were carried out on the Google Scholar article site, in search of fundamentals for the article, using the Systematic Bibliographic Review, exploring its search tools with keywords to generate results and deletion of articles unrelated to the theme. We obtained 8 articles to be unraveled in this text, contributing to the formulation of Euler's Number in the results. Therefore, it has been shown that its applications extend even to somewhat controversial areas, such as medicine and quantum physics, where we have a job that requires the utmost accuracy and another

¹ Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU-SP); Estudante de Bacharelado em Física (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual); Estudante de Licenciatura em Pedagogia (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual). Contato: augustoantoniazzi04@gmail.com.

² Coordenador e Docente Pós-Graduação ESG UNISAGRADO; Pós-doutorando FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu-SP). Contato: emmanuel.godinho@unisagrado.edu.br.

that is intrinsically probabilistic, respectively. In this sense, we prove the importance of knowing the Euler number and its applications, so that it can be used correctly in situations of the most diverse work environments and academic contexts.

Keywords: *Systematic Literature Review. Euler number. Applications. Origin.*

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a matemática que conhecemos abrange diversas áreas, como aritmética, álgebra, geometria e estatística, dentre elas, vemos que existe uma constante em comum na maioria delas, o famoso número de Euler (e), utilizado em Cálculo Diferencial e Integral, Teoria de Funções e Análises, Trigonometria, Geometria, Análise Combinatória, Probabilidade, Teoria dos Números, Matemática Financeira, Logaritmos Naturais, entre outros (GODINHO *et al.*, 2021).

A necessidade de agrupar os números conhecidos antigamente nos levou a criação de uma nova ferramenta, os conjuntos. Inicialmente foram desenvolvidos o conjunto dos Naturais, que agrupava os positivos e negativos junto ao zero, mais tarde divididos em Naturais contendo positivos e Reais contendo os negativos (FIGUEIRA, 2017).

Depois de algum tempo, por conta dessas contagens não conseguirem mensurar contagens como terrenos, foi criado o conjunto dos Racionais, agrupando as frações, os decimais e as dízimas periódicas. Mas, ainda existiam números que não se encaixavam em nenhum desses conjuntos, como o π (π), um número em que a repetição decimal não seguia um padrão, ou seja, não era uma dízima periódica, não podia ser racionalizado. Sendo assim, foi necessário criar um outro conjunto, o conjunto dos Irracionais (POMMER, 2019).

Segundo o mesmo autor, o próprio Euler, que oficializou a descoberta do número abordado nesse artigo, inovou a maneira de extrair raízes de números complexos utilizando seu outro famoso número, o número imaginário i para substituir a $\sqrt{-1}$, dessa forma revolucionando o mais novo conjunto dos complexos para o agrupamento dos imaginários.

Os números irracionais são abordados de maneira reduzida e simplificada no ensino médio, o que muitas vezes desperta a curiosidade dos alunos para entender o porquê de constantes irracionais como o π (π) ou o próprio número de Euler foram definidos (POMMER, 2018). O descobrimento do número de Euler estaria ligado a criação de uma fórmula para cálculo de juros compostos, segundo (FIGUEIRA, 2017):

“Se um capital inicial de R\$ 1,00 for investido a uma taxa de juros anual de 100% capitalizados anualmente, ao fim do primeiro ano o montante obtido será dado por $M = (1 + 1)^1 = 2$. Caso a capitalização fosse realizada semestralmente, esse valor passaria a ser $M = \left(1 + \frac{1}{2}\right)^2 = 2,25$. Da mesma forma, se a capitalização ocorresse a cada trimestre, teríamos $M = \left(1 + \frac{1}{4}\right)^4 \cong 2,44$. De maneira geral, realizando a capitação n vezes em um ano, obteríamos $M = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$. É esta última expressão que relaciona a Matemática Financeira ao Número de Euler.” (FIGUEIRA, p 2-3, 2017).

Para uma melhor compreensão do enunciado, foi adaptado um exemplo, com a aplicação de um capital de R\$ 1,00 em relação ao tempo, quanto ele teria no final do período.

Aplicando a fórmula $M = \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ no instante 1 o valor final seria R\$ 2,00, já no instante 4, R\$ 2,44141, para o instante 100, 2,70481, assim sucessivamente.

Percebemos que conforme n tende a números maiores, ou seja, ao infinito, M chega mais próximo de aproximadamente 2,71828, ou seja, do número de Euler conhecido atualmente, nos mostrando uma forte evidência dessa hipótese da matemática financeira.

Outra maneira de chegarmos ao número de Euler, é através da somatória aproximada de uma sequência $\frac{1}{n!}$, especificamente na fórmula $S_n = \sum_{k=0}^n \frac{1}{k!}$.

Explicado de forma breve a sua origem, podemos nos aprofundar em suas aplicações nos ramos da física e da matemática, sem tirar o foco do número de Euler em si. Durante seus estudos com os números complexos e trigonometria, Euler percebeu que podia escrever a fórmula $z = a + bi$ da seguinte maneira (POMMER, 2019):

$$z = \sqrt{a^2 + b^2} \left(\frac{a+bi}{\sqrt{a^2+b^2}} \right) = \sqrt{a^2 + b^2} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} + \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} i \right) \quad (1)$$

Dessa forma, inferimos da equação acima que os números $\frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}}$ e $\frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}}$ pertencem a um intervalo $[-1,1]$, e que quando somamos seus quadrados o resultado é 1, nos mostrando que existe um número θ onde:

$$\cos(\theta) = \frac{a}{\sqrt{a^2+b^2}} \quad \text{e} \quad \sin(\theta) = \frac{b}{\sqrt{a^2+b^2}} \quad (2)$$

Denominando o número positivo $p = \sqrt{a^2 + b^2}$ de módulo de z e θ como argumento de z , temos que:

$$z = p(\cos \theta + i \sin \theta) \quad (3)$$

Chamamos a equação acima de *Forma Polar* de z .

Moivre então utilizou essa equação para calcular potências inteiras de números complexos, chegando a conhecida Fórmula de Moivre:

$$z^n = p^n(\cos(n\theta) + i \sin(n\theta)) \quad (4)$$

Euler então, utilizando dessa fórmula e de seu número e , conseguiu demonstrar que:

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta \quad (5)$$

Após a demonstração, também percebeu e provou que quando $\theta = \pi$, nós temos que:

$$e^{i\pi} = -1 \quad (6)$$

Somando 1 aos dois lados da equação, chegamos na Identidade de Euler, a equação mais bonita da matemática segundo estudiosos:

$$e^{i\pi} + 1 = 0 \quad (7)$$

Exemplificando a importância do e no ramo da análise complexa na matemática, podemos demonstrar qual a importância dessa identidade na física quântica moderna, que foi fundamental para a construção da Equação de Schrodinger dependente do tempo, tanto em uma dimensão quanto em três dimensões:

$$i\hbar \frac{\partial \Psi(x,t)}{\partial t} = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + V(x) \right] \Psi(x,t) \quad (8)$$

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V(\vec{r}) \right] \Psi(\vec{r}, t) \quad (9)$$

Não iremos aprofundar a construção da equação toda, mas sim focar onde a identidade de Euler teve seu papel fundamental. A função de onda Ψ em um certo período, pode ser representada por:

$$\Psi(x) = f\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right) \quad (10)$$

Onde $f(\theta)$ representa uma função senoidal, como $\sin\theta$, $\cos\theta$, $e^{i\theta}$, $e^{-i\theta}$ e suas combinações lineares. Schrodinger então percebe que a forma mais adequada para construir suas equações foi a forma complexa exponencial de Euler, ou seja, a forma $e^{\pm i\theta} = \cos\theta \pm i\sin\theta$, por conta de seus períodos e formações gráficas. Essa equação é utilizada em diversas áreas da física moderna, principalmente em construções quânticas, comprovando a importância do número de Euler em seu desenvolvimento e futuro, tanto para essa equação quanto para a Identidade utilizada (HANSON *et al.*, 1961).

Uma outra aplicação do número de Euler e suas funções é para o gráfico de crescimento exponencial, de uma doença por exemplo, como o Covid-19. As funções logarítmicas e suas inversas, ou seja, exponenciais, são as melhores maneiras de descrever matematicamente a evolução de algo, cuja sua taxa de crescimento ou decréscimo é proporcional à quantidade daquilo em um dado momento (ARAÚJO, 2020).

Sendo assim, esse estudo se trata de revisar um importante número que abrange a maior parte das áreas de matemática atual, lembrando suas origens e como pode ser aplicado nos mais diversos contextos, como por exemplo na previsão do crescimento do Covid-19 durante a pandemia, contribuindo para a medicina em um momento de extrema dificuldade nas tomadas de decisões.

Diante desse contexto, o objetivo desse artigo foi realizar uma breve revisão bibliográfica sistemática sobre o número de Euler e sua importância nos estudos das Ciências Exatas.

II. METODOLOGIA

Na metodologia do artigo, utilizamos a ferramenta de pesquisa “Revisão Sistemática Bibliográfica”, pois a revisão sistemática bibliográfica é um processo de coleta e análise de dados com o objetivo de embasar um tópico científico sobre o assunto pesquisado, ou seja, requer uma pergunta norteadora e métodos de análises (GODINHO *et al.*, 2021). Com a ferramenta em mãos, os autores utilizaram de base o modelo de revisões PRISMA-P (“Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-Analysis Protocols”), usufruindo de um passo a passo em formato de pirâmide, afunilando os artigos encontrados em cada etapa (CONFORTO *et al.*, 2011).

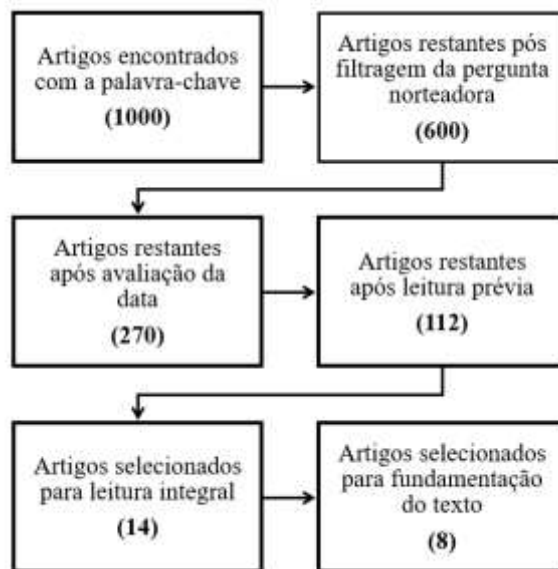
O modelo de revisões PRISMA-P, busca ajudar na preparação dos protocolos de meta-análises e revisões sistemáticas que tem como objetivo agregar dados de outros estudos para responder a sua pergunta quanto ao desenvolvimento do artigo. Ele é composto por 5 temas principais que ajudam na construção do método da revisão, sendo

eles: “Passos iniciais” (Determinar os passos), “Atividades pré-reunião” (Realizar os passos prévios antes da discussão entre os autores), “Reuniões” (Reunir-se com os autores e discutir os feitos), “Atividades pós-reunião” (Realizar as alterações discutidas na reunião), “Atividades pós-publicação” (Revisar e confirmar os passos tomados) (BEDDIAR *et al.*, 2022).

Como dito anteriormente, os autores usaram um modelo de pirâmide de afunilamento, combinando-o com esses 5 temas sugeridos pelo PRISMA-P para realizar as pesquisas e escolha dos artigos e dados utilizados nesse artigo.

Dessa forma, foi utilizada a palavra-chave “número de Euler” sem conectivos no site de pesquisas e artigos *Google Scholar*, nos gerando mais de 1000 resultados, suficientes para a construção desse artigo. Dentre esses resultados, a primeira metodologia de filtragem foi selecionar somente artigos que tenham relação direta com a pergunta norteadora do artigo, sendo ela “Qual a origem do número de Euler e suas aplicações?”, restando 600 artigos. O próximo passo tomado pelos autores foi a avaliação da data dos artigos encontrados, dando prioridade para artigos publicados entre 2003 e 2023, nos deixando com 270 artigos. Após isso, foi feita uma leitura prévia do título e palavras-chave, para verificar a utilidade do artigo, sobrando 112 artigos. Para afunilar ainda mais, foi feita a leitura de conclusão e resumo de cada artigo selecionado, nos deixando com 14 artigos somente. Por fim, eliminando artigos sem conexão e duplicatas, nos restaram 8 artigos para fundamentar o texto. O processo é demonstrado no Fluxograma, conforme Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma Seleção de Artigos



Fonte: Autores, 2023

III. RESULTADOS

Logo após selecionar os documentos, eles foram baixados e lidos para compilação, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado para definição dos *Strings* de busca

N.	Autor	Título	Contribuição
1	Pommer (2018)	Números irracionais na escolaridade básica: um olhar pelo viés dos eixos constitutivos dos números reais	Conceitos básicos sobre o número de Euler para o ensino inicial
2	Silva & Spolaor (2015)	Um irracional: o número de Euler	Teoria e história do número de Euler e suas aplicações
3	Pommer (2017)	O número de Euler: contribuições e possibilidades para a escolaridade básica	Aplicações do número de Euler na educação
4	Filgueira (2017)	O Número de Euler	Conceitos importantes sobre o número de Euler
5	Assis (2014)	Re-significando a disciplina de Teoria dos Números na formação do professor de Matemática na Licenciatura	Conceitos importantes de desenvolvimento da teoria dos números
6	Pommer (2019)	O número PI e o conceito de aproximação: possíveis caminhos advindos da História para o ensino da Matemática	Conceitos e história do número PI
7	Levy & Ellis (2006)	A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research	Base importante sobre o desenvolvimento de material para Revisão Bibliográfica
8	Menezes <i>et al.</i> (2021)	Modelo Didático-praxeológico para ensino de vetores no ensino médio: possibilidades de trabalhos na transição para o ensino superior	Aplicação fundamental dos conceitos de vetores

Fonte: Autores, 2023.

A Tabela 1 exhibe a lista de todos os 8 artigos selecionados para a pesquisa e indica a contribuição de cada um.

Pommer (2018), relata sobre alguns conceitos básicos que precisamos saber para compreender melhor o número de Euler, nesta pesquisa ele contribuiu com a breve explicação dos conjuntos, para situar o número de Euler.

O artigo 2 fala sobre a história e aplicação do número de Euler, como ele foi definido e para que é utilizado, contribuindo para essa parte da pesquisa científica deste trabalho (SILVA; SPOLAOR, 2105).

Pommer (2017), acrescenta que ao respeito as aplicações do número de Euler dentro do contexto acadêmico, contribuindo para a comprovação de suas aplicações nas áreas acadêmicas, e não somente em outros tipos de pesquisas.

O artigo 4, Filgueira (2017) cita os conceitos mais importantes que precisamos saber para a compreensão do número de Euler, nos dando um panorama geral sobre o tema deste trabalho.

No artigo 5 é demonstrado a Teoria dos Números, contribuindo para a explicação do surgimento e aplicação dos conjuntos, para compreender a base onde se situa o número de Euler (ASSIS, 2014).

O artigo 6 escrito por Pommer (2019), nos mostra a história e os conceitos de uma outra constante importante e irracional presente nos contextos acadêmicos, o número Pi (π), explicando como surgiu uma constante tão importante quanto o número de Euler, demonstrando a importância do conjunto dos Irracionais.

Levy; Ellis (2006) explicam como é o funcionamento e como é recomendado realizar uma Revisão Sistemática Bibliográfica, sendo um dos artigos mais importantes para este trabalho, ele contribuiu para a metodologia seguida pelos autores.

Por fim, o artigo 8 de Menezes *et al.* (2021) acrescentam que o modelo de aprendizagem para alunos que estão na passagem do ensino médio para o superior, que pode simplificar os conteúdos considerados mais “complexos”, contribuindo para a importância de compreender o número de Euler, já que está presente em diversos contextos.

Com base nos critérios adotados nesta revisão sistemática, foi possível identificar que existe ainda uma vasta oportunidade de estudos para este conteúdo chamado “número de Euler”.

Na Figura 2 temos mais um resultado do software *Infogram*® que considera as palavras-chave dos artigos selecionados na pesquisa.

Figura 2 – Nuvem de palavras formada com as palavras-chave encontradas nos artigos lidos e aplicados no trabalho



Fonte: Autores, 2023

A Figura 2 apresenta-se a nuvem de palavras gerada a partir das palavras-chave dos artigos selecionados, com destaque às palavras: Número de Euler, Aproximação, Análise de Literatura e Números Reais, justificando a importância de revisões na literatura sobre esse importante número e suas origens, para que possa ser aplicado devidamente.

Após uma breve definição do Número de Euler e pesquisas sobre suas origens e aplicações, podemos definir como matematicamente foi definido. Primeiramente, em 1683, Jacob Bernoulli optou por utilizar a expressão $\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n$ encontrada anteriormente, porém dessa vez com n tendendo ao infinito. Para isso, foi utilizada a expansão binomial, um termo aprendido no ensino médio, definido da seguinte forma a Equação 1 sobre a Expansão Binomial (POMMER, 2017):

$$(a + b)^n = \binom{n}{0} a^n \cdot b^0 + \binom{n}{1} a^{n-1} \cdot b^1 + \binom{n}{2} a^{n-2} \cdot b^2 + \dots + \binom{n}{n} a^0 \cdot b^n \quad (11)$$

Aplicando $a = 1$ e $b = \frac{1}{n}$, e resolvendo os números binomiais, temos as Equações 2 a 7:

$$\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = \binom{n}{0} 1^n \cdot \frac{1^0}{n} + \binom{n}{1} 1^{n-1} \cdot \frac{1^1}{n} + \binom{n}{2} 1^{n-2} \cdot \frac{1^2}{n} + \dots + \binom{n}{n} 1^{n-n} \cdot \frac{1^n}{n} \quad (12)$$

$$\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = 1 + n \cdot \left(\frac{1}{n}\right) + \frac{n \cdot (n-1)}{2!} \cdot \left(\frac{1}{n}\right)^2 + \frac{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)}{3!} \cdot \left(\frac{1}{n}\right)^3 + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^n \quad (13)$$

$$= 1 + 1 + \frac{1}{2!} \cdot \frac{n \cdot (n-1)}{n^2} + \frac{1}{3!} \cdot \frac{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)}{n^3} + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^n \quad (14)$$

$$= 1 + 1 + \frac{1}{2!} \cdot \frac{n}{n} \cdot \frac{n-1}{n} + \frac{1}{3!} \cdot \frac{n}{n} \cdot \frac{n-1}{n} \cdot \frac{n-2}{n} + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^n \quad (15)$$

$$= 1 + 1 + \frac{1}{2!} \cdot \frac{n-1}{n} + \frac{1}{3!} \cdot \frac{n-1}{n} \cdot \frac{n-2}{n} + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^n \quad (16)$$

$$= 1 + 1 + \frac{1}{2!} \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) + \frac{1}{3!} \cdot \left(1 - \frac{1}{n}\right) \cdot \left(1 - \frac{2}{n}\right) + \dots + \left(\frac{1}{n}\right)^n \quad (17)$$

Dessa forma, quando n tende ao infinito, vemos na Equação 8:

$$\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = 1 + 1 + \frac{1}{2!} \cdot (1 - 0) + \frac{1}{3!} \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0) + \dots = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots \quad (18)$$

Para verificarmos se existe convergência nessa expressão, definimos o limite inferior da expressão, onde temos na Equação 9:

$$e = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots = 2 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots \quad (19)$$

Quanto ao limite superior, vemos nas Equações 10 e 11:

$$\frac{1}{n!} = \frac{1}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \dots n} = \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot \dots \cdot \frac{1}{n} < 1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \dots \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2^{n-1}} \quad (20)$$

$$e = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!} = 1 + 1 + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots + \frac{1}{n!} + \dots < 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots + \frac{1}{2^{n-1}} + \dots \quad (21)$$

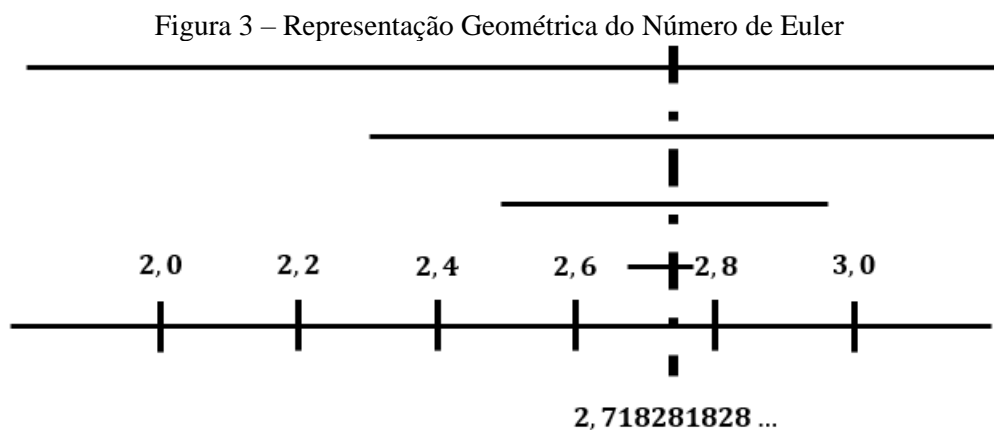
Em um intervalo onde a razão da Progressão Geométrica PG acima se encontra $-1 < q < 1$, verificamos na Equação 12:

$$Soma = \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{2^{n-1}} + \dots = \frac{a_1}{1 - q} = \frac{\frac{1}{2}}{1 - \frac{1}{2}} = 1 \quad (22)$$

Desta forma, temos na Equação 13 as propriedades monótona e crescente, que dentro da Análise matemática, justifica o limite superior do número de Euler:

$$e < 1 + 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{2^3} + \dots + \frac{1}{2^{n-1}} + \dots = 1 + 1 + 1 = 3 \rightarrow e < 3 \quad (23)$$

Sendo assim, substituindo diversos valores para n na expressão, conferimos que geometricamente seria representado desta maneira, conforme a Figura 3:



Fonte: (POMMER, 2018)

Portanto, comprovamos que a expressão possui um limite de convergência chamado de e ou Número de Euler, como foi demonstrado resolvendo a Equação 14:

$$e = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = 2,718281828 \dots \quad (24)$$

IV. CONCLUSÃO

Vemos nessa revisão que os artigos escolhidos para o trabalho vão desde anos passados, como 2006, até anos atuais, como 2020, e que muitos são artigos de revisão, nos mostrando que o número de Euler está em constante estudo e revisão.

Quanto as suas importâncias, foi demonstrado que suas aplicações se estendem até mesmo em áreas um tanto quanto controversas, como a medicina e a física quântica, onde temos um trabalho que requer o máximo de exatidão e outro que é intrinsecamente probabilístico, respectivamente.

Nesse sentido, comprovamos a importância de ter conhecimento do número de Euler e suas aplicações, para que seja utilizado corretamente nas situações dos mais diversos ambientes de trabalho e contextos acadêmicos.

Os autores preveem desenvolver uma aplicabilidade prática no dia a dia no ensino da Engenharia Química.

V. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, I. R. DA S. **O número de Euler: uma breve abordagem histórica, construções e aplicações.** 2020. 50f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia em Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2020.

ASSIS, L. M. E. DE. Re-significando a disciplina de Teoria dos Números na formação do professor de Matemática na Licenciatura. **Bolema**, Rio Claro (SP), v. 28, n. 48, p. 469–476, 2014.

BEDDIAR, D. R.; OUSSALAH, M.; SEPPÄNEN, T. Automatic captioning for medical imaging (MIC): a rapid review of literature. **Artificial Intelligence Review**, v. 56, p. 4019-4076, 2022.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. DA. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto - CNGDP 2011. **Anais...** Porto Alegre/RS: 2011. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cbgdp2011/downloads/9149.pdf>>

FIGUEIRA, R. F. **O Número de Euler**. 2017. 79f. Mestrado Profissional (Dissertação em Matemática) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2017.

GODINHO, E. Z. *et al.* Análise dos conhecimentos de estudantes no ensino médio acerca da teoria da relatividade. **Educere - Revista da Educação da UNIPAR**, v. 21, n. 1, p. 71–90, 2021.

GODINHO, E. Z.; DE PIETRI, E.; GASPAROTTO, H. V. A dificuldade na aprendizagem da matemática. **Studies in Education Sciences**, v. 1, n. 1, p. 2–19, 2021.

HANSON, D. M. *et al.* **Physical Chemistry**. In: Journal of the Franklin Institute. California: LibreTexts, 1961.

LEVY, Y.; ELLIS, T. J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. **Informing Science**, v. 9, p. 181–211, 2006.

MENEZES, P. J. D.; CARVALHO, E. F.; LOPES, L. F. Modelo Didático-praxeológico para ensino de vetores no ensino médio: possibilidades de trabalhos na transição para o ensino superior. **Ensin@ UFMS**, Três Lagoas-MS, v. 2, n. 1, p. 164–185, 2021.

POMMER, W. M. O número de Euler: Contribuições e possibilidades para a escolaridade básica. **Hipátia**, v. 2, n. 2, p. 13–28, 2017.

POMMER, W. M. Números irracionais na escolaridade básica: um olhar pelo viés dos eixos constitutivos dos números reais. **Revista de Educação Matemática**, São Paulo, v. 15, n. 20, p. 610–628, 2018.

POMMER, W. M. O número PI e o conceito de aproximação: possíveis caminhos advindos da História para o ensino da Matemática Elementar. **Ensino em Re-Vista**, p. 345–365, 2019.

SILVA, P. L. D. DA; SPOLAOR, S. D. L. G. Um Irracional: O Número De Euler. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 89, 2015.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

MODELAGEM DO ROMPIMENTO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE INUNDAÇÃO DA BARRAGEM DA UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA EM CASTANHAL - PA

MODELING OF THE BREACH AND DELIMITATION OF THE FLOOD AREA OF THE DAM AT THE FEDERAL RURAL UNIVERSITY OF AMAZONIA IN CASTANHAL - PA

Erick Alexandre de Oliveira Fontes¹
Adriano Frutuoso da Silva²
Evandro Lopes dos Santos Junior³
Kleber Roberto Matos da Silva⁴

Resumo – As barragens possuem estruturas que, com o passar dos anos, podem acarretar inúmeros riscos de rompimento, impactando assim diretamente em vidas humanas, aquáticas, sistemas hidráulicos, biológicos, podendo romper a partir de um processo de erosão interna, galgamento, deslizamento, derrubamento e outras, sendo que sua causa pode ser oriunda de fenômenos naturais ou provocados. O presente trabalho tem como objetivo analisar o rompimento hipotético de uma barragem de terra localizada na estação experimental de aquicultura da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal – PA, com a utilização do software HEC-RAS 5.0.3 (Hydrologic Engineers Corps – River Analysis System), para modelagem da propagação da cheia e delimitação da mancha de inundação. Inicialmente foi feito um levantamento de informações sobre o barramento e realizado um cadastro junto a ANA, seguido de inspeção da área e elaboração do relatório de inspeção da barragem. Os resultados da modelagem indicam que a barragem se encontra em situação de perigo iminente, com inundações que causarão impactos ambientais severos a jusante, sendo necessário a interdição imediata do barramento para que seja realizado manutenção de emergência.

Palavras-chave: Barragens. Simulação. Mancha de Inundação.

¹ Graduação em Engenharia Civil (UFPA - Belém); Docente do Instituto Federal do Pará, Campus Belém - PA. Contato: erick.fontes@ifpa.edu.br.

² Doutor em Geotecnia (Universidade de Brasília); Universidade Federal de Roraima (UFRR); Contato: adriano.silva@ufr.br.

³ Mestre em Engenharia de Barragens e Gestão Ambiental (UFPA – Belém). Contato: engenheiroevandrojunior@gmail.com.

⁴ Mestre em Engenharia Civil (UFPA - Belém); Docente do Instituto Federal do Pará, Campus Belém – PA. Contato: kleber.matos@ifpa.edu.br.

Abstract - The dams have structures that, over the years, can lead to numerous risks of rupture, thus directly impacting human lives, water, hydraulic, biological systems, and may break from a process of internal erosion, overtopping, landslide, overthrow and others, and their cause may come from natural or provoked phenomena. The present work aims to analyze the hypothetical rupture of an earth dam located at the experimental aquaculture station of the Federal Rural University of Amazônia, in the municipality of Castanhal - PA, using the HEC-RAS 5.0.3 software (Hydrologic Engineers Corps – River Analysis System), for flood propagation modeling and flood spot delimitation. Initially, a survey of information about the dam was carried out and a registration was carried out with the ANA, followed by an inspection of the area and preparation of the dam inspection report. The modeling results indicate that the dam is in a situation of imminent danger, with floods that will cause severe environmental impacts downstream, requiring the immediate interdiction of the dam so that emergency maintenance can be carried out.

Keywords: Dams. Simulation. Flood Spot.

I. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, os problemas decorrentes de excesso ou escassez de água tornaram os recursos hídricos uma alternativa indispensável para o desenvolvimento da sociedade, já que, em certas localidades, existem uma abundância do recurso como tal. Assim, a construção de barragens com o represamento de volume de água, foi e vem sendo considerada como um viés benéfico nos problemas relacionados à geração de energia, solução em muitos países, bem como outras finalidades (ALVES, 2018).

As barragens são megaestruturas utilizadas para controle de enchentes, geração de eletricidade, irrigação, abastecimento de água e recreação (SHAHRIM e ROS, 2020). Em países como o Brasil, os tipos de barragens mais utilizadas são a de terra e enrocamento, seguidas a outros tipos de barragem como as de concreto.

As estruturas que envolvem barragens, por serem complexas, apresentam inúmeros riscos de rompimento, podendo ocasionar uma série de consequências devastadoras e perigosas para o ser humano, a biodiversidade aquática, sistemas hidráulicos e o ecossistema de uma forma geral (TAHMISCIOĞLU et al., 2016). As principais causas de rompimento destas barreiras hidráulicas são: erosão interna, galgamento, deslizamento, má gestão do sistema de barragem e fenômenos naturais (ZHANG; XU; JIA, 2007).

As causas mais comuns de rupturas em barragem são o rompimento de um dos taludes da barragem, montante ou jusante; ruptura da fundação, através da fratura da rocha e deslizamento de camadas; galgamento, referente a algum evento hidrológico extremo ou a partir de estudos inadequados; ruptura por entubamento, em função de falhas no corpo da barragem, e dentre outros (ELETROBRÁS, 2003).

A modelagem de rompimento e a delimitação de áreas de inundação de barragens são duas áreas críticas de estudo para a gestão de recursos hídricos e segurança de barragens. A primeira é definida como o processo de prever a magnitude e o alcance da inundação resultante de uma possível ruptura da obra hidráulica, enquanto a delimitação de áreas de inundação envolve o mapeamento das áreas que seriam afetadas pela inundação. A importância desses estudos reside no fato de que eles são essenciais para o planejamento de ações preventivas e de resposta em caso de acidentes com barragens.

A modelagem matemática é considerada como uma ferramenta essencial nas questões envolvendo o planejamento e segurança de uma barragem, já que pode contribuir na simulação da ruptura hipotética de uma estrutura de barramento, bem como pela propagação da onda decorrente do acidente (VERÓL, 2010).

Xiong (2011) e Ackerman e Brunner (2016) desenvolveram pesquisas cujo objetivo foi à realização de uma modelagem a ruptura de uma barragem nos Estados Unidos da América. Ambos enfatizam a importância da avaliação da ruptura de barragens por meio da ferramenta HEC-RAS, devido modelar hidraulicamente o rio, a barragem e o com uso de GIS, juntamente a essas ferramentas, é possível prever danos, possibilitando ações de mitigação.

O HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) é um software desenvolvido pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos (USACE – United States Army Corp of Engineers), para modelagem hidrológica uni e bidimensionais, podendo ser aplicado para cálculo de perfis de superfície de água para fluxo variável gradualmente constante, simulação de fluxo instável, cálculos de transporte de sedimentos e análise da qualidade da água (LEON e GOODELL, 2016) simular a propagação e os níveis de inundação na planície de inundação (ABDESSAMED e ABDERRAZAK, 2019).

O presente trabalho propõe analisar o rompimento hipotético da barragem de terra localizada na estação experimental de aquicultura da Universidade Federal Rural da Amazônia, no município de Castanhal – PA, por meio das técnicas de modelagem de rompimento e inundação de barragem utilizando a ferramenta HEC-RAS, tendo em vista quantificar os impactos a jusante.

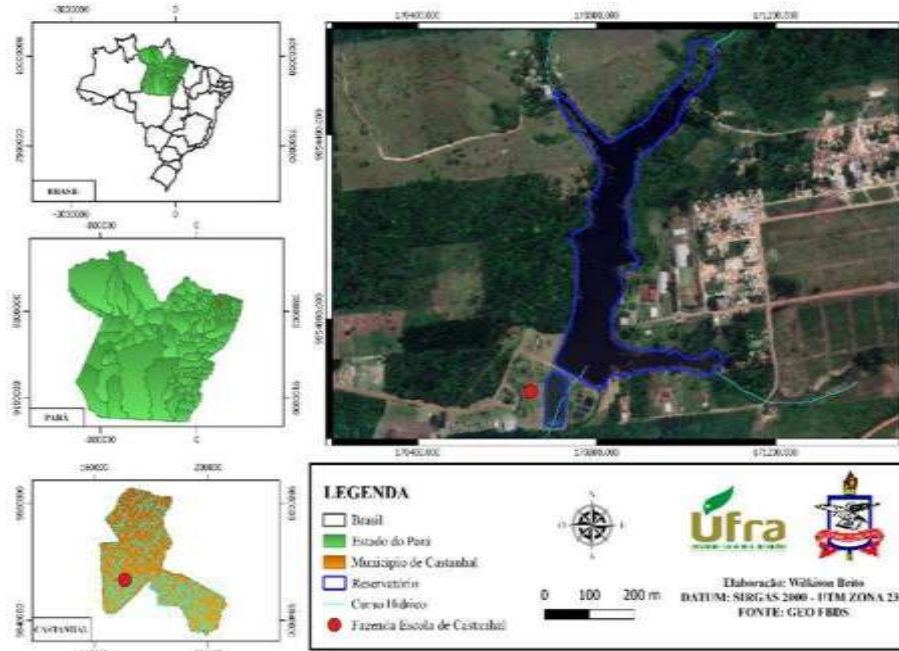
II. METODOLOGIA

Esta pesquisa se constitui em um estudo de caso, sendo definida como um estudo de fenômenos individuais relevantes para um grupo ou sociedade através das diversas etapas no processo de modelagem.

A etapa de coleta se iniciou a partir de um levantamento bibliográfico sobre a barragem em estudo. Em seguida, foram realizadas visitas técnicas, a fim de fazer uma inspeção e levantamento de informações relevantes ao longo do barramento com intuito de coletar informações para a caracterização da área em estudo, bem como, para serem inseridas na modelagem.

A barragem escolhida para a simulação da mancha de inundação foi a do Igarapé 07 Voltas, localizada na Universidade Federal Rural da Amazônia – Campus Castanhal ao longo da BR-230, zona Rural do município de Castanhal, tendo coordenadas 06°5'17,36" de Latitude Sul e 49°50'43,17" de longitude Oeste, situada na bacia hidrográfica Araguaia – Tocantins, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Mapa de localização da barragem do Igarapé Sete Voltas



Fonte: Autor (2023).

A Figura 2 apresenta os elementos constitutivos da barragem do Igarapé Sete Voltas, onde destacam-se talude de montante (01), o talude de jusante (02) e o vertedouro (03). A área do reservatório é de 157.599m², perímetro de 3.193,44m e volume aproximado de 240.000m³.

Figura 2 - Elementos constitutivos da barragem do Igarapé Sete Voltas



Fonte: Autor (2023).

Em seguida foram definidas as condições de ruptura na modelagem, onde, para a construção do modelo de simulação hidrodinâmica foram verificadas a geometria da região de estudo por meio de levantamentos de campo; os coeficientes de rugosidade para o desenvolvimento do modelo como o coeficiente de Manning para avaliação das perdas por atrito e coeficientes de contração e expansão; as condições de contorno a montante e jusante do modelo; os tempos de cálculo e de obtenção de resultados.

O software utilizado para a propagação da cheia, foi o HEC-RAS 5.0.3, o qual é amplamente utilizado em todo o mundo pela comunidade científica, devido operar com uma ampla variedade de condições hidrológicas e hidráulicas, incluindo fluxo unidimensional e bidimensional, fluxo transiente e fluxo em regime permanente ou não permanente, além de permitir a modelagem de interações entre a água e a infraestrutura, como pontes, barragens e comportas.

Para executar a simulação, foi elaborado um arquivo de topografia, onde constam o canal onde deverá ocorrer a inundação, o sentido do fluxo, a barragem e as seções transversais contemplando a área de entorno do canal, possibilitando o melhor delineamento da mancha de inundação. O arquivo foi criado no software ArcGIS 10.5 e exportado na versão SDF. Para criação do arquivo de geometria no HEC-RAS.

III. RESULTADOS

3.1 – Considerações Gerais

Através dos dados coletados e análises realizadas, é possível identificar quais são as áreas de maior risco e os possíveis impactos de um eventual rompimento da barragem. Além disso, a apresentação dos resultados também permite avaliar a eficácia das medidas de prevenção e mitigação adotadas, bem como propor novas estratégias para garantir a segurança da população e do meio ambiente em torno do reservatório em estudo.

3.2 – Inspeção da barragem

A inspeção da barragem foi realizada de acordo com a Instrução Normativa SEMAS NO 02, de 07 de fevereiro de 2018, Anexo VII - Ficha de Inspeção de Rotina (Regulares).

A Barragem modelada não apresenta quaisquer documentos bem como projetos, licenciamentos, outorga, plano de manutenção, relatório de inspeção ou cadastro junto aos órgãos competentes. Contudo, foi realizado o cadastro da barragem junto a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Cadastro técnico do barramento do Igarapé Sete Voltas

Código SNISB:	3798
ID da barragem – Fiscalizador	Sem informação
Nome da Barragem	Igarapé Sete Voltas
Nome Secundário	-
Altura – Fundação	-
Altura – Terreno (m)	3
Capacidade Total (hm ³)	0,24
Uso Principal	Psicultura
Latitude	- 6,09
Longitude	- 49,85
Categoria de Risco	Alto
Dano Potencial Associado	Alto
Regulada	Sim
Empreendedor	UFRA
UF	PA
Município	Castanhal
Fiscalizador	-
Autorização:	2697/2016
Bacia	Araguaia - Tocantins
Região Hidrográfica	Tocantins - Araguaia
Possui PAE	-
Possui Plano de Segurança	-
Data da Última Inspeção	03/09/2022

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A seguir são apresentadas algumas ocorrências observadas durante a inspeção da barragem.

A Figura 3 apresenta o talude de montante da barragem, inspecionado em 03 de março de 2022. Observa-se que o talude não apresenta proteção com rip-rap, portanto susceptível desenvolvimento de processos erosivos e escorregamento. Nota-se também a ocorrência de arvores e arbustos num trecho do talude, esse fato pode contribuir para o desenvolvimento de um processo de piping, podendo leva a ruptura da barragem.

Figura 3 - Talude montante – Barragem Igarapé Sete Voltas/PA



Fonte: O autor (2022)

Na Figura 4 são apresentadas imagens do talude de jusante, onde foi observado surgências d'água, junto ao pé da barragem, havendo a necessidade de monitoramento dessa vazão, pois, esse tipo de ocorrência pode levar a instabilidade estrutural do talude, carreamento de solo, podendo resultar na ruptura da barragem. Também foram

encontrados arbustos e até árvores de médio porte.

Apesar da cobertura vegetal ser importante para proteção do talude, o desenvolvimento de plantas com raízes profundas, é indesejável, pois: reduz a capacidade de visualização de anomalias (percolações, trincas, afundamentos) no processo de inspeção; pode gerar danos estruturais devido ao crescimento das raízes, que encurtam o caminho para a percolação, bem como, vazios no maciço pela decomposição de raízes.

Desse modo, é recomendável retirar todas as árvores e arbustos, exceto a grama, para manter a segurança da barragem.

Figura 4 – Anomalias no talude de jusante – Barragem Igarapé Sete Voltas/PA



Fonte: O autor (2022)

Na Crista da barragem foi observado desalinhamento, defeitos de drenagem e processo erosivo superficial, localizado, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5– Crista da Barragem Igarapé Sete Voltas/PA



Fonte: O autor (2022)

Na Figura 6 vê-se a estrutura do vertedouro que se apresenta estável, com ocorrência de processo erosivo na ombreira direita da calha.

Figura 6– Vertedouro da Barragem Igarapé Sete Voltas/PA



Fonte: O autor (2022).

A Figura 7 apresenta uma vista do reservatório, o qual apresentou escorregamentos nas ombreiras e ocorrência de algas.

Figura 7 – Reservatório da Barragem Igarapé Sete Voltas/PA

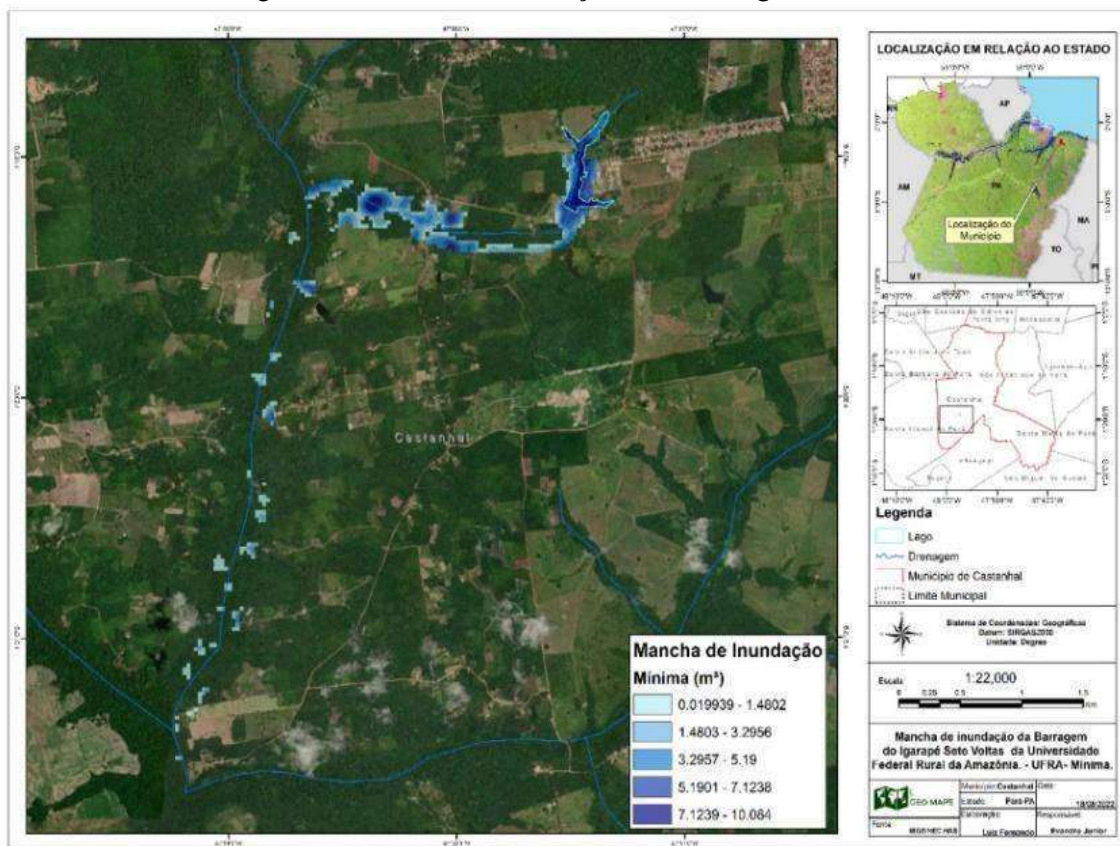


Fonte: O autor (2022).

3.3 – Mapas de inundação

A Figura 8 apresenta a mancha de inundação mínima gerada após o rompimento da barragem. Observa-se que, em algumas regiões, pode ser encontrado um volume máximo de 10,08 m³ e a mancha se localiza nas proximidades do canal principal, com espraiamento reduzido.

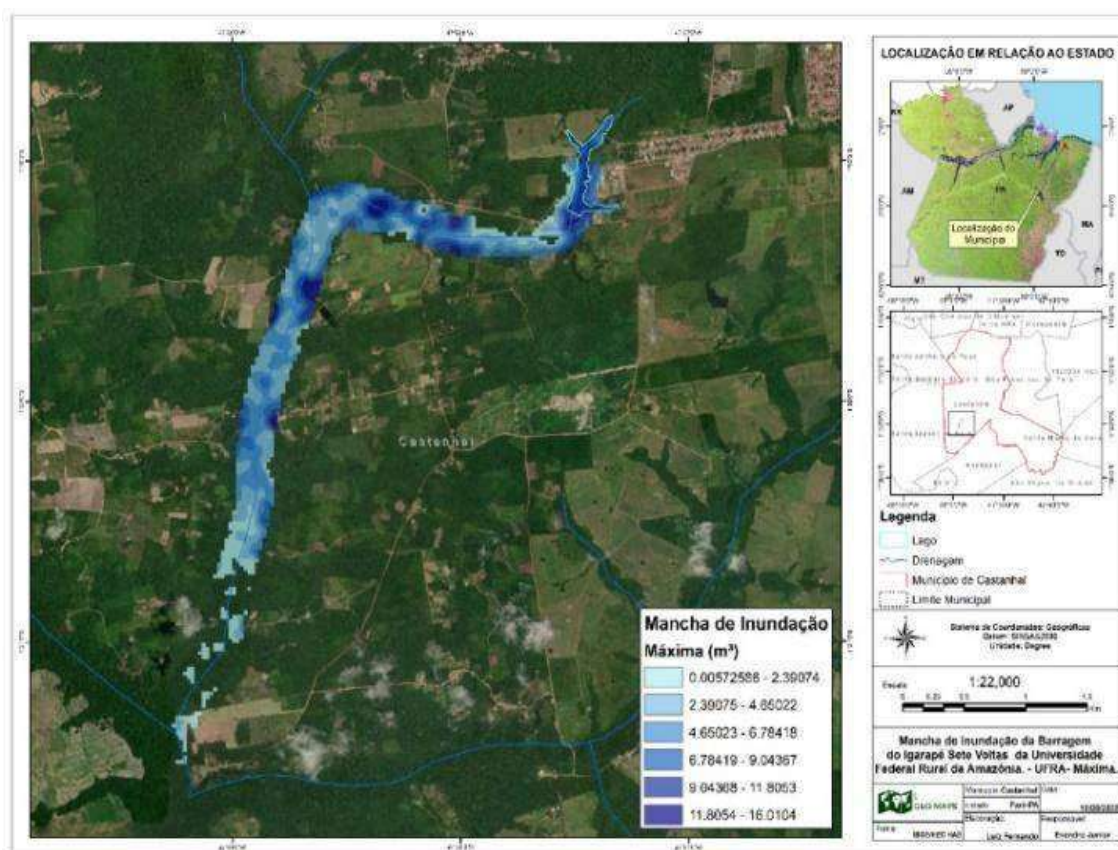
Figura 8 – Mancha de inundação – Nível d'água mínimo



Fonte: Elaborado pelo autor com o auxílio do aplicativo HEC-RAS (2021).

A Figura 9 mostra o estágio de inundação máxima, onde ocorre o pico do evento de ruptura da barragem.

Figura 9 - Mancha de inundação no canal do Igarapé Sete voltas – Nivel d’água máximo



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Neste caso, observa-se que em várias regiões o volume mobilizado chega a 16,01 m³. Além disso, a mancha se estende ao longo do canal principal e possui espreadimento considerável, podendo ser ainda mais extensa do que os resultados encontrados devido às limitações impostas pelo tamanho das seções transversais.

A área agrícola, a jusante, que foi inundada após o rompimento da barragem, poderá enfrentar uma série de impactos ambientais. Esses impactos podem ser observados na fauna e flora local, na qualidade do solo e da água.

O aumento no fluxo de água pode provocar aceleração dos processos erosivos, além de destruir os habitats naturais de espécies e causar prejuízos às classes mais sensíveis. Muitas espécies que vivem no subsolo usam passagens subterrâneas para abrigo e armazenamento de alimentos.

O possível rompimento da barragem em estudo, bem como o processo de inundação afetarão todos os animais em áreas submersas, podendo levar até a extinção, reduzindo assim a biodiversidade das áreas submersas.

No segundo caso de simulação, onde ocorre a inundação máxima, o impacto sobre a fauna local apresentará maiores proporções e perdas, uma vez que a extensão destes impactos é diretamente proporcional à temperatura e a duração da inundação (WOODMAN, 2015; ZHANG et al., 2021).

A área atingida pela inundação sofrerá um forte escoamento superficial, o que levará ao arraste da serapilheira do solo. De acordo com Santos, Vasconcelos e Raiol (2022), a serapilheira é a camada que se localiza acima do solo, constituída de folhas, galhos, flores, frutos e miscelânea, sendo responsável por grandes processos no ecossistema florestal, como proteção do solo, retenção hídrica e ciclagem de nutrientes.

A serapilheira protege o solo contra o impacto direto da água da chuva e seus fragmentos vegetais presentes no solo realizam transportes de solutos através de carreadores e canais acumulando íons na estrutura deste, por meio do processo natural de lixiviação (SILVA et al., 2020).

A violenta remoção da serapilheira, motivada pela mancha de inundação, diminuirá a disponibilidade hídrica do solo, bem como a disponibilidade de nutrientes neste. Além disso, a presença de serapilheira impede a remoção das partículas argilosas e da matéria orgânica no solo. Estas duas últimas são responsáveis por fornecerem locais de ligação negativa para cátions, aumentando a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) no solo.

Cabe ressaltar ainda que, o rompimento da barragem em estudo, bem como o processo de inundação a jusante desta, acarretará um empobrecimento do solo em disponibilidade de nutrientes para a flora local. Isso é confirmado por Campos Mantovanelli et al. (2016), que afirmaram que isso acarretará um aumento da acidez potencial (soma de H^+ e Al^{3+}) no solo em profundidade, levando à limitação da expansão do sistema radicular das plantas, dificultando assim o acesso à água e aos nutrientes que se encontram nas camadas mais profundas do solo.

A inundação acelerará o processo de erosão do solo, retirando destes sedimentos, minerais e nutrientes de sua constituição, podendo levar a uma diminuição de sua fertilidade e, por conseguinte, uma redução na produção agrícola familiar.

Cardoso et al. (2021) ressaltam que, no geral, os solos no município de Castanhal são do tipo flanco arenosos, ou seja, sua textura apresenta maior suscetibilidade a processos erosivos devido ao elevado índice de areia que apresenta alta porosidade e baixa resistência dos seus agregados, sendo essa fração mais fácil de ser removida pela erosão hídrica superficial.

Os arrastamentos de terra podem cobrir terrenos férteis com materiais áridos e transportar sedimentos até as águas. Assim, além de terras menos produtivas, a erosão provoca a morte da fauna e flora do fundo dos rios e lagos por soterramento e turbidez nas águas (o que dificulta a ação da luz solar na fotossíntese de algas), essencial para a purificação e oxigenação dos cursos hídricos.

A grande quantidade de sedimentos, resíduos orgânicos, como restos de plantas e animais que são arrastados, são posteriormente depositados no fundo de rios e córregos. Isso pode levar à diminuição do oxigênio dissolvido na água, o que pode matar as espécies que habitam essa área. O processo também contribuiria para o assoreamento dos rios e lagos.

A erosão hídrica também pode levar defensivos agrícolas e adubos até os corpos de água, o que pode provocar o desequilíbrio na fauna e flora desses ecossistemas.

Por fim, a inundação pode ocasionar um impacto científico e no desenvolvimento econômico local, pois a jusante da barragem encontram-se diversos tanques de pesca, utilizados para estudos científicos feitos pela UFRA, que seriam perdidos no rompimento da barragem.

IV. CONCLUSÃO

As barragens possuem estruturas que com o passar dos anos, podem acarretar inúmeros riscos de rompimento, impactando assim diretamente vidas humanas, e o ecossistema em torno do reservatório, provocando alterações nos cursos d'água, no solo, na fauna e a flora local. O processo de rompimento da barragem em estudo pode advir de um processo de erosão interna, galgamento, deslizamento, derrubamento e outras, sua causa pode ser oriunda de fenômenos naturais ou também por má gestão e falta de manutenção.

Diante dos resultados apresentados ao longo da pesquisa, foi possível observar que a partir da realização da inspeção e, posteriormente, do relatório de inspeção da barragem conclui-se que se encontra em situação de perigo iminente.

A partir da simulação do rompimento e a elaboração da mancha de inundação na área a jusante do barramento, pode-se concluir que uma provável inundação acarretará uma série impactos aos recursos ambientais locais. Diante do exposto, se faz necessário a interdição do barramento para que seja realizada manutenção de emergência.

V. REFERÊNCIAS

ABDESSAMED, D.; ABDERRAZAK, B. Coupling HEC-RAS and HEC-HMS in rainfall-runoff modeling and evaluating floodplain inundation maps in arid environments: case study of Ain Sefra city, Ksour Mountain. SW of Algeria. *Environ Earth Sci* 78, 586 (2019).

ACKERMAN, Cameron T.; P.E.; BRUNNER, Gary W. **Dam failure analysis using hec-ras and hec-georas**. Disponível em: http://acwi.gov/hydrology/mtsconfwkshops/conf_proceedings/3rdFIHMC/11F_Ackerman.pdf. Acesso em: 22 abr. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DO ÁGUAS. **Relatório de segurança de barragens 2017**. Brasília: ANA, 2018. Disponível em: <http://www.snisb.gov.br/portal/snisb/relatorio-anual-de-seguranca-de-barragem/2017/rsb-2017-versao-enviada-ao-cnrh.pdf>. Acessado em: 15 de fev 2021.

ALVES, Maria Eduarda Pereira. **Simulação de rompimento de barragens em cascata com o modelo MGB**. 2018. Trabalho de Conclusão (Engenheiro Ambiental) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2018.

BRUNNER, G. W. (2016). **HEC-RAS: River channel hydraulics, User manual**. Hydrologic Engineering Center, US Army Corps of Engineers, Davis, CA.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S. A. **Critérios de projeto civil de usinas hidrelétricas**. Brasília, 2003, 279 p.

LEON, Arturo S.; GOODELL, Christopher. Controlling HEC-RAS using MATLAB. **Environmental Modelling & Software**, Volume 84, 2016, Pages 339-348. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.06.026>.

SHAHIM, M; ROS, F. C. Dam Break Analysis of Temenggor Dam Using HEC- RAS. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. 479, 2020. 012041. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/479/1/012041>.

TAHMİSCİOĞLU, M. Sait et al. **Positive and negative impacts of dams on the environment**. Disponível em: <http://www.creditvalleyca.ca/wp-content/uploads/2011/02/60.pdf>. Acesso em: 04 jul. 2016.

US Army Corps of Engineers. (2016). **HEC-RAS River Analysis System**. Disponível em: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>. Acesso em: 06 jul. 2016.

VERÓL, Aline Pires. **Simulação da propagação de onda decorrente de ruptura de barragem, considerando a planície de inundação associada a partir da utilização de um modelo pseudo-bidimensional**. 2010. 217 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, 2010.

XIONG, Yi. **A Dam Break Analysis Using HEC-RAS**. Jwarp, [s.l.], Scientific Research Publishing, Inc, v. 03, n. 06, p.370-379, 2011.

ZHANG, L. M.; XU, Y.; JIA, J. S. **Analysis of earth dam failures - A database approach**. Isgsr2007- First International Symposium on Geotechnical Safety & Risk, Shanghai, v. 1, n. 1, p.293-302, 18 out. 2007.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

A NOVEL HIGH-GAIN BOOST CONVERTER FOR PV APPLICATIONS

Lucas Romeiro¹
Lúcio dos Reis Barbosa²
Leonimer Flávio de Melo³

Abstract - In this paper a novel simple architecture high-step up, low-cost and high-efficiency DC-DC boost converter is proposed. The proposed converter is derived from the quadratic G single switch boost converter and the three-level boost converter. The proposed topology presents two active switches controlled by symmetric PWM pulses and half-time lags. The static gain changes with the square of the duty cycle, it is bigger than the conventional boost converter and the maximum voltage on both switches is half of the output voltage. The theoretical analysis, quantitative analysis, static gain and main waveforms are demonstrated. Finally, the circuit was simulated and main waveforms were analyzed in order to confirm the converter operation.

Keywords: High Gain. Multilevel. DC-DC Converter. PV Energy.

I. INTRODUCTION

Nowadays, photovoltaic solar energy remains prominent among the candidates for diversifying the global energy matrix, exhibiting exponential growth in recent years. However, the voltage level generated by photovoltaic modules is low, ranging from 12 to 48 V, when compared to the voltage required at the DC bus of grid-tie DC-AC inverters (CARVALHO, 2022). Series connection of photovoltaic (PV) modules is widely suggested in the literature as a solution to achieve higher voltage levels, with maximum power point tracking (MPPT) algorithms employed for the entire array. However, this approach leads to system efficiency degradation due to mismatches, partial shading, and the inability to extract the maximum available power from each module. The aforementioned issues can be avoided by connecting a DC-DC converter to each PV module, which should provide a high voltage gain. Such converters are commonly known as module-integrated converters (MIC) (CARVALHO, 2022). Given the above, the search for DC-DC converters capable of delivering high voltage gain without compromising efficiency in low and medium power applications becomes a relevant research focus.

¹ Mestrando em Engenharia Elétrica (UEL). Contato: lucas.romeiro96@uel.br

² Pós-doutorado em Engenharia Elétrica (UFU); Professor Associado da UEL. Contato: lbarbosa@uel.br

³ Doutor em Engenharia Mecânica (Unicamp); Professor Associado da UEL. Contato: leonimer@uel.br

A simple approach for achieving high amplification ratio is the utilization of magnetic coupled converters, which have the potential for extremely high gains by adjusting the turn ratio value. However, due to the energy stored in the leakage inductance, these converters often result in a significant reverse voltage across the switch during the blocking phase. To mitigate this issue, damping circuits become necessary, with the trade-off of an increased component count. Additionally, when operating at high gain ratios, the output diode is exposed to substantial voltage spikes during commutation processes (GUEPFRIH, WALTRICH, LAZZARIN, 2019).

In applications where galvanic insulation is not a required, the use of non-isolated converters is favored, leading to a reduction in size, weight, and volume, accompanied by enhanced efficiency due to the lack of a coupled inductor (GUEPFRIH, WALTRICH, LAZZARIN, 2019). The conventional boost converter allows, with a reduced number of components, a voltage increase. However, despite its advantages, the traditional boost converter is not able to provide a high voltage gain, due to the non-idealities of the real components and losses that occur when operating with high duty cycles, considering that the current ripple is large, with high peak values that run through the elements of the circuit, making the losses in conduction and switching more significant (ANDRADE, *et al.* 2020; MOURY, LAM, 2020).

The utilization of multi-stage converters becomes a straightforward approach to enhance the voltage gain provided by the conventional converter, commonly employed in two stages, resulting in quadratic gain converters. Despite enabling significant voltage-gain, the efficiency of quadratic converters is not high, as it is the multiplication of the efficiency of each stage. Moreover, switching and conduction losses are exacerbated due to the high voltage stress imposed on the semiconductor components of the output stage in high-output-voltage applications (RAGHAVENDRAN, *et al.* 2021; GUEPFRIH, WALTRICH, LAZZARIN, 2019).

The three-level boost converter, in the multilevel family, studied in Lee (2020) can halve the power device voltage stress compared with the conventional boost converter, which is more suitable in low-voltage-input high-voltage-output applications. By utilizing low voltage stress and high-performance MOSFETs with low *drain-to-source on-resistance* ($R_{DS(on)}$), it becomes possible to minimize conduction losses. However, in its traditional topology, it is not capable of providing a high-step-up gain (LEE, KIM, LAI 2020; ANDRADE, MARTINS, 2017).

Moreover, the integration of different topologies enables the development of new converters that carry characteristics from their primary topologies. In (RAGHAVENDRAN, *et al.* 2021), the quadratic boost converter was combined with the three-level switching cell, resulting in a high-gain converter with reduced voltage stress on the switches. Additionally, in Guepfrih (2019), a combination of the cascaded boost and flyback converters resulted in a topology capable of delivering extreme gains in high-power applications. Furthermore, in Andrade (2017) and Andrade (2020) converter integration techniques are proposed, which can be utilized to obtain new topologies with specific characteristics.

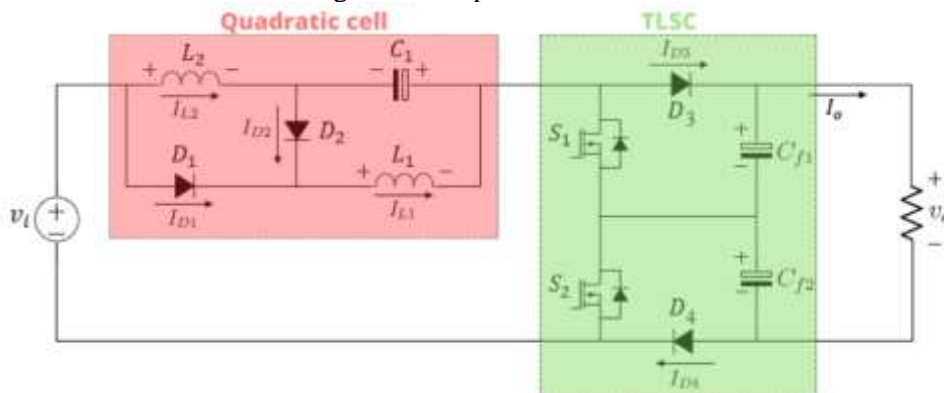
In this scenario, the present work proposes a new high-gain and reduced voltage stress topology. Although the conducted study is motivated by photovoltaic applications, the use of high-gain converters is not limited to such applications and can be employed in fuel cells, UPS systems, electric vehicles, among others (FOROUZESH, 2017).

II. METHODOLOGY

The proposed converter, presented in Figure 1, is derived from the integration between the three-level switching cell (TLSC) (LEE, KIM, LAI, 2020) and the quadratic

cell presented in Kadri (2010), which not only maintains a high static gain ratio but also allows for a reduction in the intermediate voltage compared to other quadratic converters.

Figure 1 - Proposed converter



Fonte: Authors, 2023.

In the proposed topology, the circuit switches are subjected to half the output voltage. Such characteristic can be obtained by considering $C_{f1} = C_{f2}$ and adopting an adequate command strategy. The command strategy adopted for the converter is based on symmetric PWM pulses, of the same cyclic ratio and frequency, and lagged in half the period, as well as in Lee *et al.* (2020). Under these conditions, the converter now has two operating regions, the first one relating to the operation with cyclic ratios smaller than 0.50, the region with the lowest gain, and the other with cyclic ratios greater than 0.50, the region with the greatest static gain. The command pulses for the converter switches are presented in the first two waveforms of Figures 3a and 3b.

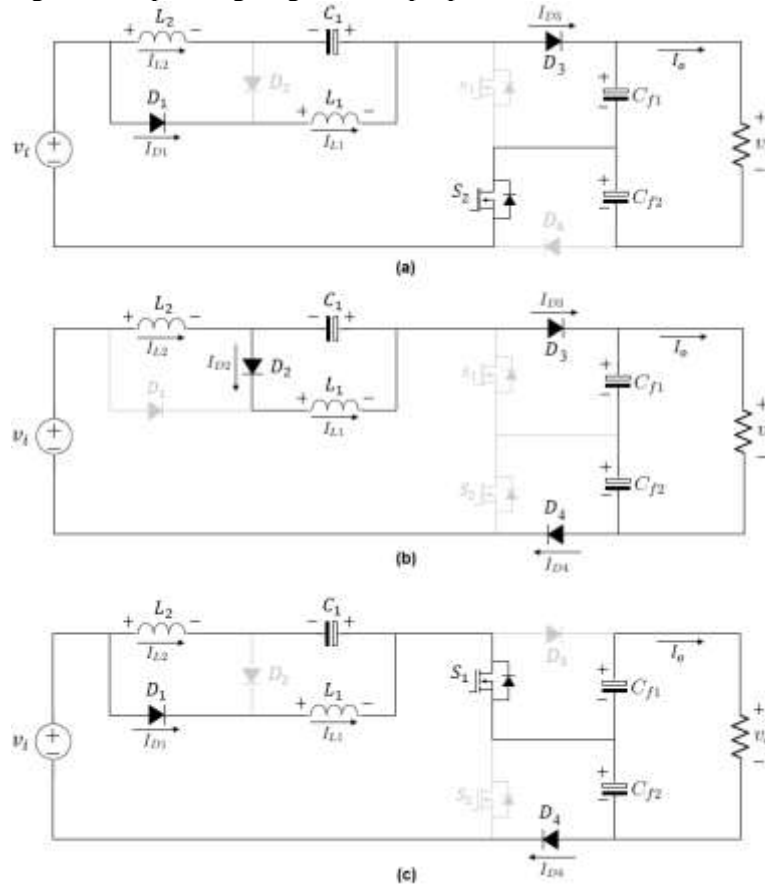
The analysis of the operation of the converter is made assuming that the converter operates in continuous conduction mode (CCM), analyzing the two operating regions separately while also considering ideal components.

2.1 – Operating steps for $D < 0.50$

The operating steps and the static gain of the converter for $D < 0.50$ are described as it follows. The operating stages are shown in Figure 2. The main waveforms are shown in Figure 3a.

- **First operating step (Δt_1)** - (Figure 2a)): In this step, switch S_1 is blocked and S_2 is in conduction. The current of the inductors grows steadily. C_{f1} is charged by the difference between the inductor currents and the load current, while C_{f2} is discharged by the load current;
- **Second operating step (Δt_2)** - (Figure 2b): During this step, both switches are in blockage. Inductor L_1 discharges providing power to capacitor C_1 . Inductor L_2 and capacitors C_{f1} and C_{f2} power the load;
- **Third operating step (Δt_3)** - (Figure 2c): This step starts when switch S_1 goes into conduction while S_2 remains blocked. Inductors store energy. Capacitor C_1 is discharged by the current from L_2 . Capacitor C_{f2} is charged by the difference between the inductor currents and the load current, while C_{f1} is discharged by the load current;
- **Fourth operating step (Δt_4)** - (Figure 2b): The last operation step starts with the blockage of S_1 . The process of this step is identical to the second operation step;

Figure 2 - Operating stages of the proposed converter for $D < 0.50$



Source: Authors, 2023.

From the waveforms in Figure 3a it is possible to determine the time intervals of each step of the converter operation as a function of D , according to (1) and (2).

$$\Delta_{t1} = \Delta_{t3} = DT, \quad (1)$$

$$\Delta_{t2} = \Delta_{t4} = \frac{(1 - 2D)T}{2}. \quad (2)$$

The static gain of the converter in the CCM operating for $D < 0.50$ can be obtained through the calculation of the average voltage in the inductors $L1$ and $L2$ as, for operations in steady state, the average voltage over each of the inductors must be zero, within a complete switching period, as

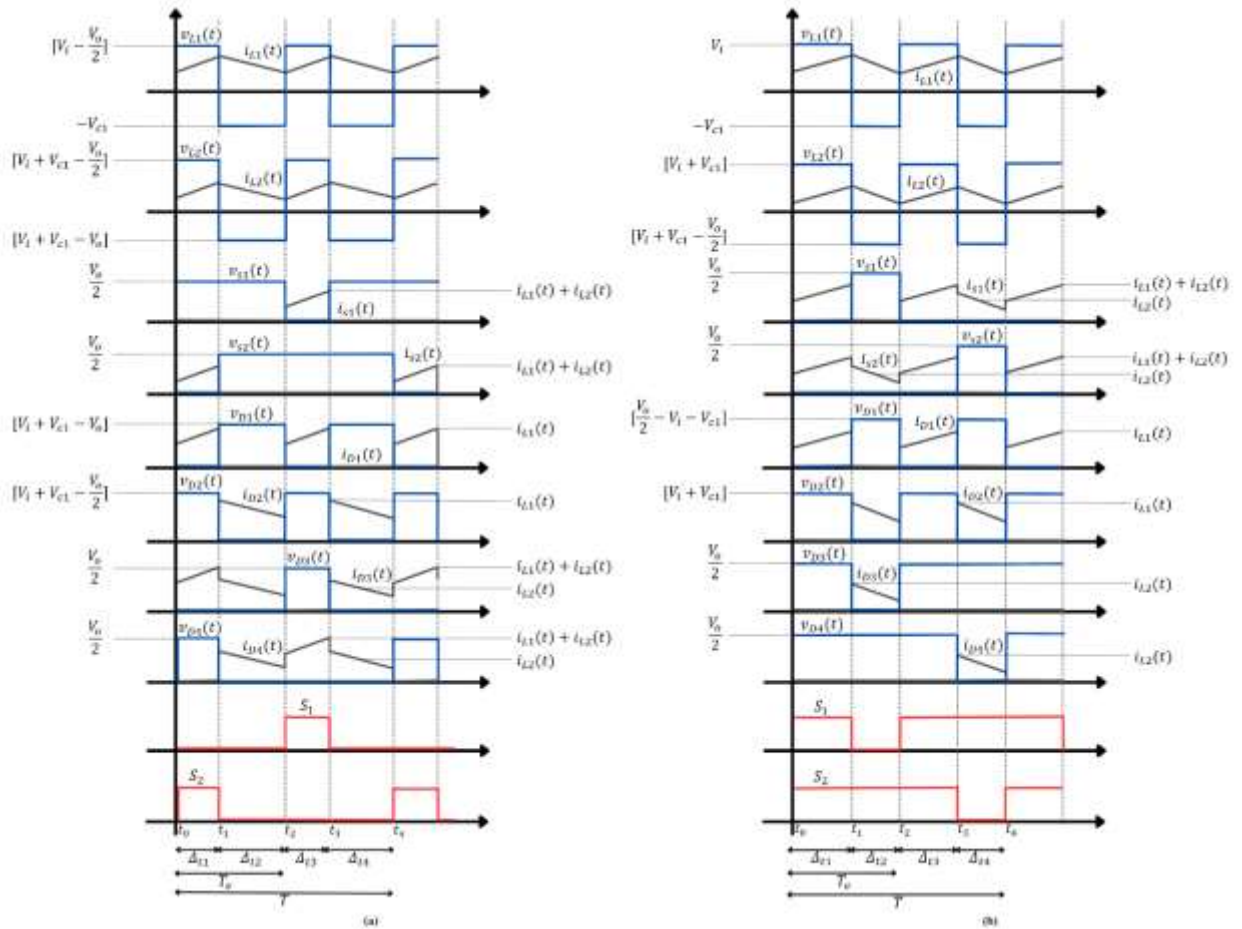
$$G_{(D < 0.50)} = \frac{1}{2D^2 - 2D + 1}. \quad (3)$$

2.2 – Operating steps for $D > 0.50$

The operating steps for $D > 0.50$ and the static gain are described and presented below. The operating stages are shown in Figure 4 and the main waveforms in Figure 3b.

• **First operating step ($\Delta t1$)** - (Figure 4a): In this step, both switches are in conduction and diodes $D3$ and $D4$ are blocked by voltages of the filter capacitors. The current in the inductors grows steadily and capacitors $Cf1$ and $Cf2$ supply power to the load;

Figure 3 - Main waveforms of the converter in CCM for: (a) $D < 0.50$ and (b) $D > 0.50$



Source: Authors, 2023.

- **Second operating step (Δt_2)** - (Figure 4b): It starts when S1 is commanded to block, with switch S2 still in conduction. Inductor L1 discharges, supplying energy to capacitor C1, while inductor L2 discharges, supplying energy to capacitor Cf1 and to the load;
- **Third operating step (Δt_3)** - (Figure 4a): This step is defined by the conduction of both switches, which is identical to the first operating step and corresponds to the loading phase of the inductors;
- **Fourth operating step (Δt_4)** - (Figure 4c): The last step starts with the blocking of switch S2. Inductor L1 discharges, supplying power to capacitor C1. Inductor L2 also discharges, supplying power to capacitor Cf2 and to the load;

From the waveforms in Figure 3b, the time intervals of duration of each operating step are defined as a function of D, as shown in (4) and (5).

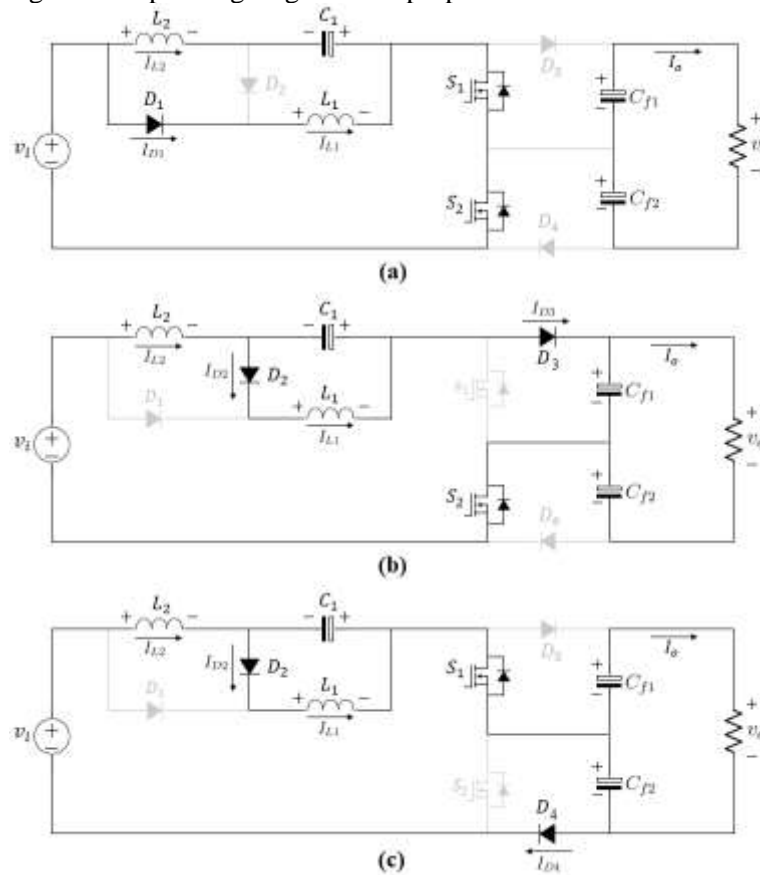
$$\Delta_{t1} = \Delta_{t3} = \frac{(2D - 1)T}{2}, \quad (4)$$

$$\Delta_{t2} = \Delta_{t4} = (1 - D)T. \quad (5)$$

Similarly, the static gain is,

$$G_{(D>0.50)} = \frac{1}{2(1-D)^2} \cdot \quad (6)$$

Figure 4 - Operating stages of the proposed converter for $D > 0.50$



Source: Authors, 2023.

Figure 5 presents a comparison between the static gain of the proposed converter and the static gains of the traditional boost and quadratic boost, in CCM. It is clear that the proposed converter presents a greater gain than the one presented by the traditional boost converter (or equal to $D = 0.50$), and so acquiring higher gains for smaller cyclic ratio values.

III. SIMULATION RESULTS

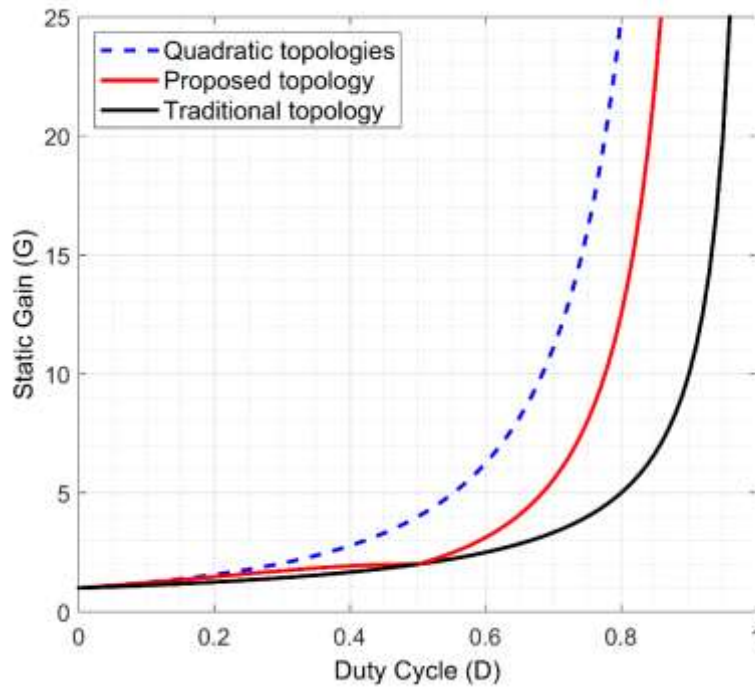
To observe the behavior of the converter, the circuit was simulated in the dedicated LTSpice software that allows the use of the real model of the components seeking the analysis of the real behavior of the converter, for the high gain operation – for $D > 0.50$.

The input parameters were chosen based on typical values of photovoltaic modules. The operation frequency of the converter was chosen based on Guepfrih (2019) taking into account the optimization of the circuit. The values of capacitors and semiconductors were chosen considering their effective current, voltage and equivalent series resistance.

In Figure 6a the converter input and output voltage waveforms are shown. For the stipulated cyclic ratio, the converter obtained a gain of approximately 8 times for the high gain region, showing its high relation to the static gain. Besides this, the output voltage and current are approximately 239V and 1.04A.

In Figure 6b the current waveforms over the inductors are shown. The inductor current L1 is 10.04A while that of L2 is 4.58A, with their respective ripples within 10%.

Figure 5 - Static gain of the proposed converter, classic boost and quadratic boost, in CCM



Source: Authors, 2023.

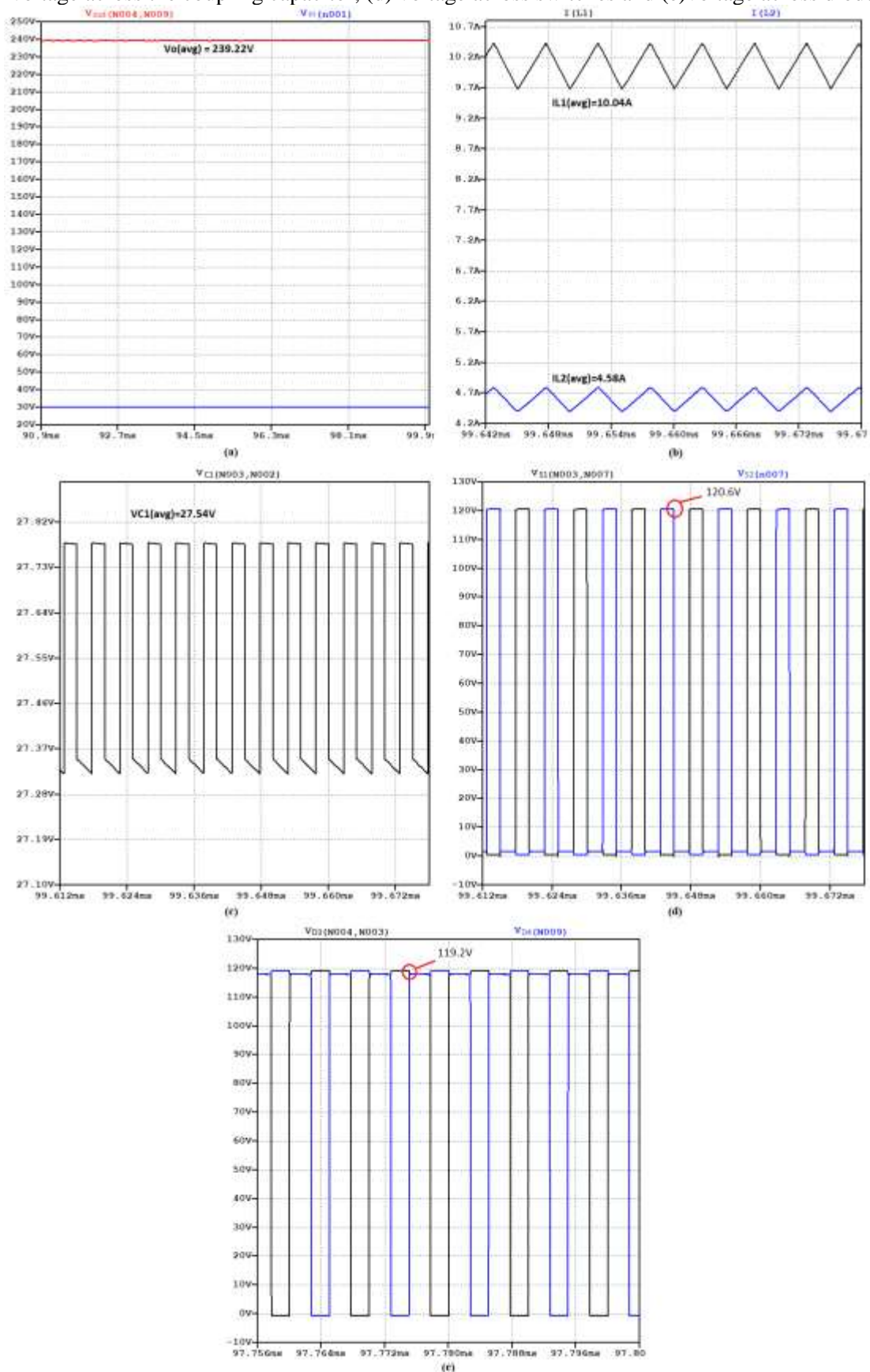
Table 1 – Simulation parameters

Parameter	Value
V_{in}	30 V
V_o	240 V
P_o	250 W
f_s	100k Hz
L1	90u H
L2	360u H
C1	1000u F / 200 V
Cf1 and Cf2	470u F / 250 V
Δ_{IL}	10%
Δ_{Vc}	1%
D1 and D2	MBR20100CT
D3 and D3	VS-E5HT1506
S1 and S2	IRFP240

Figure 6c presents the voltage over the coupling capacitor. The average voltage over coupling capacitor C1 is 27.54V, revealing it to be a low value for high voltage applications. The voltage over filter capacitors Cf1 and Cf2 is equal to half the output voltage. Their respective ripples are approximately 1%, as stipulated.

In Figure 6d the voltages over switches S1 and S2 are illustrated. When in blockage, switches are subject to half the output voltage, approximately 120.6V for $D > 0.50$.

Figure 6 - Simulation results for $D > 0.50$: (a) V_{in} and V_{out} , (b) current through inductors, (c) voltage across the coupling capacitor, (d) voltage across switches and (e) voltage across diodes



Source: Authors, 2023.

Further, Figure 6e shows that the maximum voltage across the output diodes is half of the maximum conversion voltage. It is possible to observe that at no time are the circuit components subject to the highest converter voltage (V_o).

IV. CONCLUSION

In this paper a novel simple high gain topology for the DC-DC boost converter was proposed. The topology carries characteristics of its predecessors, qualifying to provide a high static gain without subjecting the circuit components to high voltage stress. Therefore, MOSFETs with low voltage level and low resistance can be used as switching devices instead of IGBTs which allows the converter to operate at higher frequencies. When compared to the traditional converter, the proposed topology is able to provide a greater static gain, enabling the operation with smaller cyclic ratio values. It is also established that the voltage stress on the circuit switches is reduced, becoming equal to half of the output voltage, as well as providing a reduction in the average voltage over the coupling capacitor, when compared to the quadratic topology.

The presented topology proves to be appealing for applications in which a low voltage value needs to be raised to much more significant values without critical efficiency losses or using very robust semiconductors, ideal for high voltage gain in medium power applications.

V. REFERENCES

- ANDRADE, A. M. S. S; MARTINS, M. L. d. S. Quadratic-Boost With Stacked Zeta Converter for High Voltage Gain Applications. **IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics**, v. 5, n. 4, p. 1787-1796, Dec. 2017, DOI: 10.1109/JESTPE.2017.2706220.
- ANDRADE, J. M. de; SALVADOR, M. A.; COELHO, R. F. LAZZARIN, T. B. General Method for Synthesizing High Gain Step-Up DC-DC Converters Based on Differential Connections. **IEEE Transactions on Power Electronics**. v. 35, n.12, p. 13239-13254, Dec. 2020, DOI: 10.1109/TPEL.2020.2996501.
- CARVALHO, M. R. S. de; BARBOSA, E. A. O.; BRADASCHIA, F.; LIMONGI L. R.; CAVALCANTI, M. C. Soft-Switching High Step-Up DC-DC Converter Based on Switched-Capacitor and Autotransformer Voltage Multiplier Cell for PV Systems. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, vol. 69, no. 12, pp. 12886-12897, Dec. 2022, DOI: 10.1109/TIE.2022.3142432.
- FOROUZESH, M. *et al.* Step-up dc-dc converters: A comprehensive review of voltage-boosting techniques, topologies, and applications. **IEEE Transactions on Power Electronics**, v. 32, n. 12, p. 9143-9178, 2017.
- GUEPFRIH, M. F.; WALTRICH, G.; LAZZARIN, T. B. Quadratic-boost-double-flyback Converter. **IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics**, v. 12, n. 12, p. 3166-3177, Oct. 2019, DOI: <https://doi.org/10.1049/iet-pel.2019.0340>.
- KADRI, R. *et al.* Performance analysis of transformless single switch quadratic boost converter for grid connected photovoltaic systems. In: The XIX International Conference on Electrical Machines - **ICEM 2010**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 1-7
- LEE, M.; KIM, J. W.; LAI, J. S. Three-Level Boost Converter With CRM Operation. 2020 **IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)**, New Orleans, LA, USA, 2020, pp. 2997-3002, DOI: 10.1109/APEC39645.2020.9124126.

MOURY, S.; LAM, J. A Soft-Switched Power Module With Integrated Battery Interface for Photovoltaic-Battery Power Architecture. **IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics**, vol. 8, no. 3, pp. 3090-3110, Sept. 2020, DOI: 10.1109/JESTPE.2019.2916733.

RAGHAVENDRAN, S. *et al.* An improved three-level dc-dc boost converter for renewable energy systems with high gain. In: **2020 3rd International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Clean Energy Technologies**. [S.l.: s.n.], 2021. p. 1–6.

VI. AGRADECIMENTOS

The authors would like to thank CAPES.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

O USO DO BLOCKCHAIN COMO FORMA DE AUMENTAR A SEGURANÇA EM SISTEMAS IOT NA AGROINDÚSTRIA

THE USE OF BLOCKCHAIN AS A WAY TO INCREASE SECURITY IN IOT SYSTEMS IN THE AGRO-INDUSTRY

Victor Inacio de Oliveira¹
Eloa Torres Cunha²
Victor Augusto Felix Teixeira³

Resumo - O presente projeto teve como objetivo investigar o uso do blockchain como forma de aumentar a segurança em sistemas IoT aplicados na agroindústria. Para isso, foram realizados testes utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor de umidade e temperatura DHT11, por meio das conexões disponíveis na plataforma Arduino IDE. Os testes consistiram na captura dos dados de umidade e temperatura e, em seguida, na aplicação de técnicas de encriptação por meio das bibliotecas disponíveis no Arduino IDE. Essas bibliotecas permitiram a transformação dos dados capturados em hashes criptografados, garantindo assim a segurança e integridade deles. Dessa forma, este projeto contribui para o avanço do conhecimento sobre a aplicação do blockchain como uma medida eficaz para aumentar a segurança dos sistemas IoT na agroindústria. Os resultados obtidos mostram que é possível proteger os dados de forma confiável, oferecendo maior integridade e garantindo a privacidade das informações capturadas.

Palavras-chave: Blockchain. Segurança. Sistemas IoT. Agroindústria.

Abstract - The present project aimed to investigate the use of blockchain as a way to increase security in IoT systems applied in the agro-industry. For this purpose, tests were conducted using the ESP32 microcontroller and the DHT11 humidity and temperature sensor, through the available connections in the Arduino IDE platform. The tests consisted of capturing the humidity and temperature data and then applying encryption techniques through the libraries available in the Arduino IDE. These libraries allowed the transformation of the captured data into encrypted hashes, thus ensuring their security and integrity. Therefore, this project contributes to the advancement of knowledge about the application of blockchain as an

¹ Doutor em Engenharia de Controle e Automação pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI-USP), Mestrado em Física Aplicada pelo Instituto de Física de São Carlos da Universidade de São Paulo (IFSC-USP), Professor e pesquisador em tempo parcial da Faculdade Engenheiro Salvador Arena (FESA). Contato: pro14724@cefesa.edu.br.

² Aluna do curso de Engenharia de Computação e bolsista de iniciação científica da Faculdade Engenheiro Salvador Arena (FESA).

³ Aluno do curso de Engenharia de Computação e bolsista de iniciação científica da Faculdade Engenheiro Salvador Arena (FESA).

effective measure to increase the security of IoT systems in the agro-industry. The obtained results show that it is possible to protect the data reliably, offering greater integrity and ensuring the privacy of the captured information.

Keywords: *Energy Efficiency. Electrical Installations. Residencial Energy.*

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da tecnologia bem como o crescimento da globalização traz consigo avanços imensuráveis para a humanidade. Com a chegada da tecnologia 5G a utilização de dispositivos conectados à rede pode ter um grande aumento nos próximos anos (PLOENNIGS; COHN; STANFORD-CLARK, 2018). Dispositivos que antes eram utilizados para monitorar equipamentos de forma local agora podem se conectar à internet permitindo que os usuários façam o monitoramento de onde eles estiverem.

Essa nova tecnologia vem sendo chamada de IoT (Internet of Things) (ASHTON, 2009) e já está presente no nosso dia a dia. Entre as inovações em destaque, a Internet das Coisas (IoT) vem ganhando cada vez mais espaço e sendo amplamente discutida por sua usabilidade e potencial transformador. A IoT possibilita a conexão de objetos entre si, permitindo que eles realizem ações autônomas ou controladas por meio da internet. Essa abordagem tem o poder de remodelar o estilo de vida humano, ampliando o uso da tecnologia em atividades simples e complexas, com implicações em diversos setores (CRUZ *et al.*, 2023).

Na agroindústria, o potencial da IoT também tem sido explorado, resultando em avanços relevantes (WANG *et al.*, 2020). A precisão é essencial nesse ambiente, mas nem sempre é alcançada de forma satisfatória quando os processos são monitorados manualmente. Um exemplo claro disso é o controle de umidade e temperatura do solo em estufas e sistemas hidropônicos. A aplicação de sistemas IoT nesses processos permite um controle mais preciso, garantindo resultados com maior excelência e melhorando o desenvolvimento sustentável (CARMELO DE BENEDICTO, 2023).

No entanto, a questão da segurança dos dados extraídos desses sistemas IoT deve ser abordada com cautela (DELLA; FLORIAN, 2022). É essencial que esses dados passem por processos de validação e sejam armazenados de maneira adequada. Nesse contexto, o uso da tecnologia *Blockchain* surge como uma solução promissora (ALI *et al.*, 2021). O *Blockchain* é capaz de gerenciar dados sem a necessidade de intermediários, oferecendo um armazenamento baseado em encadeamento de informações. Cada "bloco" de informação é enfileirado e nomeado, impedindo tentativas de alterações e modificações dos dados. Além disso, a organização dos elementos garante a ordenação cronológica das ações. Trata-se, literalmente, de uma corrente de blocos de informações encriptadas.

Com base nesse cenário, este trabalho tem como objetivo investigar o uso do *Blockchain* como forma de aumentar a segurança em sistemas IoT na agroindústria. Para realizar o estudo, utilizamos o microcontrolador ESP32 em conjunto com o sensor de umidade e temperatura DHT-11 para captar as informações relevantes. Em seguida, aplicamos a tecnologia *Blockchain* para encriptar essas informações em formato de *hash* (RODRIGUES, 2020), garantindo a integridade e segurança dos dados.

A partir dessa introdução, este estudo busca explorar as possibilidades e benefícios do uso do *Blockchain* como uma medida eficaz para aprimorar a segurança nos sistemas IoT aplicados na agroindústria. Ao avançar nesta pesquisa, esperamos contribuir para o desenvolvimento de soluções mais confiáveis e resilientes, impulsionando a adoção dessas tecnologias emergentes em um setor tão fundamental para a sociedade.

II. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Conceito de IoT

O termo IoT (sigla de Internet of Things ou no português Internet das Coisas) foi criado em 1999 pelo pesquisador Kevin Ashton, para definir a interação entre aparelhos conectados à internet. Antes disso o conceito de IoT já era abordado, tendo o primeiro registro em 1982 com o uso de uma máquina de Coca-Cola, que, ao ser modificada, conectava-se à internet e era capaz de gerar relatórios sobre a temperatura do líquido armazenado (FAROOQ *et al.*, 2015).

O IoT pode ser entendido como a conversão de objetos do cotidiano em objetos inteligentes, levando uma certa autonomia para esses dispositivos. É possível que esses dispositivos tomem decisões, e que se comuniquem para coordenar essas decisões. Essa organização faz com que objetos inteligentes individuais possam ser usados em conjunto na execução de tarefas mais complexas (PAUFERRO; PAIVA; LESSA, 2020).

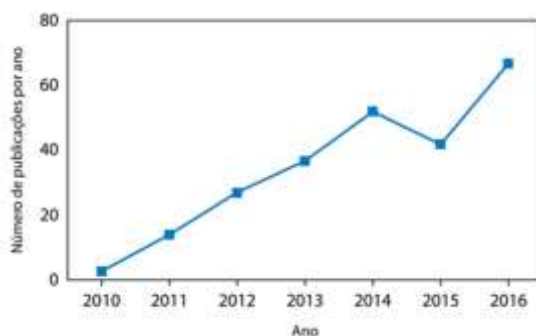
O requisito primordial é que os objetos estejam conectados à internet e sejam ligados entre si, no qual a arquitetura define como pilares a escalabilidade, a extensibilidade e a capacidade de adaptação. Essa adaptação se faz necessária pela interação dinâmica que ocorre entre os dispositivos conectados (GOKHALE *et al.*, 2018).

Em suma, a Internet das Coisas (IoT) foca em adicionar uma lógica computacional aos objetos, de modo que possam conectar-se à internet e ser controlados. Com o avanço da tecnologia, existem cada vez mais dispositivos conectados à internet. Isso não só amplia as possibilidades do IoT, como o torna alvo de pesquisas científicas, inclusive na área da agroindústria (WANG *et al.*, 2020).

2.2 - IoT aplicado ao Agro

O desenvolvimento e uso do IoT caminham de acordo com a necessidade da humanidade. A agroindústria mostrou-se uma área de forte interesse por ter um grande potencial de ser beneficiada pelo uso do IoT. Pesquisadores notaram esse potencial e voltaram seus projetos de pesquisa para a área. A Figura 1 mostra o visível crescimento na quantidade de publicações científicas que relacionam IoT com a agroindústria (RODRIGUES; SOUZA; BOTELHO, 2018).

Figura 1 - Publicações por Ano que Relacionam IoT e Agroindústria



Fonte: RODRIGUES; SOUZA; BOTELHO, 2018.

Um fator vital na agricultura é o controle do solo e o monitoramento da plantação, tanto para evitar a proliferação de pragas que podem ser fatais, como para otimizar o crescimento e cultivo. Fazer esses processos de maneira manual demandam muito tempo e podem não ter a precisão desejada. Com a aplicação do IoT seria possível realizar a análise automatizada das amostras verificando a saúde e qualidade do plantio. Uma aplicação bem comum ocorre em estufas, onde através do uso de

sensores de temperatura e umidade ,integrados por um microcontrolador, pode fornecer dados de como está o andamento do cultivo em tempo real.

A implementação do IoT no agro traz diversas possibilidades, que podem ser separadas em quatro grandes áreas, sendo elas monitoramento, controle, logística e previsão. No monitoramento é possível avaliar a qualidade do ar, o solo ou até mesmo uma criação animal. Como exemplo de controle tem-se a irrigação e iluminação de forma autônoma.

Dados apontam que a maior fonte de consumo de água no mundo é a agricultura, cerca de 70% de toda a água doce consumida. Sendo a água um recurso essencial para vida e finito, é natural que haja um interesse pela otimização/redução no consumo deste recurso. Com o IoT é possível estudar a retenção de água do solo, bem como a umidade registrada no local e usar os dados para otimizar a irrigação e evitar desperdícios. Estudos apontam um potencial de redução de até 50% no consumo de água em relação aos métodos de irrigação tradicionais (KAMIENSKI; VISOLI, 2018).

2.3 - Segurança em sistemas IoT

Assim como muitos dos serviços de tecnologia da informação, os dispositivos e sistemas de IoT enfrentam diversas ameaças e vulnerabilidades no dia a dia (DELLA; FLORIAN, 2022).

Existem conceitos de capacidades genéricas dos dispositivos, para que haja uma tentativa da garantia de segurança como solicitação de autenticação de usuário e controle de acesso, sinalização de possíveis ataques e antivírus, assim como validação da integridade do dispositivo (DELLA; FLORIAN, 2022).

Entretanto, empecilhos ligados à segurança em IoT ainda são recorrentes devido à conexão aberta de dispositivos, linguagens e protocolos heterogêneos. Isso porque, além de existirem limitações em relação a memória, largura de banda, energia e capacidade de processamento, suas interligações podem abrir brechas para interseções não desejadas. A falta de mecanismo de atualização e interfaces inseguras também são motivos de alerta (RIBEIRO, 2020).

Outro problema que dificulta o controle de privacidade e segurança nos dispositivos de IoT está associado ao ambiente não controlado ou protegido aumentando o risco de serem comprometidos, como, por exemplo, a partir de algum tipo de sabotagem física, manipulação indevida ou ainda cópias/clonagens (RIBEIRO, 2020).

Um claro exemplo disso, que ganhou destaque global, foi o ataque cibernético que ocorreu em 2016 denominado Mirai. Tal caso consistiu na invasão de dispositivos IoT conectados na Internet como câmeras IP, impressoras, entre outros e o uso deles para a composição de um botnet, para ataque DDoS (Denial-of-service attack [Ataque de negação de serviço]) que tem o objetivo de sobrecarregar servidores ou computadores até que se esgote sua memória, processamento e outros recursos inviabilizando o uso do mesmo, fazendo com que os atacantes fiquem no controle da situação (HAYASHI; ALMEIDA, 2022).

2.4 - Conceito de Blockchain

Blockchain (também conhecido como “o protocolo da confiança”) é uma tecnologia de gerenciamento de dados que não requer controle de terceiros, sendo assim descentralizada e focada na transparência, segurança e auditoria (ALI *et al.*, 2021).

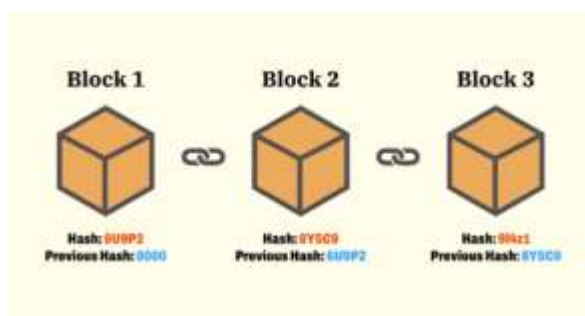
São bases de registros e dados compartilhados e distribuídos que criam “relatórios” para todas as transações que ocorrem em uma determinada rede. Funciona como um livro-razão, que não permite ser editado, só pode ser escrito por um lado e que um registro está diretamente relacionado às páginas anteriores e seguintes, como uma corrente, mas de forma pública, compartilhada e universal, criando consenso e

confiança na comunicação direta entre duas partes. Sendo assim, representa uma mudança fundamental na forma como os seres humanos enxergam a troca de valor, renovando profundamente as economias e a ordem social (ALI *et al.*, 2021).

A ideia da *Blockchain* foi criada em 1991, em uma Xerox por Stuart Haber e Scott Stornetta, com o objetivo de criar uma tecnologia que não pudesse ser copiada, com data e hora irretroatáveis. Entretanto, o termo só apareceu pela primeira vez em 2008, com um programador anônimo sob o pseudônimo de Satoshi Nakamoto, como um sustentador da criptomoeda Bitcoin destinado a resolver o problema do "gasto duplo" na criptomoeda virtual (BOVÉRIO; SILVA, 2018).

Nakamoto, em seu relatório, propôs uma solução para o problema a partir de um método peer-to-peer distribuído, o próprio *Blockchain*. Assim, mesmo que essa tecnologia tenha surgido em função da Bitcoin, a mesma “não é uma característica de definição do *Blockchain*, mas sim uma mera aplicação da mesma”. No que tange à sua definição, a *Blockchain* é uma “consequência visível (embora intangível) das ações tomadas pelos usuários de uma rede”. É possível compreender seu objetivo analisando a tradução das palavras block, e chain, e assim compreender que se trata de um conjunto de “blocos” ligados uns aos outros em uma “cadeia” por meio de algoritmos matemáticos compartilhados, chamados de hashes. Tais blocos contêm registros, como remetente e destinatário das informações, data, hora e descrições do tipo de dado enviado (RODRIGUES, 2020).

Figura 2 - Definição de blockchain



Fonte: RODRIGUES, 2020.

Os hashes aparecem como uma série variável de letras e número. Essa combinação aleatória é gerada a partir dos dados dentro de um bloco e funciona como sua assinatura em formato digital. Cada bloco inclui o hash do bloco anterior em sua cadeia, vinculando-os uns aos outros para que uma rede íntegra seja criada e mantida. A modificação de qualquer conteúdo dentro de um bloco alteraria o hash, que é um sinal de alerta para outras pessoas na rede (RODRIGUES, 2020).

Além disso, os arquivos em um blockchain são distribuídos por uma rede de computadores (peer-to-peer) chamados “nós”. Para adicionar informações a um blockchain, um nó deve primeiro integrar esses dados em um bloco junto com o hash do bloco anterior. Em seguida, eles devem tentar gerar um novo hash. Depois que um hash para o novo bloco é gerado, os nós adicionam o bloco à sua versão do arquivo blockchain e transmitem a atualização pela rede. A maioria dos computadores da rede deve verificar esse novo bloco e atualizar sua cópia do arquivo blockchain para que a atualização seja considerada válida. Se o consenso for alcançado, o bloco torna-se permanentemente parte da cadeia e o computador ou nó que o criou é recompensado (RODRIGUES, 2020).

2.5 - Função Criptográfica Hash

A criptografia é uma prática, ou técnica muito utilizada há milhares de anos atrás, devido a sua funcionalidade de ocultar dados importantes a partir de um conjunto de técnicas pensadas para proteger uma informação de modo que apenas o emissor e receptor consigam compreendê-la. Pode ser feita através de chaves simétricas, assimétricas ou ainda pela combinação das duas, ou seja, através de um padrão utilizado no processo. A “descriptografia” é possível em alguns casos, desde que haja conhecimento dessa mesma chave utilizada para criptografar, já que, sem ela, a ação se torna impossível (GONG-GUO; ZHOU, 2021).

Tratando-se de blockchain, tais armazenamentos de dados são feitos por funções Hash, algoritmo matemático para a criptografia de dados. Ou seja, se baseia em um valor matemático computado sobre o texto plano, usando algoritmos específicos. Neste sistema, mensagens de tamanho variável são aceitas como entrada e então é produzida uma saída de tamanho fixo (também conhecida como valor de hash ou digest). Ainda é possível associar essa função hash a uma chave de criptografia para obter um código de autenticação de mensagens baseado em hash (ou HMAC) utilizado em alguns sistemas IOT. Para se enquadrar como uma função de hash criptográfica e ser considerada idealmente segura, é necessário que tal função apresente algumas propriedades como (COUTO, 2022):

- Unidirecionalidade: impossibilitar que faça o caminho reverso com a criptografia, ou seja, encontrar uma entrada a partir de uma determinada saída (hash). Matematicamente falando: considerando o valor hash h para uma string x , é computacionalmente impossível encontrar um valor x tal que $H(x) = h$.
- Resistência à colisão: impossibilitar que sejam encontradas duas entradas distintas (mesmo que a distinção seja mínima, como a troca de um caractere minúsculo para maiúsculo) que produzem um mesmo hash como saída, garantindo assim a exclusividade.
- Valor de Entrada/Saída: é possível receber uma string com caracteres de valor variável, entretanto, a quantidade de caracteres na saída desse tipo de criptografia Hash será sempre a mesma.

2.6 - Blockchain e IoT

Internet das Coisas (IoT) e Blockchain são consideradas tecnologias emergentes e pertencentes a Indústria 4.0, que as conectam. Com o poder de firmar conceitos e criar possibilidades, cada uma em seus respectivos cenários, sua união pode trazer interessantes oportunidades considerando que IoT pode se beneficiar da natureza descentralizada da Blockchain (KAUSHIK *et al.*, 2021).

Levando em consideração que, os dados de IoT são inerentemente dinâmicos por natureza, é um desafio garantir a integridade dos dados para dispositivos de IoT e suas conexões (DWIVEDI, 2021) e, assim, é possível concluir que a falta de tecnologias de segurança intrínsecas nos sistemas IoT traz inúmeras vulnerabilidades que podem potencializar os cibercrimes e, mais do que apenas roubo de informações, colocar em risco inclusive vidas físicas. Ou seja, o aumento de novos dispositivos de IoT disponíveis no mercado gera um aumento na demanda por segurança de dados (KAUSHIK *et al.*, 2021).

A tecnologia Blockchain é a solução para resolver tais questões de privacidade e confiabilidade na Internet das Coisas. Podendo ser usada para rastreamento de dispositivos conectados, registros de dados sensíveis do histórico de dispositivos inteligentes e na preservação da transparência de transações e mensagens. Essa abordagem descentralizada cria um ecossistema mais resiliente para a execução dos dispositivos e dá mais credibilidade ao uso deles (KAUSHIK *et al.*, 2021).

Analisando em uma perspectiva prática, exemplos de como o descuido com os dados de dispositivos inteligentes podem impactar o cotidiano do cidadão podem ser ressaltados. O primeiro deles seria em um aplicativo IoT de assistência médica, que precisa manter uma confidencialidade para que sensores adulterados não exponham dados privados ou forneçam medições incorretas, que levariam a erros de prescrição. Ainda é possível analisar um Sistema de Tráfego Inteligente que deve ser monitorado para que o controle de semáforos não seja hackeado, causando um acidente. Por fim, enfatizando o ponto de vista de aplicações agrícolas, questões de segurança podem trazer vazamentos de segredos de produção, descontrole de dados para o cultivo, pecuária e do mantimento de estufas gerando cálculos errados do tempo e quantidade de rega (KAUSHIK *et al.*, 2021).

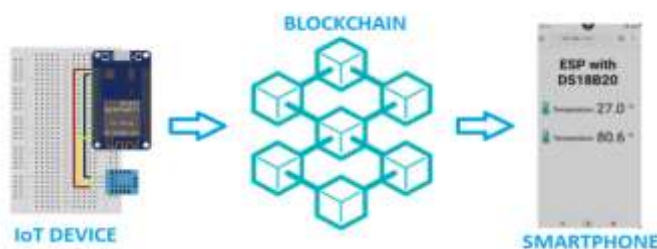
III. METODOLOGIA

3.1 - Arquitetura do Sistema

Na arquitetura IoT atual os dados são enviados para um servidor de serviço de uma empresa terceira e a partir de logins os dados são acessados. A troca de dados feita pelo *Blockchain* é descentralizada, ou seja, a transmissão será de ponta a ponta o que aumenta a segurança. Além disso, o custo de implementação será menor, já que não será preciso contratar serviços de servidores IoT.

No presente trabalho foi proposto um sistema de validação de trocas de dados entre dispositivos IoT, aplicados ao agro, utilizando o *Blockchain*. Como exemplo, foi utilizado um sistema de monitoramento de temperatura e umidade onde os dados coletados serão enviados ao *Blockchain* e acessados remotamente por um dispositivo computacional conectado à internet, por exemplo um smartphone. A arquitetura básica do sistema pode ser vista a seguir na Figura 3.

Figura 3 - Arquitetura do sistema



Fonte: Autores.

Basicamente o dispositivo microcontrolador ESP32 capta os dados de temperatura e umidade, envia para o algoritmo de criptografia e em seguida os dados são enviados criptografados para a rede e podem ser acessados através de dispositivos autorizados. Todas essas transações serão feitas através de contratos inteligentes do *Blockchain*.

3.2 - Ambiente de desenvolvimento integrado

O ESP32 é um dispositivo que se tornou bem popular e é totalmente integrado às interfaces de desenvolvimentos e hardwares compatíveis com o Arduino o que tornou a gama de plataformas de desenvolvimento bastante ampla. As principais plataformas de desenvolvimento de aplicações para o ESP32 (ESP-IDF, 2023) são:

- ESP-IDF: “Espressif IoT Development Framework“, framework liberado e mantido pela Espressif com foco primariamente no ESP32.

- Arduino-IDE: “Integrated Development Environment”, software Arduino. Plataforma de desenvolvimento muito conhecida e com ampla abrangência de suporte para modelos de microcontroladores.
- PlatformIO: ambiente similar ao do Arduino, para sistemas embarcados em C/C++.

Considerando a facilidade do uso, bem como a numerosa quantidade de usuários que se utilizam do Arduino-IDE, a explicação a seguir apresenta o uso dela para programar o ESP32, devido a esta plataforma ter sido escolhida para o desenvolvimento desse projeto.

As duas primeiras etapas se referem ao download gratuito e, em seguida, a instalação do Arduino IDE. Para isso, é necessário entrar no site oficial da IDE (ARDUINO, 2023) e selecionar a opção do sistema operacional desejado.

Em seguida, para usar e programar ESP32 na IDE do Arduino, será feito um reconhecimento do modelo da placa. Para isso, deve-se acessar as preferências e “colar” a URL do json que encaminhará o processo (https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json). Após tal ação, basta pesquisar e instalar a versão mais recente do driver ESP32 Espressif Systems no Gerenciador de Placas, esses processos estão ilustrados na Figura 4.

Figura 4 - Processo de configuração da Arduino IDE



Fonte: Próprio autor.

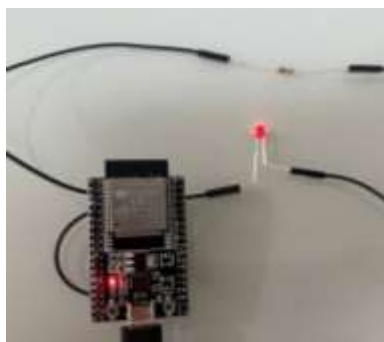
Logo após essas configurações básicas para que seja possível programar o microcontrolador, é necessário definir a placa do ESP32 e a porta em que está conectado. E a partir de então, começar a utilizar códigos para automatização de processos em dispositivos, tornando-os inteligentes e construindo o ciclo de IoT em ações cotidianas.

3.3 - Montagem do circuito físico

Para montagem do primeiro circuito físico no ESP32 utilizando o Arduino IDE, para acender o led, será necessário utilizar um cabo com pontas USB (para conectar ao computador) e microUSB v8 (para conectar ao ESP32). Além disso, é necessário conferir se o computador em que o Arduino IDE foi instalado, já existe um driver para que a entrada em que o microcontrolador foi inserido, seja reconhecido como uma porta (COM). Caso seja necessário instalar manualmente tal ferramenta, é possível fazê-lo no endereço: <http://esp32.net/usb-uart/>. A Figura 5 mostra um programa de teste e o circuito montado.

Figura 5 - Teste físico do sistema

Circuito



Código

```

1  int LED_BUILTIN = 2;
2  void setup () {
3  pinMode (LED_BUILTIN, OUTPUT);
4  }
5  void loop () {
6  digitalWrite (LED_BUILTIN, HIGH);
7  delay(1000);
8  digitalWrite (LED_BUILTIN, LOW);
9  delay(1000);
10 }

```

Fonte: Próprio autor.

Para realizar a integração do microcontrolador ESP32, ao sensor de umidade e temperatura DHT-11 fisicamente foi necessário utilizar novamente os cabos jumper, e o próprio sensor. Além disso, se utilizando do Arduino IDE, já configurado para receber a placa ESP32 é necessário instalar a biblioteca de ligação entre os elementos, biblioteca DHT-11. A Figura 6 mostra o circuito eletrônico utilizado, o código fonte e a visualização dos dados em tela.

Figura 6 - Circuito, código e dados capturados pelo sensor

Circuito



Código

```

1  #include "DHTesp.h"
2
3  const int DHT_PIN = 15;
4
5  DHTesp dhtSensor;
6
7  void setup() {
8  Serial.begin(115200);
9  dhtSensor.setup(DHT_PIN, DHTesp::DHT11);
10 }
11
12 void loop() {
13   Temp&Humidity data = dhtSensor.getTemp&Humidity();
14   Serial.println("Temp: " + String(data.temperature, 2) + "°C");
15   Serial.println("Humidity: " + String(data.humidity, 1) + "%");
16   Serial.println("----");
17   delay(1000);
18 }

```

Dados

```

---
Temp: 24.00°C
Humidity: 40.0%
---
Temp: 24.00°C
Humidity: 40.0%
---

```

Fonte: Próprio autor.

3.4 - Encriptando as informações utilizando SHA-256

A aplicação de técnicas de encriptação por meio do *Blockchain*, utilizando algoritmos como o SHA-256, proporciona confidencialidade e autenticidade às informações. Dessa forma, é possível evitar adulterações e garantir a privacidade dos dados capturados pelos dispositivos IoT.

Utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor de umidade e temperatura DHT-11, foi possível capturar as informações relevantes para o estudo. Em seguida, foi aplicado o algoritmo SHA-256 para transformar esses dados em um hash criptográfico.

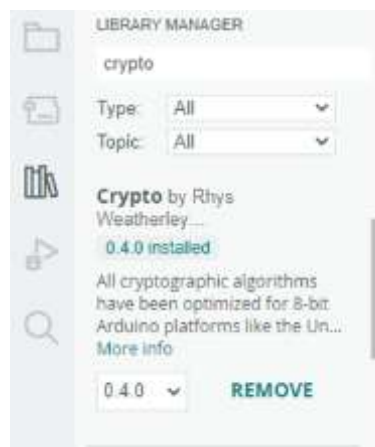
Além da encriptação utilizando o algoritmo SHA-256, também foi incluída a autenticação HMAC (Hash-based Message Authentication Code) no processo de segurança dos dados coletados pelos dispositivos IoT na agroindústria. O HMAC é um método de autenticação que utiliza uma combinação de chaves secretas e funções de hash para verificar a integridade dos dados.

A autenticação HMAC acrescenta uma camada adicional de segurança, garantindo que os dados não apenas sejam encriptados, mas também sejam autenticados. Isso significa que qualquer tentativa de alteração dos dados será detectada durante o processo de verificação, proporcionando uma proteção adicional contra possíveis ataques.

No contexto do projeto, o HMAC foi implementado junto com o algoritmo SHA-256, utilizando a chave secreta compartilhada entre o dispositivo IoT e o sistema de armazenamento dos dados. Essa combinação permitiu não apenas a encriptação dos dados em formato de hash, mas também a verificação da autenticidade deles.

Para que fosse possível encriptar o dado foi utilizado a biblioteca Crypto, que está mostrada na Figura 7. Essa biblioteca permite a criptografia dos dados enviados utilizando o algoritmo SHA-256.

Figura 7 - Biblioteca Crypto



Fonte: Próprio autor.

Além disso, é criado um array de bytes hash com tamanho 32 e um objeto SHA256 para realizar a criptografia hash em SHA-256. Utilizando a função update da classe SHA256, é passado como parâmetro a string output e seu tamanho em bytes. Em seguida, utilizando a função finalize, é obtido o hash da string e armazenado em hash. Isso pode ser visto no código fonte abaixo.

Figura 8 - Código implementado para obter o hash

```
const int DHT_PIN = 15;
DHTesp dhtSensor;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  dhtSensor.setup(DHT_PIN, DHTesp::DHT11);
}

void loop() {
  TempAndHumidity data = dhtSensor.getTempAndHumidity();
  String output = "Temp: " + String(data.temperature, 2) + "°C" + "\n" + "Humidity: " + String(data.humidity, 1) + "%\n";
  uint8_t hash[32];

  SHA256 sha256;
  sha256.update(output.c_str(), output.length());
  sha256.finalize(hash, sizeof(hash));

  Serial.println("Temp: " + String(data.temperature, 2) + "°C");
  Serial.println("Humidity: " + String(data.humidity, 1) + "%");

  Serial.print("HASH: ");
  for (int i = 0; i < sizeof(hash); i++) {
    if (hash[i] < 0x10) {
      Serial.print("0");
    }
    Serial.print(hash[i], HEX);
  }
  Serial.println();
  delay(1000);
}
```

Fonte: Próprio autor.

IV. RESULTADOS

4.1 - Resultados da criptografia hash

No código mostrado na Figura 8, a string de saída é composta por "Temp: 24.00°C" seguido de uma quebra de linha ("\n") e "Humidity: 40.0%" seguido de outra quebra de linha ("\n"). Dependendo do ambiente em que a string é exibida ou processada, diferentes representações de quebra de linha podem ser usadas. Além disso, o valor do hash pode variar a cada execução do código, já que é baseado nos dados de temperatura e umidade oferecidos pelo DHT-11.

Nesse código o hash está sendo gerado sob o algoritmo SHA256. Isso acontece porque a biblioteca Crypto.h que está dentro do compilado de bibliotecas trazidas pela Crypto, implementa o SHA256, que é utilizado para gerar o hash a partir da string que representa a temperatura e umidade lidas pelo sensor.

Gerar um hash utilizando um algoritmo de criptografia como o SHA256 é uma forma segura de garantir a integridade dos dados, pois é impossível gerar duas strings diferentes que produzem o mesmo hash. Isso é importante, por exemplo, em sistemas de autenticação e verificação de integridade de dados, em que é necessário verificar se os dados recebidos são os mesmos que foram enviados e se não foram alterados durante a transmissão. Na Figura 9 é possível ver o resultado da criptografia.

Figura 9 - Resultado do código

```
Temp: 24.00°C
Humidity: 40.0%
HASH: 519557E26691C855F232434C28D2E981AD2C79870A3775C78BCB450634436BAE
```

Fonte: Próprio autor.

4.2 - Resultado da inserção autenticação SHA-256-HMAC na saída de dados

Foi possível adicionar uma etapa nesse processo de segurança, atrelando o algoritmo de hash criptográfico SHA-256 a um algoritmo de autenticação, HMAC (Hash-based Message Authentication Code, traduzindo, Código de Autenticação de Mensagem Baseado em Hash), que se utiliza de uma chave secreta compartilhada entre o remetente e o destinatário para verificar a autenticidade e integridade de uma mensagem, construindo assim o SHA256-HMAC.

Com o uso do SHA256-HMAC o destinatário pode usar a mesma chave secreta para calcular o código de autenticação e compará-lo com o código anexado à mensagem. Se os códigos forem iguais, o destinatário pode ter certeza de que a mensagem não foi alterada e que ela foi enviada pelo remetente autêntico.

No caso, a mensagem é lida pelo ESP32 a partir dos dados do sensor DHT-11, e o SHA256-HMAC da mensagem é calculado usando a chave compartilhada. A autenticação HMAC e a mensagem são enviadas para o dispositivo receptor, onde o SHA256-HMAC é calculado e comparado com a autenticação HMAC recebida. A autenticação HMAC não criptografa os dados da mensagem, apenas garante sua autenticidade e integridade. A criptografia é feita, como mostrada acima, se utilizando do algoritmo de Hash Criptográfico SHA-256.

É possível alterar o código apresentado para inserir essa autenticação. Para isso, é necessário que inclua a biblioteca CustomJWT.h e insira no código a parte que se refere ao cálculo de HMAC-SHA256 (Figura 10). Já na Figura 11 é possível o resultado do código.

Figura 10 - Trechos de código adicionados para obtenção do SHA-256-HMA

```
String hmacKey = "VF3Rt9kzFq2n$5Qn"; // Chave para o HMAC-SHA256

// Cálculo do HMAC-SHA256
uint8_t hmacResult[32];
Custom3M7::hmacSha256(hmacKey.c_str(), hmacKey.length(), output.c_str(), output.length(), hmacResult);

Serial.print("HMAC-SHA256: ");
for (int i = 0; i < sizeof(hmacResult); i++) {
  if (hmacResult[i] < 0x10) {
    Serial.print("0");
  }
  Serial.print(hmacResult[i], HEX);
}
```

Fonte: Próprio autor.

Figura 11 - Resultado do código mostrando o valor autenticado por SHA-256-HMAC

```
Temp: 24.00°C
Humidity: 40.0%
HASH: 519557E26691C855F232434C28D2E981AD2C79870A3775C78BCB450634436BAE
HMAC-SHA256: 9D32012C34B9AAEFE163BE150E7B3CEB60D9EE6ED0C00D342768788F71904A18
```

Fonte: Próprio autor.

Sendo assim, é possível dizer que a tecnologia *Blockchain* pode ser inserir na conexão feita entre o DHT-11 e ESP32 para obter e armazenar de forma segura esses dados e, portanto, pode também fazer o mesmo com informações mais sensíveis ou confidenciais de produtores agrícolas que precisam manter essa proteção para se manterem competitivos ou assegurados no mercado em relação a concorrentes. Uma das limitações desse sistema está na questão da conectividade, que será necessária, mas nem sempre é de boa qualidade em uma fazenda.

Ao aplicar o *Blockchain*, a partir da encriptação de dados com hash, é possível garantir a integridade, a autenticidade e a privacidade dessas informações, oferecendo uma camada adicional de proteção contra possíveis ataques ou adulterações. Dessa forma, os produtores agrícolas podem ter a tranquilidade de que seus dados estão protegidos e manterem-se em conformidade com as exigências de segurança e privacidade.

V. CONCLUSÃO

A combinação das tecnologias IoT e *Blockchain* apresenta um potencial significativo para melhorar a segurança e a confiabilidade dos sistemas na agroindústria. A IoT permite o monitoramento preciso de parâmetros como umidade e temperatura do solo, proporcionando maior controle e eficiência nas atividades agrícolas. No entanto, a segurança dos dados coletados é uma preocupação fundamental. Nesse sentido, o uso do *Blockchain* como uma medida de proteção mostra-se promissor por oferecer um armazenamento descentralizado e seguro, garantindo a integridade dos dados capturados.

A partir de testes e análises realizados, foi possível comprovar a viabilidade da encriptação por meio do método SHA-256. Utilizando o microcontrolador ESP32 e o sensor de umidade e temperatura DHT-11, capturamos as informações relevantes para o estudo. Em seguida, aplicamos o algoritmo SHA-256 para transformar esses dados em um hash criptográfico. Além da encriptação utilizando o algoritmo SHA-256, também foi incluída a autenticação HMAC (Hash-based Message Authentication Code) no processo de segurança dos dados coletados pelos dispositivos IoT na agroindústria.

O HMAC é um método de autenticação que utiliza uma combinação de chaves secretas e funções de hash para verificar a integridade dos dados. Sendo assim, é

acrescentada uma camada adicional de segurança, garantindo que os dados não apenas sejam encriptados, mas também sejam autenticados. Isso significa que qualquer tentativa de alteração dos dados será detectada durante o processo de verificação, proporcionando uma proteção adicional contra possíveis ataques.

Ao explorar as possibilidades e benefícios do uso do *Blockchain* em sistemas IoT na agroindústria, este projeto contribui para a construção de soluções mais seguras e resilientes. A implementação adequada dessas tecnologias emergentes pode fortalecer a confiança nas aplicações agrícolas, protegendo os dados sensíveis, evitando vulnerabilidades e impulsionando a adoção de práticas mais seguras no setor.

VI. REFERÊNCIAS

- ALI, O. *et al.* A Comparative Study: Blockchain Technology Utilization Benefits, Challenges and Functionalities, **IEEE Access**. V. 9, p. 12730-12749, 2021.
- ARDUINO. Arduino IDE 1 Installation (Windows). 2023. Disponível em: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Windows>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- ASHTON, Kevin. That 'Internet of Things' Thing. **RFID Journal**. Jun. 2009.
- BOVÉRIO, M. A.; SILVA V. A. F. da. BLOCKCHAIN: uma tecnologia além da criptomoeda virtual. **Revista Interface Tecnológica**. V. 15, n. 1, p. 109-121, 2018.
- CARMELO, R. M.; DE BENEDICTO, S. C. Responsabilidade Socioambiental Corporativa: em busca de uma das estratégias empresariais com os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Revista Sodebras [on line]**. V. 18, n. 207, Mar. 2023, p. 17-29. ISSN 1809-3957. DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.18.2023.207.17>
- COUTO, G. N. **A tecnologia do blockchain: revisão da literatura**. 2022. 33 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) — Universidade de Brasília, Brasília, 2022. Acesso em 22 de março de 2023.
- CRUZ, B. L. *et al.* Automação de um sistema de aquaponia aplicando Iot no controle. **Revista Sodebras [on line]**. V. 18, n.209, Abr. 2023, p.87-96. ISSN 1809-3957. DOI: <http://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.18.2023.209.87>.
- DELLA, R. L.; FLORIAN, F. Estudo Sobre Segurança e Privacidade na Internet das Coisas (IoT). **Revista Científica Multidisciplinar**. e361601, 2022.
- DWIVEDI, S. K. *et al.* ESP32-WROOM-32U DevKitC V4 com Wifi e Bluetooth. Disponível em: <https://www.usinainfo.com.br/esp32/esp32-wroom-32u-devkitc-v4-com-wifi-e-bluetooth-7077.html>. Acesso em: 22 fev. 2023.
- ESP-IDF. **Programming Guide**. Disponível em: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/get-started/index.html>. Acesso em: 20 jan. 2023.
- FAROOQ, M. U. *et al.* **A Review on Internet of Things (IoT)**. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nirmala-Svsg/post/What_are_the_latest_developments_in_IOT_architectures/attachment/59d6387d79197b807.2015. Acesso em: abr. 2023.
- GOKHALE, P.; BHAT, S., BHAT, O. **Introduction to IOT**. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Omkar-Bhat/publication/330114646_Introduction_to_IOT/links/5c2e31cf299bf12be3ab21eb/Introduction-to-IOT.pdf. Acesso em: 21 nov. 2022.

GONG-GUO, Z.; ZHOU W. Blockchain-based IoT security authentication system, 2021 International Conference on Computer, **Blockchain and Financial Development (CBFD)**, p. 415-418, 2021.

HAYASHI, V. T.; ALMEIDA, F. V. Visão Geral da Pesquisa Brasileira em Segurança para IoT. **Revista Eletrônica Argentina-Brasil de Tecnologias da Informação e da Comunicação**. V. 4, n. 1, 2022.

KAMIENSKI, C.; VISOLI, M. Swamp: uma plataforma para irrigação de precisão baseada na Internet das Coisas. **Tecnologia da Informação na Gestão Pública**. Belo Horizonte, v. 20, n. 15, p. 76-84, Dez. 2018.

KAUSHIK I., PRAKASH N., JAIN A., Integration of Blockchain& IoT in Precision Farming: Exploration, Scope and Security Challenges. **IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)**, Nova Iorque – EUA, p. 854-859, 2021.

PAUFERRO, G. B. A.; PAIVA, S. V. F.; LESSA, N. M. **IoT: conceitos de segurança de dados e criptografia**. 2020. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/cogitare/article/view/1483>. Acesso em: 18 nov. 2022.

PLOENNIGS, J.; COHN, J.; STANFORD-CLARK, A. The Future of IoT. **IEEE Internet of Things Magazine**. V. 1, p. 28-33, 2018.

RIBEIRO, A. J. J. **Problemas de Segurança na Internet das Coisas**. Dissertação (Mestrado em Cibersegurança e Informática Forense) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Leiria, 2020.

RODRIGUES, B.; SOUZA, D.; BOTELHO, M. de M. Internet das Coisas: conectando o campo ao futuro. **Tecnologia da Informação na Gestão Pública**, Belo Horizonte, v. 20, n. 15, p. 67-75, dez. 2018.

RODRIGUES, G. **O que é Blockchain?** Disponível em: <https://money.com/what-is-blockchain/>. 2020. Acesso em: 15 nov. 2022.

WANG, Q. *et al.* **Blockchain for the IoT and industrial IoT: A review**. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S254266051930085X#preview-section-introduction>. Acesso em: 22 nov. 2022.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

DIMENSIONAMENTO DE UM GRUPO DE TURBINAS TIPO BULBO PARA APLICAÇÕES DE QUEDAS ULTRABAIXAS

SIZING OF A GROUP OF BULB TURBINES FOR ULTRA LOW HEAD APPLICATIONS

Antonio Carlos Barkett Botan¹
Ramiro Gustavo Ramirez Camacho²
Geraldo Lúcio Tiago Filho³
Maria Claudia Costa de Oliveira Botan⁴

Resumo – *Conforme a exploração da energia hidráulica em grandes reservatórios tem se limitado ao longo do tempo, novas possibilidades vêm sendo buscadas na geração de energia elétrica. Os aproveitamentos de quedas ultrabaixas permitem a exploração para a geração de energia elétrica a partir de baixíssimos desníveis, sejam estes naturais em cursos de rios, canais de irrigação, tubulações de sistemas de tratamento de água e esgoto, entre outros, que podem ser aplicados em geração distribuída. O presente trabalho apresenta o dimensionamento de um conjunto de turbinas de diferentes quedas e potências, a partir de um modelo de turbina de quedas ultrabaixas desenvolvido pelos autores, introduzido em publicações anteriores. A metodologia aplicada utilizando das equações fundamentais da teoria de máquinas de fluxo permitiu obter o resultado esperado e com isso permitir definições futuras de sua estrutura, na escolha dos geradores a serem instalados no bulbo de cada turbina.*

Palavras-chave: *Turbina Bulbo. Quedas Ultrabaixas. Microgeração.*

Abstract - *As the exploitation of hydraulic energy in large reservoirs has been limited over time, new possibilities have been sought in the generation of electric energy. The use of ultra-low heads allows exploration for the generation of electricity from very low heads, whether natural in river courses, irrigation canals, pipes of water and sewage treatment systems, among others, which can be applied in distributed generation. This work presents the design of a set of turbines with different heads and powers, based on an ultra-low head turbine*

¹ Doutor em Engenharia Mecânica (UNIFEI/Itajubá-MG); Pesquisador do Centro Nacional de Referência em PCH-Itajubá. Contato: acbotan@yahoo.com.br

² Doutor em Engenharia Mecânica (UNIFEI/Itajubá-MG); Pós-Doutorado pela ITA e pela EPFL (Lausanne-Suíça); Professor do Departamento de Engenharia Mecânica (UNIFEI/Itajubá-MG). Contato: ramirez@unifei.edu.br

³ Doutor em Engenharia Civil (UNIFEI/Itajubá-MG); Especialista em Estudos e Projetos de PCH; Professor do Instituto de Recursos Naturais (UNIFEI/Itajubá-MG). Contato: gltiagofilho@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia Mecânica (UNESP/Guaratinguetá-SP); Professora do curso de Engenharia da Energia (UNESP/Rosana-SP). Contato: maria.botan@unesp.br

model developed by the authors, introduced in previous publications. The methodology applied using the fundamental equations of the theory of flow machines allowed to obtain the expected result and thus allow future definitions of its structure, in the choice of generators to be installed in the bulb of each turbine.

Keywords: *Bulb Turbine. Ultra-Low Heads. Microgeneration.*

I. INTRODUÇÃO

Ao se considerar o que o meio tem a ofertar para a geração descentralizada (MAGALHÃES e GONÇALVES, 2020), no que se refere ao aproveitamento hidroenergético, as baixas quedas de cursos de rios tem sido objeto de estudo. Nestes casos, não se faz necessário a construção de grandes barragens para controle de quedas e vazão, podendo se aproveitar por muitas vezes o desnível natural. Turbinas para esse tipo de aproveitamento são conhecidas como turbinas de quedas ultrabaixas ou quedas muito baixas, atuando em condições abaixo dos parâmetros convencionais. Como não se tem a necessidade do uso de barragens, considera-se que a turbomáquina opera em condições variáveis, portanto, sua rotação é variável, o que se faz necessário o uso de conjunto gerador-conversor de rotação variável assíncrono.

O desenvolvimento de tecnologias para pequena e microgeração contribui para o fornecimento de eletricidade descentralizada em comunidades remotas, especialmente em países em desenvolvimento. Além disso, também tem impacto positivo na indústria e na economia, pelo fato de ser relativamente menos prejudicial ao meio ambiente e pela exploração em larga escala de recursos já explorados por grandes hidrelétricas (HUPARIKAR e NAIK, 2015). Sendo assim, recursos para aplicações de quedas ultrabaixas podem ser encontradas em diferentes localidades e sistemas, tais quais rios e canais (de irrigação, por exemplo), estações de tratamento de água e esgoto, canais de fuga de usinas hidrelétricas, estuários e localidades com aproveitamento dos efeitos de maré (ZHOU e DENG, 2017; LOOTS *et al.*, 2015).

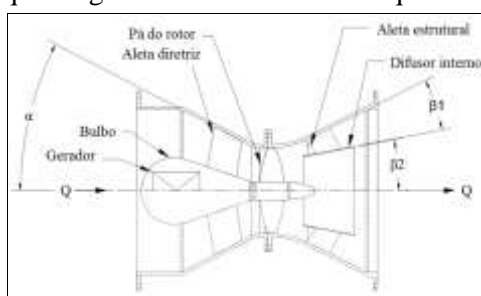
Estudos de tecnologias para este tipo de aproveitamento vem sendo desenvolvidos ao longo da última década. Levantamentos detalhados de estado da arte e análises do aproveitamento são destacadas por Zhou e Deng (2017), Elbatran *et al.* (2015), Zhou *et al.* (2019) e Chaulagain *et al.* (2023).

Nestas aplicações, diferentes tipos de turbinas podem ser utilizadas. Desde turbinas axiais, tipo hélice, onde a mais convencional aplicada é a Bulbo, sendo os modelos StreamDiver® (VOITH, 2015) e a Hydromatrix® (ANDRITZ) os mais consolidados comercialmente, turbinas de vórtice gravitacional (SHASHIDAR *et al.*, 2021; KHAN *et al.*, 2021) e também as turbinas baseadas no Parafuso de Arquimedes (LAVRIC *et al.*, 2019, CERAN *et al.*, 2020).

O presente trabalho apresenta um estudo baseado na turbina desenvolvida e apresentada em Martin *et al.* (2016), e que foi otimizada conforme Botan (2019), Botan *et al.* (2021.a) e Botan *et al.* (2021.b). A turbina denominada ULH Turbine (Ultra-Low Head Turbine) cujo protótipo possui rotor com diâmetro D de 0,75 metros, foi projetada para operar em quedas H que variam entre 0,5 e 2,5 metros e com rotação variável. A Figura 1 apresenta o esquema geométrico da turbina, a qual é composta por um sistema diretor de seis aletas fixas, um rotor de três pás fixas e um tubo de sucção duplo, onde um difusor cônico interno possui a função de compensar o ângulo entre as paredes da tubulação, diminuindo as perdas provenientes do descolamento de camada limite na região de parede e da criação de zonas turbulentas, mantendo-se a recuperação da energia cinética pelo aumento de pressão em seu interior. Originalmente, o tubo de sucção possui ainda quatro aletas fixas que têm por finalidade a fixação estrutural do

difusor interno e direcionar o escoamento na região entre paredes. A otimização supramencionada foi realizada sobre o tubo de sucção, conforme será descrito nas seções seguintes. O objetivo principal deste trabalho é dimensionamento de uma família de turbinas, considerando diferentes alturas de quedas e sua respectiva potência, de maneira a se considerar o descrito grupo gerador como um produto comercial aplicável em diferentes condições de aplicação e aproveitamentos disponíveis em condições de quedas ultrabaixas.

Figura 1 – Esquema geométrico da turbina de queda ultrabaixa ULH



Fonte: Autores.

1.1 - Descrição do Grupo Gerador

As características principais da turbina são:

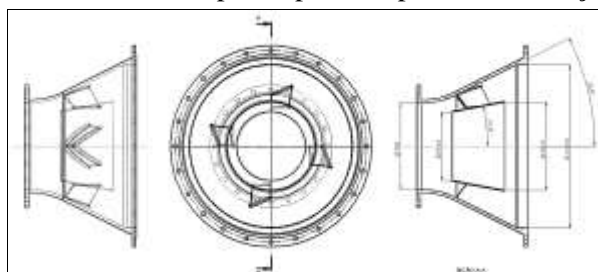
- Operação com escoamento axial não regulado; possuindo distribuidor de aletas fixas e sem controle de vazão, e rotor de pás fixas sem sistema de regulagem. Estas características de projeto garantem uma estrutura simples, levando-se em consideração ainda fatores de amigabilidade aos peixes;
- Gerador de ímã permanente de velocidade variável com transmissão direta, sem caixa de velocidades, o que garante projeto de baixo custo;
- Tubo de sucção de construção dupla (com difusor cônico interno), visando minimizar o coeficiente de perdas e cavitações, garantindo menor custo civil;
- Projeto compacto de fácil fabricação para instalação de unidades simples ou múltiplas;
- Para operação em queda inferior a 0,5 m, ou próxima a zero, pode ser operado como hidrocínética, ou em aproveitamento de fluxo livre (sem barragem).

O tubo de sucção faz parte da turbina axial tipo bulbo aplicada em quedas ultrabaixas. Diferente dos modelos de tubo de sucção convencionalmente projetados nas turbinas axiais de eixo horizontal, o tubo de sucção desta turbina, consiste de dois cones difusores, sendo um principal e outro interno. Segundo Martin *et al.* (2016), esta configuração de tubo de sucção baseada em duplo difusor cônico, utilizada anteriormente na década de 1960, proporciona ao escoamento um comportamento mais uniforme e reduzindo as regiões de separação na saída, com menor comprimento comparado com tubos de sucção convencionais.

A Figura 2 apresenta a geometria do tubo de sucção original, onde um difusor cônico interno possui a função de compensar o ângulo entre as paredes da expansão cônica, diminuindo as perdas provenientes do descolamento de camada limite na região de parede e da criação de zonas turbulentas, mantendo-se a recuperação da energia

cinética pelo aumento de pressão em seu interior. O tubo de sucção possui ainda quatro aletas fixas que têm por finalidade a fixação estrutural do difusor interno e direcionar o escoamento na região entre paredes.

Figura 2 - Detalhes dimensionais de protótipo do duplo tubo de sucção com cone interno



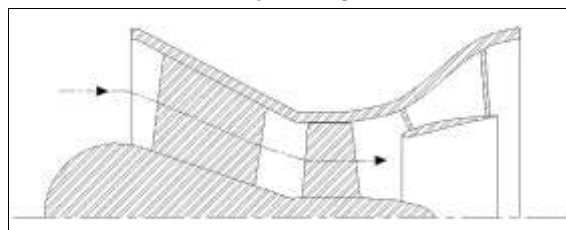
Fonte: Autores (baseado em Martin *et al.*, 2016).

1.2 - Otimização do tubo de sucção

Com base na turbina apresentada por Martin *et al.* (2016), foi desenvolvida uma metodologia de otimização paramétrica desta turbina, com o aumento de seu desempenho baseado na otimização do tubo de sucção. A metodologia de otimização é baseada na integração de técnicas de dinâmica dos fluidos computacional, CFD, com algoritmos estocásticos de otimização.

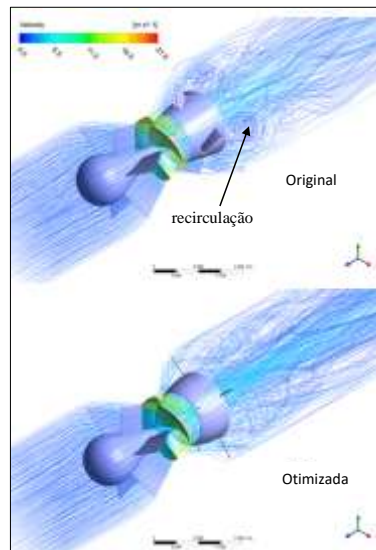
O resultado obtido nesta otimização permitiu reduzir o comprimento longitudinal do tubo de sucção, facilitando assim a inserção desse tipo de turbina em sistemas de transporte de água, com pressões em torno de 3 [m.c.a]. A metodologia de otimização foi realizada no plano meridional, utilizando doze variáveis geométricas no tubo de sucção através da integração de métodos de otimização e fluidodinâmica computacional aplicada em um modelo bidimensional. Detalhes das técnicas de otimização empregada podem ser conferidos em Botan (2019) Botan *et al.* (2021.a) e Botan *et al.* (2021.b). A geometria otimizada obtida (Figura 3) apresentou um aumento no valor de C_p (coeficiente de pressão) de 0,72 da geometria original para 0,83 da geometria otimizada. Os resultados foram estendidos para a análise de escoamento 3D, onde a turbina otimizada apresentou ganhos de eficiência de 82% a 84%, quando comparada à turbina original considerando que seu comprimento total foi reduzido e sua geometria simplificada, resultando em um equipamento mais compacto e versátil. Uma simplificação realizada foi a substituição de aletas estruturais com perfil hidrodinâmico para o uso de hastes de perfil cilíndrico para a sustentação do difusor interno. O estudo também concluiu que a metodologia aplicada pode ser estendida para outros problemas de otimização semelhantes no projeto de máquinas hidráulicas. A Figura 4 apresenta a diferença entre as linhas de corrente entre a turbina na sua configuração original e otimizada, conforme análise de fluidodinâmica computacional (CFD).

Figura 3 - Vista em corte na seção longitudinal da turbina otimizada



Fonte: Autores.

Figura 4 - Linhas de corrente sobre a turbina ULH com os tubos de sucção original (superior) e otimizado (inferior)

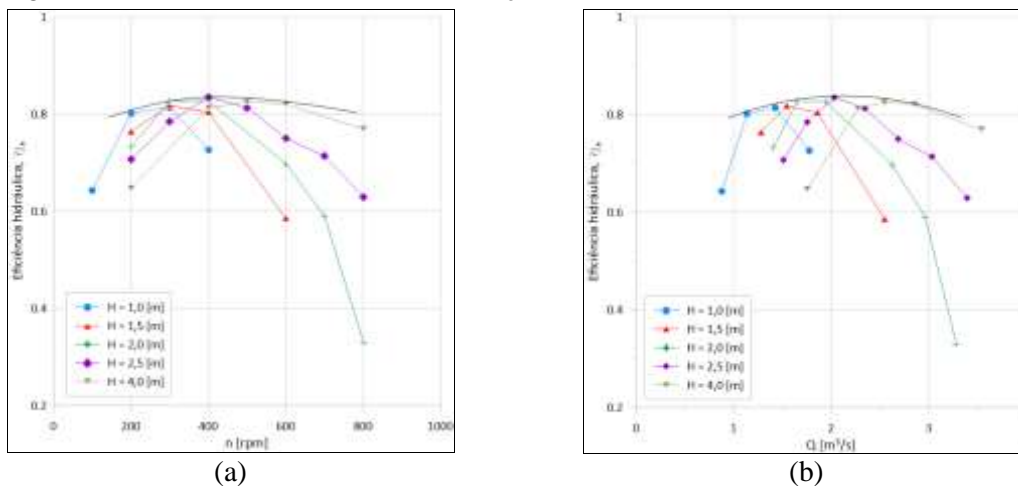


Fonte: Autores.

II. METODOLOGIA

Com base nos resultados obtidos na otimização do tubo de sucção (BOTAN, 2019; BOTAN *et al.*, 2021.a e BOTAN *et al.*, 2021.b), e conseqüentemente da turbina, pode-se levantar uma cadeia de turbinas aplicáveis em diferentes alturas de queda. A partir das curvas de eficiência em função da rotação e da vazão para uma turbina com rotor de 0,75 m de diâmetro (Figuras 5.a e 5.b), transpondo para um grupo de turbinas limitado entre 1,0 m e 2,5 m de diâmetro do rotor e a partir da variação de altura de queda, pôde-se levantar as curvas de rotação, potência e eficiência para cada turbina e determinar os seus respectivos campos de operação.

Figura 5 - Eficiência hidráulica versus rotação (a); Eficiência hidráulica versus vazão (b)



Fonte: Autores.

Determinou-se que o limite de potência do grupo de turbinas se limitaria a 500 kW. Essa limitação na potência foi dada para que o diâmetro máximo se limitasse a 2,5 m. Com isso, dada a variação da altura de queda líquida, o equacionamento para a vazão equivalente, conhecendo a rotação respectiva para as condições empregadas no

protótipo de 0,75 m de diâmetro, levantou-se o equacionamento para que se fossem determinadas as curvas de rotação e eficiência da figura 9 e o diagrama de colina da figura 10.

2.1 - Equacionamento:

Potência hidráulica

Na Equação. 1, ρ é a massa específica da água e g a aceleração da gravidade, H e Q são a altura de queda líquida e a vazão equivalente, respectivamente, para cada variação pontual da altura de queda líquida, e η é a eficiência global, considerando os parâmetros hidráulicos, mecânicos e elétricos.

$$P_t = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q \cdot \eta}{1000} \quad [kW] \quad (1)$$

Rotação

O cálculo da rotação é realizado em função dos parâmetros iniciais dados pela máquina de referência, ou seja, o protótipo com 0,75 m de diâmetro e sua rotação e potência na condição nominal (400 rpm e 41,4 kW, respectivamente), onde D é o diâmetro do rotor da turbina e P_h é a potência hidráulica referente à altura de queda líquida pontual.

$$n = \left[\left(\frac{0,75}{D} \right)^5 \cdot \left(\frac{P_h}{41,4} \right) \cdot 400^3 \right]^{\frac{1}{3}} \quad [rpm] \quad (2)$$

Eficiência

Com base nos resultados apresentados nos gráficos das Figuras 6 e 7, obteve-se a equação da curva da eficiência respectiva em função da altura de queda líquida, e com isso, obteve-se o valor da eficiência equivalente para cada variação da altura de queda de 0 a 10 metros para o protótipo de 0,75 m de diâmetro. A transposição da eficiência para cada turbina do grupo, entre 1,0 e 2,5 m de diâmetro é calculada pela Equação 3, a qual é baseada na equação de Moody para eficiência entre modelo e protótipo, onde η_p é a eficiência respectiva do protótipo para a altura de queda líquida pontual.

$$\eta = \left\{ \left[\left(\frac{0,75}{D} \right)^{1/4} \cdot (1 - \eta_p) \right] - 1 \right\} \cdot (-1) \quad [-] \quad (3)$$

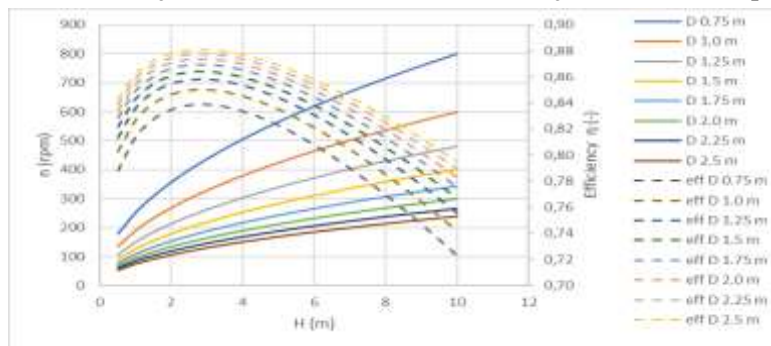
III. RESULTADOS

O resultado esperado e obtido é dado na forma de diagramas apresentando os respectivos valores de rotação n [rpm], vazão Q [m³/s], potência total P_t [kW] e a eficiência global η [-] para cada uma das turbinas com diâmetro de rotor entre 0,75 m e 2,5 m operando em até 10,0 m de queda líquida.

A Figura 6 apresenta um as curvas de rotação e de eficiência para cada turbina. O ponto de máxima eficiência coincide para todas as máquinas, em torno de 2,5 m de queda líquida, o que não significa que a eficiência seja a mesma para todas as máquinas. Neste gráfico, como é percebido pela Equação 3, a variável vazão não é considerada, trazendo para o cálculo o diâmetro do rotor e a eficiência de referência. No entanto, a vazão é uma função variável conforme a queda líquida varia, então se aumenta a queda, aumenta-se a vazão e conseqüentemente, aumenta-se a rotação da máquina. Portanto, os grupos geradores poderão variar a rotação dentro do intervalo de quedas líquidas, com

as potências determinadas para cada grupo em um intervalo de eficiências mínimas entre 72% e 79%.

Figura 6 - Curvas de rotação e eficiência hidráulica em função da altura de queda líquida H

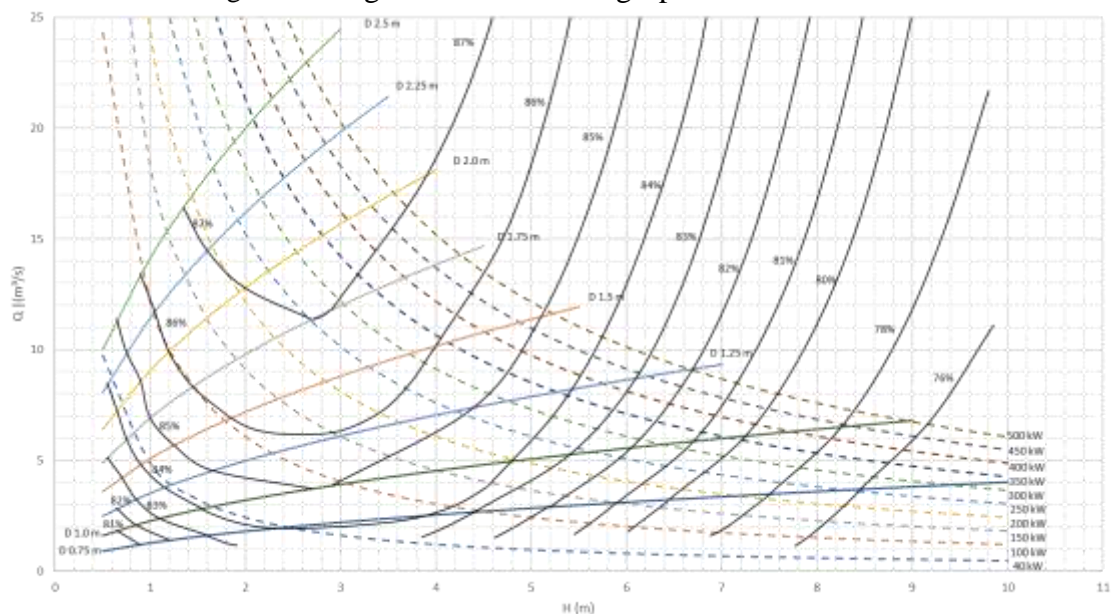


Fonte: Autores.

O diagrama de colina apresentado na Figura 7 permite uma melhor assimilação da aplicação de cada grupo gerador. O diagrama apresenta curvas de eficiência em função da vazão, da queda líquida e das curvas de potência. Estas curvas de potência são também dadas em função da vazão e da queda líquida. Com isso, percebe-se que, por exemplo, para um grupo gerador com rotor de 1,5 m de diâmetro operando com $H = 4,0$ m, sua vazão será de cerca de $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ para que seja entregue uma potência de aproximadamente 350 kW com uma eficiência com cerca de $\eta = 86\%$. No entanto, esta mesma máquina poderá entregar potências maiores (ou menores) fora deste ponto.

Sendo assim, um possível investidor que queira adquirir uma destas máquinas, poderá obter o modelo que melhor se adaptar às condições disponíveis do seu empreendimento de geração, de maneira a prever o quanto será a potência entregue. Isso significa que mesmo que as condições de melhor eficiência, ou condição nominal da máquina, seja disponível, poderá escolher o modelo de acordo com o diâmetro do rotor e da potência do gerador do grupo.

Figura 7- Diagrama de colina do grupo de turbinas ULH



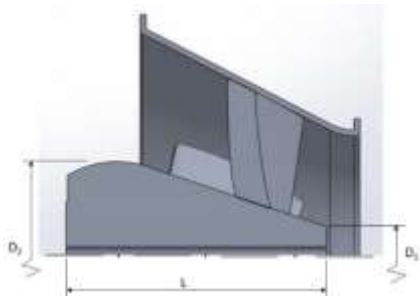
Fonte: Autores.

3.1 - Definição de geradores

Uma das grandes dificuldades no projeto de turbinas hidráulicas é a definição do gerador interno ao bulbo, devido às limitações quanto à dimensão do mesmo. No caso da turbina ULH, não há controle de vazão, pois as aletas do distribuidor são fixas. Portanto, serão empregados geradores assíncronos de ímã permanente, com sistema de controle por inversor de frequência.

Para pesquisar por estes geradores, de maneira que não haja necessidade de alteração no projeto do bulbo, são consideradas três dimensões principais: D_1 – diâmetro menor do bulbo, de encontro com o cubo do rotor; D_2 – diâmetro maior do bulbo; e L – comprimento do bulbo (sem se considerar a tampa traseira). Outros dados relevantes e altamente importantes são a rotação nominal e a potência nominal para cada turbina, conforme seu diâmetro de rotor. A Tabela 1 apresenta os dados necessários para o grupo de turbinas UHL. Deve-se notar que a potência P apresentada na Tabela 1 se refere à potência nominal de cada grupo gerador, enquanto que as potências apresentadas na Figura 7 são as faixas de potência em que os grupos geradores podem operar, mesmo fora das condições de ótima eficiência.

Tabela 1 – Dados para a seleção de geradores para a turbina ULH



Rotor (m)	D_1 (m)	D_2 (m)	L (m)	n (rpm)*	P (kW)*
0.75	0.170	0.585	0.831	400	40
1.00	0.227	0.780	1.108	300	70
1.25	0.283	0.975	1.385	240	110
1.50	0.340	1.170	1.662	200	160
1.75	0.397	1.365	1.939	170	220
2.00	0.453	1.560	2.216	150	290
2.25	0.510	1.755	2.493	130	370
2.50	0.567	1.950	2.770	120	450

*em condição nominal de operação

O projeto dos grupos geradores passará para uma fase seguinte, da qual será definido junto a produtores comerciais os geradores assíncronos de ímã permanente, os qual deverão ser embutidos ao bulbo de cada turbina. Esta fase definirá ainda o uso ou não de multiplicadores de velocidade e também se haverá necessidade de qualquer alteração do projeto do bulbo.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo dimensionar os grupos geradores para um conjunto de turbinas que operam em condições de quedas ultrabaixas. Para isso, por meio de análise dimensional, pôde-se determinar as condições de operação destes grupos geradores, formados por uma turbina tipo bulbo com sistema diretor fixo e de rotor com pás fixas, ou seja, sem controle de vazão e com rotação variável, e gerador assíncrono de ímã permanente. O grupo gerador é baseado em uma turbina que teve seu tubo de sucção com construção especial otimizado, o qual o protótipo, com diâmetro de rotor de 0,75 m de diâmetro tem eficiência de 84% em sua condição nominal. O projeto não se encontra finalizado, passando para a fase seguinte de definição de um gerador comercial interno ao bulbo.

V. REFERÊNCIAS

- ANDRITZ HYDRO. **Hydromatrix** - Energy from low heads. Disponível em: <<https://www.andritz.com/products-en/hydro/products/hydromatrix>> Acesso em 15 jun. 2023.
- BOTAN, A. C. B. **Otimização de um modelo de turbina hidráulica tipo Bulbo aplicada em condições de queda ultrabaixa**, Itajubá, 121 p. Tese (Doutorado em Térmica, Fluidos e Máquinas de Fluxo) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá, 2019.
- BOTAN, A. C. B.; CAMACHO, R. G. R.; TIAGO FILHO, G. L.; da SILVA, EDNA R. Optimization of a Draft Tube using Statistical Techniques- DOE and 2D Computational Fluid Dynamic Analysis. **Journal of Applied Fluid Mechanics**, v. 14, p. 1617-1633, 2021.a. <https://doi.org/10.47176/jafm.14.06.32314>
- BOTAN, A. C. B.; CAMACHO, R. G. R.; TIAGO FILHO, G. L.; OLIVEIRA BOTAN, M. C. C. Comparative analysis for distributed generation using head hydro, solar and wind energies. **International Journal of Energy Research**, v. 45, p. er.6877, 2021. 2021.b. <https://doi.org/10.1002/er.6877>
- CERAN, B.; JURASZ, J.; WRÓBLEWSKI, R.; GUDERSKI, A.; ZŁOTECKA, D.; KA'ZMIERCZAK, L. Impact of the minimum head on low-head hydropower plants energy production and profitability. **Energies**, vol. 13, 6728, 2020. <http://dx.doi.org/10.3390/en13246728>
- CHAULAGAIN, R. K.; POUDEL, L.; MAHARJAN, S. A review on non-conventional hydropower turbines and their selection for ultra-low-head applications. **Heliyon**, vol. 9, e17753, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17753>
- ELBATRAN, A. H.; YAAKOB, O. B.; AHMED, Y. M.; SHABARA, H. M. Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 43, p. 40–50, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.045>
- HUPARIKAR, K. P.; NAIK, G. R. Development of prototype turbine model for ultra-low head hydro power potential in Western Maharashtra. **IOSR J Mech Civil Eng**. 2015; 12:14-20. <https://doi.org/10.9790/1684-12611420>
- KHAN, T.; MOHSIN ASIF, M.; AHMED, H.; ISLAM, M.; HARUN, Z. Design and development of a vortex turbine for the hilly regions of Bangladesh. **Advances in Engineering Research**, vol. 207, p. 290-297, 2021.
- LAVRIC, H.; RIHAR, A.; FISER, R.. Influence of equipment size and installation height on electricity production in an Archimedes screw-based ultra-low head small hydropower plant and its economic feasibility. **Renewable Energy**, vol. 142, p. 468-477, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.095>
- LOOTS, I.; VAN DIJK, M.; BARTA, B.; VAN VUUREN, S.; BHAGWAN, J. A review of low head hydropower technologies and applications in a South African context. **Renew Sustain Energy Reviews**, vol. 50, p.1254-1268, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.05.064>
- MAGALHÃES, D. F. R.; GONÇALVES, D. C. Panorama da matriz elétrica renovável brasileira. **Revista Sodebras [on line]**, vol. 15, n. 180, p. 11-17, 2020. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.15.2020.180.11>

MARTIN, J.; CHANG, L.; SWIDERSKI, J.; TUNG, T. T.; TIAGO FILHO, G. L.; REZEK, A. J.; BARBOSA, W.; BOTAN, A. C. B. Development of Innovative Ultra Low-head Mini-hydro Turbine-generator System-Laboratory Test Results Report and Field Demonstration Plan. **Hydrovision International**, Minneapolis, 2016.

SHASHIDAR, P.; SANTOSH KUMAR, K; SREENIVASULU REDDY, G.; SARUPYA SANTOSH, K.; HEMANTH, N. V. D. Design and development of gravitational vortex hydraulic power plant. **JETIR**, Volume 8, Issue 7, 2021.

VOITH GmbH e Co. KGaA. **An innovative low head hydro technology: the StreamDiver® in action**, 2015.

ZHOU, D.; DENG, Z. Ultra-low-head hydroelectric technology: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 78, 23–30, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.086>

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

SISTEMA DE AR-CONDICIONADO APLICADOS À INDÚSTRIA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

AIR CONDITIONING SYSTEMS APPLIED TO INDUSTRY: A LITERATURE REVIEW

Antonio Carlos Barkett Botan¹
André Guilherme Scheer Rahal Valverde²
Cláudia Mayumi Takara³
Gabriel Henrique Fradique⁴
Guilherme Meneguelli Rodrigues⁵
Vinicius Moscardo Romualdo⁶

Resumo – *O objetivo deste trabalho é apresentar um panorama geral sobre os sistemas de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado (HVAC, Heating, Ventilating and Air-Conditioning, na língua inglesa) no contexto industrial, incluindo tópicos de pesquisa atuais e oportunidades de pesquisa futuras. Para tanto, foi realizada uma pesquisa na base de dados Scopus sobre os sistemas HVAC no contexto industrial, separando os artigos mais relevantes e compilando suas informações mais importantes. Com isso, foi possível obter uma visão geral do cenário atual sobre sistemas de controle de temperatura, fornecendo informações relevantes sobre o tema abordado.*

Palavras-chave: *Ar-condicionado. Indústria. HVAC.*

Abstract - *The objective of this work is to present an overview of Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) systems in the industrial context, including current research topics and future research opportunities. To this end, a search was carried out in the Scopus database on HVAC systems in the industrial context, separating the most relevant articles and compiling their most important information. With this, it was possible to obtain an overview of the current scenario on temperature control systems, providing relevant information on the topic addressed.*

Keywords: *Air conditioning. Industry. HVAC.*

¹ Doutor em Engenharia Mecânica (UNIFEI/Itajubá-MG); Pesquisador do Centro Nacional de Referência em PCH-Itajubá; Professor Substituto do IQE – UNESP/Guaratinguetá-SP. Contato: acbotan@yahoo.com.br.

Alunos de Graduação do curso de Engenharia de Produção (UNESP/Guaratinguetá-SP). Contatos:

² scheer.rahal@unesp.br.

³ claudia.mayumi@unesp.br.

⁴ g.fradique@unesp.br.

⁵ guilherme.meneguelli@unesp.br.

⁶ vinicius.romualdo@unesp.br.

I. INTRODUÇÃO

A climatização no ambiente de trabalho, e com destaque para o ambiente industrial está intimamente ligado ao bem-estar e bom desempenho dos trabalhadores. E estas condições transpassam apenas se o ambiente é mantido refrigerado ou aquecido. Um dos fatores é dado pelo nível de umidade do ar, por exemplo, o qual se mantido em nível inadequado pode gerar desconforto ou até mesmo resultar em problemas de saúde, o que pode refletir na própria produção, devido à ausência do trabalhador.

Um outro fator se dá pelo fato de que quem trabalha em ambiente industrial, dependendo do ramo desta, pode ser exposto a partículas tóxicas e compostos químicos. Se a ventilação no ambiente não for adequada, muitos serão os riscos para a saúde dos trabalhadores, aumentando ainda mais as chances de afastamento por questões de saúde e mal-estar físico.

Expostos estes argumentos, identificar os sistemas de climatização adequado para cada ambiente de trabalho se faz necessário (SANHUEZA *et al.*, 2021; NEVES *et al.*, 2020). Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura baseada nos estudos realizados de sistemas de ar-condicionado para ambientes industriais.

Para Fekadu e Subudhi, 2018, existem três tipos principais de ciclos de condicionamento de ar movidos a gás utilizados atualmente: compressão, absorção e desumidificação. Nos ciclos de compressão e de absorção, a temperatura do ar e a umidade são ajustadas para atender às variações nas condições do ar ambiente e mudanças na ocupação do recinto. Os dois ciclos evaporam e condensam um fluido refrigerante e necessitam de energia para a sua operação.

Sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC), possuem estruturas complexas, compostas de equipamentos de transferência de calor e massa, como refrigerador, caldeira, bobinas de aquecimento ou resfriamento e dutos de fornecimento de ar. Os sistemas também consistem em vários sensores e controles para a regulação das variáveis controláveis, como temperatura da zona, temperatura do ar, velocidade do ventilador de fornecimento de ar, pressão dúctil estática, temperatura da água (AFRAM e SHARIFI, 2014).

HVAC procuram melhorar o conforto térmico dos ocupantes do estabelecimento, seja ele residencial, comercial ou industrial, ao mesmo tempo que fornece ar de qualidade para o ambiente. Esses produtos possuem um pequeno tempo de vida devido a constantes melhorias nas tecnologias, e constantes mudanças nos requerimentos do mercado global (BAC *et al.*, 2021).

Assim, dado a essa constante mudança, esse artigo busca trazer ao leitor uma revisão a respeito do atual estado das pesquisas sobre HVAC na indústria. A evolução é marcada pelo rompimento do processo comum e passa a ser reconhecido pelos especialistas.

II. METODOLOGIA

Quanto a natureza desse artigo, ele é uma revisão sistemática da literatura e de diagnóstico, visando fomentar o avanço da ciência através do estabelecimento de um panorama da realidade atual das pesquisas a respeito de sistemas HVAC .

A revisão de literatura desta pesquisa seguiu as seguintes etapas: identificação, seleção e elegibilidade.

Na etapa de identificação, com base no tema da pesquisa, foi realizada uma pesquisa na base de dados “Scopus” usando os termos: "Industri*" AND "air conditioning systems".

Após a busca nos bancos de dados dos tópicos acima, foi iniciada a etapa de seleção baseada em três critérios de seleção: o primeiro relacionado com o tipo de documento, considerando apenas artigos e revisões, o segundo considerando categorias relacionadas com engenharia, energia ou engenharia química.

Por fim, foram selecionados os primeiros 25 artigos relevantes ao tema em ordem decrescente de citações

Na Tabela 1, é possível visualizar o passo-a-passo da revisão teórica.

Tabela 1 – Passo-a-passo da revisão teórica.

Plataforma	Scopus
Tópicos pesquisados (Identificação)	"Industri*" AND "air conditioning systems"
Resultados de documentos	755
Tempo (1º critério de exclusão)	Publicados a partir de 2018
Resultados de documentos	204
Tipo de documento (2º critério de exclusão)	Article AND Review
Resultados de documentos	114
Categorias (3º critério de exclusão)	Engineering OR Energy OR Chemical Engineering
Resultados de documentos	99
Idioma (4º critério de exclusão)	English
Resultados de documentos	97
Primeiros 25 elegíveis ordenados por número de citações (5º critério de exclusão): títulos e resumos	25
Total de documentos da revisão teórica	25

A análise da literatura compreendeu a revisão de 25 artigos cujo conteúdo fundamentou a análise do moderno estado das pesquisas em relação a sistemas de ar-condicionado na indústria.

Assim, depois de selecionados os 25 artigos, foi feito o tabelamento de seu conteúdo em: “Objetivo”, “Descobertas”, “Pesquisas futuras”, “Limitações”, “Métodos usados” e “Implicações práticas”. A Tabela 1 foi então utilizada como base para a análise do estado das pesquisas na área atual.

III. RESULTADOS

Caso seja necessário utilizar subtítulos, estes devem ser numerados da seguinte forma: Primeiro número da seção e segundo número do subtítulo, por exemplo:

3.1 – Estado da Arte

Bac *et al.* (2021) buscaram desenvolver sistemas de apoio a seleção de sistemas HVAC para indústrias, Ehsan, Guan e Klimenko (2018) realizaram uma revisão a respeito das características e correlações para transferência de calor com CO₂ supercrítico em condições de aquecimento e resfriamento, Tien *et al.* (2021), procuraram melhorar a detecção e o reconhecimento de condições de janelas abertas ou fechadas para otimizar o gasto de energia de sistemas de ar-condicionado, Ascione *et al.*, (2020) realizaram um estudo numa construção industrial buscando otimizar o gasto de energia, Liu, Yang e Qi (2020) sumarizam e discutem a respeito de desumidificação acionada eletricamente.

Kim, Woohyun e Srinivas (2018) fizeram um resumo sobre estudos sobre a automatização de detecção e diagnóstico de falhas (AFDD) relevantes para o setor de edifícios comerciais, Rampazzo *et al.*, (2019) descrevem o método livre evaporativo indireto para sistema de refrigeração a fim de melhor entender a mudança de comportamento do sistema em resposta, propondo um modelo matemático que descreve o comportamento térmico, Ramadan *et al.*, (2019) buscam melhorar a recuperação de calor residual do condensador, Leite *et al.*, (2019) fizeram uma análise econômica considerando aspectos técnicos relacionados ao uso integrado de energia solar fotovoltaica como fonte de energia complementar, e sistemas de ar-condicionado conectados à rede elétrica.

Zhuang, Shan e Wang (2021) propõem uma estratégia coordenada de ventilação controlada por demanda (CDCV) para alcançar uma operação com eficiência energética em várias zonas sistemas de ar-condicionado, Yan *et al.* (2018) procuram encontrar um conjunto ótimo de características a serem analisadas dentro de um resfriador/refrigerador, Kar, Dhar e Verma (2018), desenvolveram um controle adaptado que utiliza redes neurais visando reduzir o uso computacional e melhorar a comunicação em sistemas HVAC, SU *et al.*, (2018) buscam verificar a viabilidade da utilização de sistemas híbridos fotovoltaicos/ termais para “deep dehumidification” Wang, Shi e Zhou (2018) propõem um Sistema de Gerenciamento de Energia Inteligente, baseado em resposta de demanda.

Jaber, Al-Mousawi e Jasem (2019) buscaram o design de um sistema de monitoramento de temperatura e de gases de ambientes industriais, Blum *et al.* (2019) buscam identificar os fatores práticos que afetam a configuração de um modelo de previsão (MPC), baseado em parâmetros reais, focando especificamente no envelope térmico, Zhuang e Wang (2020) propõem uma estratégia on-line de controle ótimo baseada em risco para sistemas de ar-condicionado, considerando a degradação do desempenho dos componentes e as incertezas de medição, Zhang *et al.* (2019) propõem um modelo feature-driven development (FDD) para a análise de falhas em sensores de ar-condicionado que podem levar a um aumento no gasto de energia e custos para a empresa caso estejam desregulados.

Nair, Parekh e Tailor (2018) buscam gerar um modelo de regressão para a predição da condutividade térmica de nanofluidos à base de R718 para cenários de baixa fração volumétrica de partículas, Zhi *et al.* (2019) estudam melhorias na otimização de desumidificadores dessecantes de líquidos e outras aplicações de plásticos com fluxos de gás líquido, Bahramnia *et al.* (2019) têm como objetivo fornecer uma estrutura para descrever elementos de temperatura e umidade necessários para modelagem dinâmica. Ma *et al.* (2020) procuram melhorar o desempenho real e melhorias potenciais do processo de filtragem e ventilação em salas de limpeza, Yin *et al.* (2020) procuram a melhoria no desempenho do ambiente interno em operação, comparando com os requisitos padrões, Guan *et al.* (2020) têm como objetivo a

melhoria no desempenho de um sistema de ar-condicionado fresco completo baseado no dessecante líquido aplicado em uma fábrica industrial e por fim, Mugnini *et al.* (2019) buscam destacar as vantagens e questões ligadas à adoção de DCSs para resfriamento predial quando o frio é recuperado de uma aplicação específica.

Na Tabela 2, apresentamos a distribuição de tópicos pesquisados:

Tabela 2 – Distribuição de tópicos pesquisados

Tópicos	Número de artigos sobre
Otimização do gasto de energia	6
Melhoria no controle e monitoramento do sistema	4
Criação de modelos matemáticos	3
Procura pelas variáveis/parâmetros mais importantes do a serem analisadas no sistema	2
Desumidificação	2
Seleção de sistemas HVAC	1
Análise de correlações de variáveis	1
Verificação de viabilidade de certos tipos de sistema	1
Melhorias no processo de limpeza e filtragem	1
Outras melhorias	4

Assim, vemos que as áreas que estão tendo maior destaque nas pesquisas são “Otimização do gasto de energia” com seis artigos a respeito, “Melhoria no controle e monitoramento do sistema” com quatro artigos, “Criação de modelos matemáticos” com três artigos, “Procura pelas variáveis/parâmetros mais importantes do a serem analisadas no sistema” com dois artigos e, por fim, “Desumidificação” com dois artigos.

3.2 – Pesquisas Futuras

Apesar de vários estudos acerca de modelos de otimização para ar-condicionado, novos fluídos para melhoria de desempenho, estudo de sensores para melhor coleta de dados, ainda temos algumas oportunidades de pesquisa:

1. Pesquisas sobre redução do consumo de energia nos sistemas HVAC (BAC *et al.*, 2021);
2. Pesquisas sobre a condição de fluxo que em que a deterioração da transferência de calor acontece em aquecimentos de fluidos supercríticos (EHSAN, GUAN e KLIMENKO, 2018);
3. Melhor detecção da condição de janela aberta no local em que se deseja controlar a temperatura (TIEN *et al.*, 2021);
4. Desenvolvimento do princípio teórico da corrosão de eletrodos (LIU, YANG e QI, 2020);
5. Desenvolvimento de métodos que elimina a necessidade de identificação manual de modelos de simulação (KIM, WOOHYUNE SRINIVAS, 2018);
6. Melhoria da eficácia painéis solares que visam abastecer sistemas HVAC (LEITE *et al.*, 2019);
7. Otimização do espaço e tamanho de equipamentos usados em instalações industriais (WANG, SHI e ZHOU, 2018);
8. Quantificação do esforço e custo necessário para integração de dados e controle com sistemas de automatização de HVAC (BLUM *et al.*, 2019);

9. Considerar quantidade de dióxido de carbono produzidas nas salas para proporcionar melhores condições de conforto (BAHRAMNIA *et al.*, 2019);
10. Avaliação do impacto do método de dimensionamento do DCS (MUGNINI *et al.*, 2019).

3.3 – Limitações

Os artigos utilizados para essa revisão bibliográfica apresentaram várias contribuições e colocações de importante destaque, porém dentre os artigos analisados podemos identificar certas limitações dentro dos estudos empregados. As limitações são variadas em seus embasamentos teóricos e experimentais, assim não encontramos nenhuma limitação generalizada para os estudos, em destaque a maioria dos artigos não apresentaram limitações perceptíveis.

Porém, vale ressaltar que as limitações enfrentadas em cada estudo são de importante contribuição para esse referido artigo de revisão, assim será apresentado as limitações encontradas em alguns dos artigos estudados.

A correlação de fatores pode não cobrir todos os parâmetros operacionais do estudo, apresentando limitações, sendo fundamental verificar questões de aplicabilidade em referência do comportamento da transferência de calor na região pseudocrítica, a validação é necessária devido à alta variabilidade das propriedades em zonas próximas. (EHSAN, GUAN e KLIMENKO, 2018).

Em sistemas de ar-condicionado que utilizam sistemas de desumidificação impulsionados eletricamente (EDD) existem certas limitações pontuais, que desrespeito principalmente aos sistemas de circuitos elétricos e custos com material estrutural. O sistema EDD utiliza energia em DC (Corrente Contínua), enquanto o sistema de alimentação distribui AC (Corrente Alternada), isso leva a necessidade de conversão de AC-DC, este processo por sua vez causa perda de energia por causa da necessidade de estabilização, retificação e suavização da tensão na rede. Problemas de estabilidade eletroquímica estão presentes nos sistemas fotovoltaicos, comprometendo a durabilidade do sistema. (LIU, YANG e QI, 2020).

O tempo de preparação adequado do equipamento de ar-condicionado industriais muitas vezes não é respeitado, causando um funcionamento indevido do sistema, gerando perdas de eficiência do sistema. Os custos relacionados a este processo podem ser elevados, sendo dependente da quantidade de produto necessário. (ZHI *et al.*, 2019)

Filtros de ar-condicionado industrial de classe mais alta apresentam um efeito positivo na limpeza do ambiente interno, porém aumentam a resistência do sistema, resultando em um maior consumo de energia. (MA *et al.*, 2020).

Os sistemas THIC (Temperature and Humidity Independent Control) e convencional mostram uma diferença de desempenho limitada da perspectiva de entrada, saída e resíduos de resfriamento. (GUAN *et al.*, 2020).

IV. CONCLUSÃO

Pode-se notar através dos artigos selecionados que existe uma maior inclinação para a definição de modelos/sistemas que visam otimizar gastos energéticos e eficiência para sistemas de ar-condicionado. Além disso, é possível ver que praticamente todos os artigos consultados buscam manter um ambiente agradável e que esteja de acordo com sua aplicação, ou seja, precisam que seus parâmetros estejam de acordo com variações no ambiente ou de acordo com o trabalho que esteja sendo executado.

Através da revisão da literatura disponível atualmente, utilizando a base de dados Scopus, foi possível obter um panorama geral sobre a situação atual de sistemas

HVAC no contexto industrial, apresentando os tópicos de pesquisa e também futuras oportunidades de pesquisa, atingindo o objetivo proposto no início do artigo.

V. REFERÊNCIAS

AFRAM, Abdul; JANABI-SHARIFI, Farrokh. Review of modeling methods for HVAC systems. **Applied Thermal Engineering**, v. 67, n. 1-2, p. 507-519, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2014.03.055>

ASCIONE, Fabrizio *et al.* A real industrial building: Modeling, calibration and Pareto optimization of energy retrofit. **Journal of Building Engineering**, v. 29, p. 101186, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101186>

BAC, Ugur; ALALOOSI, Khalid Abdulwahab Mohamed Saed; TURHAN, Cihan. A comprehensive evaluation of the most suitable HVAC system for an industrial building by using a hybrid building energy simulation and multi criteria decision making framework. **Journal of Building Engineering**, v. 37, p. 102153, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2021.102153>

BAHRAMNIA, Pouria *et al.* Modeling and controlling of temperature and humidity in building heating, ventilating, and air conditioning system using model predictive control. **Energies**, v. 12, n. 24, p. 4805, 2019. <https://doi.org/10.3390/en12244805>

BLUM, D. H. *et al.* Practical factors of envelope model setup and their effects on the performance of model predictive control for building heating, ventilating, and air conditioning systems. **Applied Energy**, v. 236, p. 410-425, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.093>

EHSAN, M. Monjurul; GUAN, Zhiqiang; KLIMENKO, A. Y. A comprehensive review on heat transfer and pressure drop characteristics and correlations with supercritical CO₂ under heating and cooling applications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 92, p. 658-675, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.106>

FEKADU, Geleta; SUBUDHI, Sudhakar. Renewable energy for liquid desiccants air conditioning system: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, p. 364-379, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.05.016>

GUAN, Bowen *et al.* Performance of a temperature and humidity independent control air-conditioning system based on liquid desiccant for industrial environments. **Energy and Buildings**, v. 214, p. 109869, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109869>

JABER, Alaa Abdulhady; AL-MOUSAWI, Firas Khalil Ibrahim; JASEM, Hayder Sabeeh. Internet of things based industrial environment monitoring and control: a design approach. **International Journal of Electrical e Computer Engineering (2088-8708)**, v. 9, n. 6, 2019. <http://doi.org/10.11591/ijece.v9i6.pp4657-4667>

KAR, Aniket K.; DHAR, Narendra Kumar; VERMA, Nishchal K. Event-Triggered Adaptive Neural Network Controller in a Cyber-Physical Framework. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 15, n. 4, p. 2101-2111, 2018. <http://doi.org/10.1109/TII.2018.2861904>

KIM, Woohyun; KATIPAMULA, Srinivas. A review of fault detection and diagnostics methods for building systems. **Science and Technology for the Built Environment**, v. 24, n. 1, p. 3-21, 2018. <https://doi.org/10.1080/23744731.2017.1318008>

LEITE, Gustavo de Novaes Pires *et al.* An economic analysis of the integration between air-conditioning and solar photovoltaic systems. **Energy Conversion and**

Management, v. 185, p. 836-849, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.02.037>

LIU, Hongdou; YANG, Hongquan; QI, Ronghui. A review of electrically driven dehumidification technology for air-conditioning systems. **Applied Energy**, v. 279, p. 115863, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115863>

MA, Zhiyao *et al.* Performance analysis and improvement of air filtration and ventilation process in semiconductor clean air-conditioning system. **Energy and Buildings**, v. 228, p. 110489, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110489>

MUGNINI, Alice *et al.* Potential of district cooling systems: a case study on recovering cold energy from liquefied natural gas vaporization. **Energies**, v. 12, n. 15, p. 3027, 2019. <https://doi.org/10.3390/en12153027>

NAIR, Vipin; PAREKH, A. D.; TAILOR, P. R. Water-based Al₂O₃, CuO and TiO₂ nanofluids as secondary fluids for refrigeration systems: a thermal conductivity study. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 40, n. 5, p. 1-17, 2018. <https://doi.org/10.1007/s40430-018-1177-6>

NEVES, N. G.; DINARDI, P. T.; SERRA, V. C.; VALENZUELA, W. A. V. Análise técnico-econômica da eficiência energética de um prédio público – Um estudo de caso. **Revista Sodebras**, vol. 16, n. 174, p. 7-12, 2020. : <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.15.2020.174.07>

RAMADAN, Mohamad *et al.* Air dryer using waste heat of HVAC systems–Code development and experimental validation. **Applied Thermal Engineering**, v. 147, p. 302-311, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.10.087>

RAMPAZZO, Mirco *et al.* A static moving boundary modelling approach for simulation of indirect evaporative free cooling systems. **Applied Energy**, v. 250, p. 1719-1728, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.087>

SANHUEZA, S. M. R.; FREITAS, S. C. L.; MELO, D. B.; MAXIMILIANO SOBRINHO, A. Simulação do fluxo de carga em uma rede elétrica real com alta concentração de condicionadores de ar. **Revista Sodebras [on line]**, vol. 16, n. 181, p. 77-82, 2021. <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.16.2021.181.77>

SU, Bosheng *et al.* Feasibility of a hybrid photovoltaic/thermal and liquid desiccant system for deep dehumidification. **Energy Conversion and Management**, v. 163, p. 457-467, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.02.018>

TIEN, Paige Wenbin *et al.* A deep learning approach towards the detection and recognition of opening of windows for effective management of building ventilation heat losses and reducing space heating demand. **Renewable Energy**, v. 177, p. 603-625, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.05.155>

WANG, Jidong; SHI, Yingchen; ZHOU, Yue. Intelligent demand response for industrial energy management considering thermostatically controlled loads and EVs. **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, v. 15, n. 6, p. 3432-3442, 2018. <https://doi.org/10.1109/TII.2018.2875866>

YAN, Ke *et al.* Cost-sensitive and sequential feature selection for chiller fault detection and diagnosis. **International Journal of Refrigeration**, v. 86, p. 401-409, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.11.003>

YIN, Jiawen *et al.* Performance and improvement of cleanroom environment control system related to cold-heat offset in clean semiconductor fabs. **Energy and Buildings**, v. 224, p. 110294, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110294>

ZHANG, Hongtao *et al.* Sensor fault detection and diagnosis for a water source heat pump air-conditioning system based on PCA and preprocessed by combined clustering. **Applied Thermal Engineering**, v. 160, p. 114098, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114098>

ZHI, Jinghui *et al.* Wettability and performance enhancement with durable super-hydrophilic surfaces for plastic liquid desiccant dehumidification systems. **Energy and Buildings**, v. 187, p. 77-85, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.01.041>

ZHUANG, Chaoqun; SHAN, Kui; WANG, Shengwei. Coordinated demand-controlled ventilation strategy for energy-efficient operation in multi-zone cleanroom air-conditioning systems. **Building and Environment**, v. 191, p. 107588, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107588>

ZHUANG, Chaoqun; WANG, Shengwei. Risk-based online robust optimal control of air-conditioning systems for buildings requiring strict humidity control considering measurement uncertainties. **Applied Energy**, v. 261, p. 114451, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114451>

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

DIGITAL TWIN DRIVEN TO MANUFACTURING SUPPLY CHAINS IN INDUSTRY 4.0: DIGITAL SUPPLY CHAIN TWIN IMPLEMENTATION FRAMEWORK

Pedro Tondela de Jesus Correia Filho¹
Osiris Canciglieri Junior²
Elpidio Oscar Nara Benitez³

Resumo - Um Digital twin é uma integração de sistemas virtuais e físicos usando tecnologias disruptivas. Mais precisamente é um método de desenvolvimento de sistemas de fabricação sustentáveis e inteligentes para obter qualidade robusta, redução de tempo e produtos personalizados usando informações em tempo real durante todo o ciclo de vida do produto. O objetivo deste trabalho é propor um framework de implementação do Digital twin para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital e apresentar as tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 que são significativas para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital. Este trabalho apresenta uma revisão sistemática da literatura e análise de conteúdo de 3771 artigos no total somando os resultados da base de dados Scopus e Web os Science, desta seleção após aplicação dos critérios de exclusão e inclusão restaram 1042 artigos. Após leitura dos resumos e títulos e excluir os irrelevantes resultou em 157 artigos. A análise do conteúdo inicia no refinamento dos artigos, que realiza uma nova leitura completa para seleção dos trabalhos com abordagem sob o aspecto de Digital twin, para isso utilizou-se um critério norteador: o artigo tem que contribuir para o desenvolvimento Digital twin no contexto indústria 4.0 ou PLM com ações concretas. Após aplicação do critério resultou em 32 artigos relevantes da pesquisa selecionada sobre várias dimensões de gêmeos digitais, cadeia de suprimentos digital, ciclo de vida do produto e indústria 4.0. Como resultado obtivemos um framework de implementação do Digital twin para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital. No entanto, aumentar o escopo de um Digital twin para incluir todas as coisas e humanos na cadeia de suprimentos ajudará seus proprietários a tomar decisões mais proativas no nível da cadeia de suprimentos.

¹ Pontifícia Universidade Católica do Paraná- PUCPR, R. Imaculada Conceição, 1155 - Prado Velho, Curitiba, CEP, 80215-901, PR, Brazil. Contato: Pedrofilho979@gmail.com

² Doutor em Automação da Manufatura na Universidade de Loughborough - LU (Inglaterra); Docente na Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PR. Contato: osiris.canciglieri@pucpr.br.

³ Phd in Quality Management and Productivity (Ufsc); Professor Researcher and Adjunct Professor of The Ppgeps/Pucpr. Contact: Elpidio.Nara@Pucpr.Br

Palavras-chave: Digital Twin. Indústria 4.0. Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto e Cadeia de Suprimentos

Abstract - A Digital twin is an integration of virtual and physical systems using disruptive technologies. More precisely, it is a method of developing sustainable and intelligent manufacturing systems to achieve robust quality, reduced time and customized products using real-time information throughout the product lifecycle. The objective of this work is to propose a Digital twin implementation framework for the development of digital supply chain twins and to present the technologies used in Industry 4.0 that are significant for the development of digital supply chain twins. This work presents a systematic review of the literature and content analysis of 3771 articles in total, adding the results of the Scopus and Web of Science databases, from this selection after applying the exclusion and inclusion criteria, 1042 articles remained. After reading the abstracts and titles and excluding irrelevant ones, 157 articles were found. The content analysis begins with the refinement of the articles, which performs a complete new reading for the selection of works with an approach from the perspective of digital twin, for which a guiding criterion was used: the article must contribute to the development of digital twin in the context Industry 4.0 or PLM with concrete actions. After applying the criteria resulted in 32 relevant articles of selected research on various dimensions of digital twins, digital supply chain, product lifecycle and industry 4.0. As a result we obtained a Digital twin implementation framework for developing digital supply chain twins. However, increasing the scope of a Digital twin to include all things and humans in the supply chain will help its owners make more proactive decisions at the supply chain level.

Keywords: DigitalTwin. Industry 4.0. Product Lifecycle Management and Supply Chain

I. INTRODUÇÃO

A digitalização na manufatura oferece uma oportunidade para as organizações alcançarem maior produtividade e eficiência (UHLEMANN *et al.*, 2017). A digitalização permite a integração eficiente dos atuais sistemas inteligentes interconectados no chão de fábrica e na área de trabalho (NEGRI *et al.*, 2017). Sistemas tecnológicos inteligentes prometem um desenvolvimento estratégico e sustentável que combina humanos e tecnologia da informação (MANDOLA *et al.*, 2019).

Um Digital twin é um modelo virtual e uma representação abrangente do sistema usado para entender os parâmetros de desempenho, melhorar os processos e aprimorar efetivamente as atividades de valor agregado (REZAEI *et al.*, 2019).

Um Digital twin é uma contraparte digital dos sistemas físicos com base em uma simulação que lida com sistemas de projeto e os otimiza para melhorar a eficiência (GUO *et al.*, 2019). O desenvolvimento de gêmeos digitais tem um potencial considerável em operações de fabricação sustentáveis devido ao seu ambiente rico em dados que facilitam o monitoramento, a simulação e a previsão em tempo real dos processos de fabricação (CHENG *et al.*, 2018) linhas de produção usando sistemas robóticos e tecnologias baseadas em IoT, gerando informações digitais (GOASDUFF, 2018; TAO *et al.*, 2017). As informações digitais atuam como um ativo para otimizar o desempenho da produção, e qualquer pequena melhoria no rendimento, qualidade do produto ou confiabilidade do equipamento em um ambiente de fabricação de alta produtividade agrega um valor considerável (KAMBLE *et al.*, 2018). O Digital twin simula o ambiente de fabricação com base nas informações coletadas e ajuda o proprietário a decidir entre as ações

disponíveis para maior eficiência, melhor precisão e economias de escala (NEGRI *et al.*, 2017; ROSEN *et al.*, 2015; UHLEMANN *et al.*, 2017).

1.1 - Problema de Pesquisa

As inovações tecnológicas e as transformações digitais estão mudando nossa economia, ecologia e sociedade como nunca (KUTZSCHENBACH & DAUB, 2021). É uma questão de preocupação para os profissionais sobre como o desenvolvimento de gêmeos digital pode apoiar os desafios a cadeia de suprimento e sua implementação do Digital twin no contexto dos chicotes elétricos automotivos. Desta maneira, esta pesquisa pretende responder às seguintes questões problema:

- i) Quais tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 que são significativas para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital?

1.2 - Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Propor um framework de implementação do Digital twin para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital e apresentar as tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 que são significativas para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital.

1.2.2 Objetivos Específicos

Visando atender ao objetivo geral proposto, os objetivos específicos desta pesquisa são:

- a) Identificar e descrever tecnologias utilizadas na Indústria 4.0 que são significativas para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital por meio da Revisão Sistemática da Literatura e Análise do Conteúdo selecionado;
- b) Propor um framework de implementação do Digital twin para o desenvolvimento de gêmeos da cadeia de suprimentos digital;

1.3 - Metodologia da Pesquisa

A pesquisa científica pode ser diferenciada quanto à natureza, aos métodos (ou abordagens metodológicas), quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos. Neste sentido, quanto à natureza da pesquisa pode ser tanto básica quanto aplicada. Portanto, a natureza da pesquisa em causa é de natureza aplicada. A pesquisa aplicada é aquela cujo principal objetivo é a geração de conhecimento para aplicação prática e imediata, dirigidos à solução de problemas específicos envolvendo os interesses locais, territoriais e regionais. (MARLI ANDRÉ, 1999).

Quanto ao tipo de abordagem metodológicas que podem ser utilizadas em pesquisas científicas se dividem em três tipos: quantitativa, qualitativa e quantiqualitativa. Cada uma dessas abordagens, apresenta uma espécie de “radiografia” do que se busca (WIELEWICKI, 2001). Neste artigo será uma abordagem qualitativa que é uma abordagem de pesquisa que estuda aspectos subjetivos de fenômenos sociais e do comportamento humano. Os objetos de uma pesquisa qualitativa são fenômenos que ocorrem em determinado tempo, local e cultura.

Quanto ao objetivo científicos, os três principais tipos de metodologia de pesquisa de mercado existentes: exploratória, descritiva e explicativa. Este artigo é uma pesquisa exploratória que se define como a obtenção de insights e ideias. Muitas vezes, no início de um estudo, os problemas a serem investigados não estão totalmente definidos e faltam informações para a sua compreensão completa. O presente estudo caracteriza-se como exploratório quanto ao objetivo (GIL, 2019).

Existem vários procedimentos técnicos que podem ser aplicados numa pesquisa. Nesta pesquisa foi aplicada a revisão sistemática da literatura e análise do conteúdo relevante selecionado (LÜDKE, 2001).

II. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA E ANÁLISE DO CONTEÚDO

A revisão sistemática da literatura é um método que permite maximizar o potencial de uma busca, encontrando o maior número possível de resultados de uma maneira organizada. (FERNÁNDEZ-RÍOS; BUELA-CASAL, 2009).

2.1 - Revisão Sistemática da Literatura

As palavras-chave utilizadas na busca foram obtidas a partir da análise exploratória onde foram selecionadas pesquisas reconhecidas como relevantes devido ao número de citações. Para organizar a busca realizou-se o agrupamento das palavras-chave em 3 categorias: Indústria 4.0, digital twin e PLM, resultando em 3.771 artigos somando os resultados da base de dados Scopus e Web of science.

A revisão sistemática foi realizada por meio do sistema de base de dados científica brasileira (Periódicos CAPES) disponibilizado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES 2017) que contém aproximadamente 530 bases de dados. Na pesquisa foram considerados para análise artigos no idioma inglês, revisados por pares, no período de 2015 até 2022.

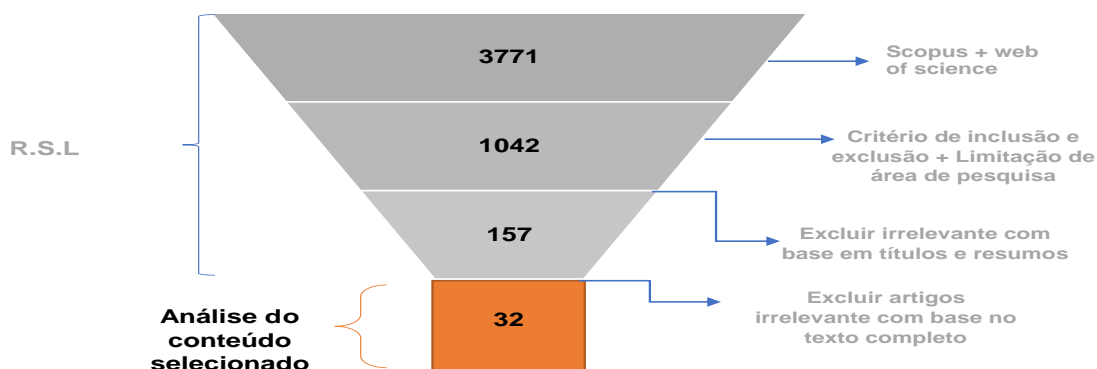
A fase de planejamento da revisão inclui a seleção do base de dados, o desenvolvimento dos critérios de inclusão e exclusão dos estudos e a definição do protocolo de revisão. O conforme a figura 1, o resultado foi de 3771 artigos no total somando as os resultados da base de dados Scopus e Web of Science. Realizou-se inicialmente a leitura do título, aplicando os critérios de exclusão e inclusão. Desta seleção, após aplicação dos critérios de exclusão e inclusão restaram 1042 artigos somando as duas bases mencionadas anteriormente. Após leitura dos resumos e títulos e excluir os irrelevantes resultou em 157 artigos.

2.2 - Análise do Conteúdo

A análise do conteúdo inicia no refinamento dos artigos, que realiza uma nova leitura completa para seleção dos trabalhos com abordagem sob o aspecto de Digital twin, para isso utilizou-se um critério norteador: o artigo tem que contribuir para o desenvolvimento Digital twin no contexto indústria 4.0 ou PLM com ações concretas. Após aplicação do critério resultou em 32 artigos relevantes da pesquisa selecionada

sobre várias dimensões de gêmeos digitais, cadeia de suprimentos digital, ciclo de vida do produto e indústria 4.0.

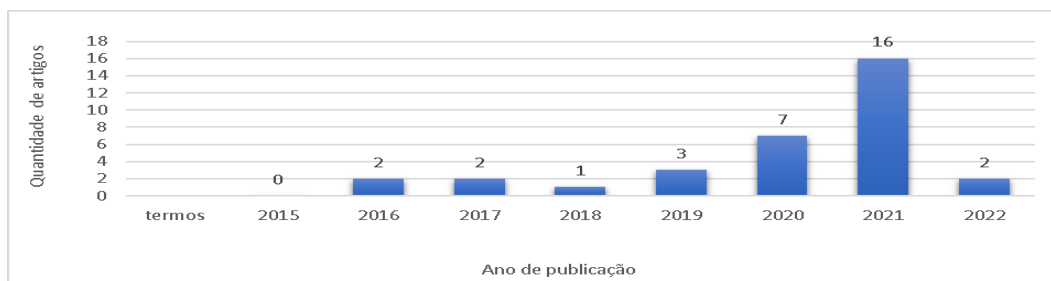
Figura 1 - Revisão Sistemática da Literatura e Análise de Conteúdo



Fonte: Autor.

O gráfico ilustrado na Figura 2 apresenta a distribuição dos artigos na linha do tempo mostra uma quantidade pequena ao longo dos anos, havendo um aumento significativo em nos anos 2020 e 2021 por conta da pandemia da covid 19 que durante esses dois anos houve um aumento de publicações significativamente em relação aos demais anos, e fica evidente o pico no ano de 2021.

Figura 2 - Distribuição das publicações entre os anos 2015 e 2022



Fonte: O autor.

Dentre os 32 artigos encontrados, 23 abordam sobre Aplicações dos gêmeos digitais/Estrutura do Digital twin/Digital twin, 26 artigos descrevem também Tecnologias da Indústria 4.0, 13 deles tratam sobre PLM, 10 sobre Gestão da cadeia de suprimentos e 14 dos 32 artigos são frameworks.

Tabela 1 - Concentração de pesquisas por área

Aplicações dos gêmeos digitais\ Estrutura Digital twin \ Digital twin	71,875%
Tecnologias da Indústria 4.0	81,25%
PLM	40,625%
Gestão da cadeia de suprimentos	31,25%
Framework	43,75%

Fonte: Autor.

Conforme observado em Tabela 1, os artigos pesquisados possuem abordagens parciais, ou seja, nenhum abrange as 5 áreas (Aplicações dos gêmeos digitais/Estrutura do Digital twin/Digital twin, Tecnologias da Indústria 4.0, PLM, Gestão da cadeia de suprimentos e frameworks).

A pesquisa realiza a análise dos 32 artigos descrevendo as contribuições e limitações do estudo, bem como a aplicação do trabalho para promover o desenvolvimento gêmeos da cadeia de suprimentos digital.

O artigo apresenta uma análise qualitativa com as respectivas contribuições e limitações de cada pesquisa reportada nos artigos focados no Aplicações dos gêmeos digitais/ Estrutura do Digital twin/Digital twin, Tecnologias da Indústria 4.0, PLM e Gestão da cadeia de suprimentos. Com isso, foi possível identificar as aplicações dos gêmeos digitais nos ambientes da cadeia de suprimentos, as tecnologias da indústria 4.0 significativas para o desenvolvimento gêmeos da cadeia de suprimentos digital.

III. PROPOSTA DE FRAMEWORK

Esta seção apresenta o processo de concepção e construção da proposta do framework conceitual para desenvolvimento Digital twin no contexto indústria 4.0, PLM e cadeia de suprimentos. Inicialmente apresenta-se os passos seguidos para a concepção e construção do framework e, posteriormente, denominado, retratando a integração dos conceitos abordados.

3.1 - Aplicações do Gêmeo da Cadeia de Suprimentos Digital

A discussão acima revela que a disponibilidade de dados em tempo real suportada pelas tecnologias da Indústria 4.0 é uma vantagem competitiva crítica para as cadeias de suprimentos e é o componente essencial de um framework do gêmeo da cadeia de suprimentos digital. O gêmeo da cadeia de suprimentos digital é essencialmente um espelho virtual da cadeia de suprimentos que consiste em centenas de ativos físicos, armazéns, logística e posições de estoque. Melhorias nas capacidades técnicas, analíticas e desenvolvimentos em tecnologias de fabricação oferecem imenso potencial para aplicações de cadeia de suprimentos digital. Nesta seção, revisamos os vários usos de gêmeos digitais na cadeia de suprimentos.

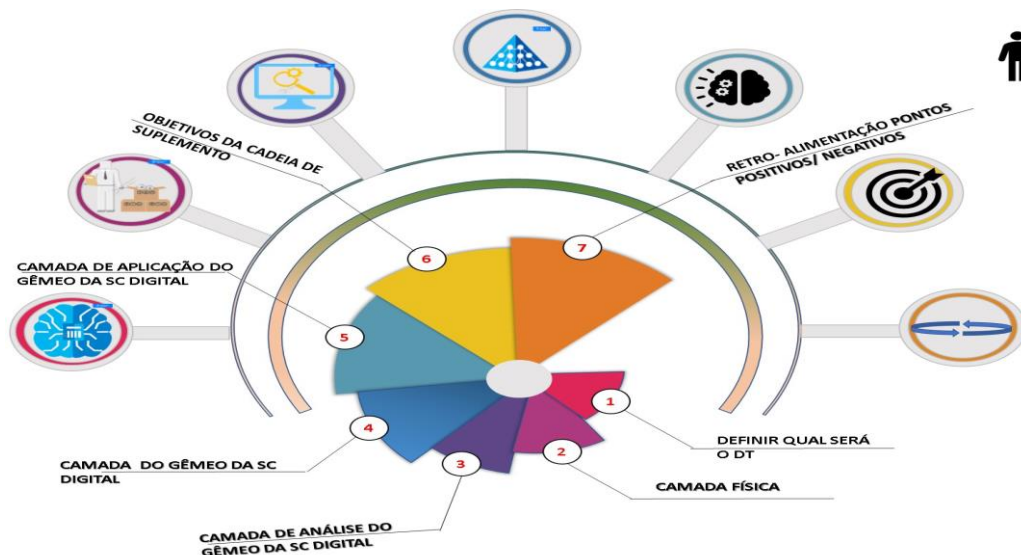
3.2 - Framework do Gêmeo de Cadeia de Suprimentos Digital

Com base nas descobertas de revisão e perspectivas futuras sobre gêmeos digitais, foi proposto um Framework de gêmeos digitais para sistemas de cadeia de suprimentos (consulte Figura 3). A análise revelou que um gêmeo de cadeia de suprimentos digital impulsiona a agregação, integração e alocação dinâmica de recursos de fabricação, criando um elo valioso em cadeias de suprimentos complexas. Um gêmeo da cadeia de suprimentos digital precisa ser integrado (externamente) entre os parceiros da cadeia de suprimentos e não deve se restringir ao mapeamento de processos internos. Com os recentes avanços em tecnologias emergentes, como IoT, realidade virtual, manufatura aditiva, inteligência artificial e blockchains, o escopo de aplicação do Digital twin se estendeu além dos sistemas de manufatura e deve abranger toda a cadeia de suprimentos. O Digital twin leva a vários pontos de acoplamento entre operações de fabricação e modelos de cadeia de suprimentos sustentáveis (SVENSSON e WAGNER, 2011). A capacidade do Digital twin de integrar redes e gerenciar recursos com eficiência resulta em melhor sustentabilidade da cadeia de suprimentos.

O Framework proposto possui quatro níveis de camadas (nível físico, nível do Digital twin, nível analítico e nível de aplicação). Além dos quatro níveis de camada, o

framework também possui 3 fases que são, definir o Digital twin (Produto ou processo), objetivos da cadeia de suprimentos e a Retroalimentação. Um gêmeo de cadeia de suprimentos digital pode ajudar a reduzir o caos em cadeias de suprimentos complexas, identificando as tendências e ineficiências a qualquer momento em tempo real. As diferentes camadas no gêmeo da cadeia de suprimentos digital proposta são discutidas abaixo.

Figura 3 - Framework de Implementação Gêmea da Cadeia de Suprimentos Digital



Fonte: O Autor.

3.2.1 - Definir o Tipo de Digital Twin

A primeira etapa do framework é definir o tipo de digital Twin, que pode ser aplicado no processo ou no desempenho, que o objetivo é otimizar processos internos. Pode também ser aplicado no produto, os gêmeos digitais ajudam o setor operacional e de estatística a analisar a performance do produto em vários cenários e condições. É uma réplica fiel (digital) de como aquele artigo será em sua forma material.

3.2.2 - Camada física

A camada física compreende os vários objetos e humanos envolvidos na cadeia de suprimentos em diferentes locais. As coisas incluem os sistemas físicos de fabricação, veículos de transporte, equipamentos de manuseio de materiais e sistemas de armazenamento espalhados por toda a cadeia de suprimentos. Os humanos na cadeia de suprimentos representam os recursos humanos necessários para operar, gerenciar e controlar os sistemas físicos, levando a resultados desejáveis de produtos ou serviços. A camada física envolve detalhar o número e o tipo de sensores necessários para capturar dados como torque, deslocamento, tensão etc., dos objetos físicos (dados operacionais) e seus arredores (dados externos), incluindo pressão, temperatura, umidade. Os dados coletados serão então convertidos em mensagens digitais seguras e transferidos para a camada do gêmeo da cadeia de suprimentos digital usando codificadores e sistemas de rede.

3.2.3 - Camada do Gêmeo da Cadeia de Suprimentos Digital

Nesta camada, criamos o Digital twin das coisas e dos humanos da cadeia de suprimentos. Essa camada gêmea da cadeia de suprimentos digital requer suporte de desenvolvedores de software (fornecedores) para desenvolver o melhor sistema virtual para representar o ambiente físico real. Os desenvolvedores devem prever o ciclo de vida do produto, das máquinas e equipamentos na cadeia de suprimentos e descrever corretamente suas interações com os parceiros da cadeia de suprimentos. A camada do Gêmeo da cadeia de suprimentos digital será integrada à camada física para suportar tecnologias de interface ciberfísico, como IoT (sensores e atuadores), computação em nuvem e blockchains. A camada do Gêmeo da cadeia de suprimentos digital deve incorporar os regulamentos existentes sobre IPs e se proteger contra ameaças de segurança cibernética para desenvolver um sistema robusto. Há um fluxo contínuo de dados em tempo real entre as camadas dos gêmeos da cadeia de suprimentos física e digital. Uma camada do gêmeo de cadeia de suprimentos digital eficiente é essencial para o fluxo bidirecional de dados em tempo real no sistema ciberfísico. A interface ciberfísico deve envolver três elementos: • Processamento de borda: interface que conecta os sensores com o processo e os passa ao longo da plataforma. O processamento de borda permite uma comunicação mais rápida processando os dados absorvidos nos terminais. • Interface de comunicação: transfere os dados processados para a função de integração para monitoramento e controle. • Segurança de borda: Usa abordagens de segurança para firewalls, criptografia, chaves de aplicativos e assim por diante, para minimizar as ameaças de ataques cibernéticos.

3.2.4 - Camada de Análise do Gêmeo da Cadeia de Suprimentos Digital

Essa camada executa a análise de suporte nos dados coletados na camada de análise do gêmeo da cadeia de suprimentos digital. Os dados em tempo real coletados da camada física residem na camada de análise do gêmeo da cadeia de suprimentos digital e precisam ser examinados e simulados para uma tomada de decisão eficiente. Vários algoritmos de inteligência artificial e aprendizado de máquina podem ser implantados para extrair insights significativos das informações coletadas. O uso de análises preditivas e prescritivas na camada de análise ajuda a prever o desempenho futuro e determinar ações proativas para evitar os problemas. A camada de aplicação do gêmeo da cadeia de suprimentos digital opera em estreita harmonia com a camada de análise do gêmeo da cadeia de suprimentos digital. Os insights recebidos do estágio de análise são apresentados nos painéis ou outras plataformas de exibição, destacando os desvios entre o modelo gêmeo da cadeia de suprimentos digital simulada e o mundo físico. As áreas que precisam de atenção imediata devem ser abordadas.

3.2.5 - Camada de Aplicação do Gêmeo da Cadeia de Suprimentos Digital

Na camada de aplicação, definimos as várias aplicações para implantação do gêmeo da cadeia de suprimentos digital. Por exemplo, uma empresa desenvolveu uma cadeia de suprimentos digital gêmea para reduzir sua produção tempo de espera. Nesse caso, a camada de aplicação gêmea da cadeia de suprimentos digital deve prever a falha de diferentes máquinas no processo de fabricação. Isso ajudará a evitar quebras de máquinas e reduzir o tempo de espera. Da mesma forma, aplicativos específicos de gêmeos digitais podem ser desenvolvidos para localizar e retirar itens da loja, reduzindo o tempo de busca e melhorando a logística e o gerenciamento do armazém. Outras aplicações podem incluir controle de qualidade, preservação de mercadorias usando controles de temperatura e cálculo das taxas de utilização do equipamento.

A camada de aplicação do gêmeo da cadeia de suprimentos digital deve orientar a implementação de ações corretivas para superar as ineficiências recebidas dos insights. Os insights devem ser transferidos através dos decodificadores e alimentados aos atuadores, que controlam os parâmetros e a movimentação física do equipamento. A camada de aplicação opera por meio da camada gêmea da cadeia de suprimentos digital.

A proposta de framework gêmea de cadeia de suprimentos digital sustentável contribui para a teoria da sustentabilidade da cadeia de suprimentos, fornecendo insights sobre como as cadeias de suprimentos podem usar a plataforma para atingir metas de desempenho econômico, social e ambiental. Recomendamos que os profissionais da cadeia de suprimentos adotem o gêmeo da cadeia de suprimentos digital para gerar benefícios sustentáveis. O gêmeo da cadeia de suprimentos digital aprimora a utilização de recursos, o design do produto e o design do processo de fabricação em tempo real e otimiza as expectativas dos clientes e funcionários, resultando em benefícios econômicos, ambientais e sociais significativos para a cadeia de suprimentos. A economia de energia obtida com a análise dos dados de consumo de energia e a otimização dos horários de energia beneficiam o meio ambiente.

Além disso, o modelo proposto incentiva a integração de todos os parceiros da cadeia de suprimentos para resolver problemas de colaboração e sustentabilidade em cadeias de suprimentos multicamadas. Em cadeias de suprimentos multicamadas, qualquer comportamento indesejado ou insustentável dos fornecedores na camada inferior da cadeia de suprimentos é atribuído à empresa de manufatura focal. O uso de um gêmeo da cadeia de suprimentos digital ajudará as empresas focais a monitorar e controlar continuamente as ações sustentáveis de seus fornecedores. Além disso, o gêmeo da cadeia de suprimentos digital ajuda a vincular os clientes, permitindo que eles participem do design do produto e melhorem a experiência do usuário. A plataforma digital gêmea da cadeia de suprimentos pode ser usada para capturar informações dos funcionários, como horários de trabalho e conteúdo de trabalho real, que podem ser usados para calcular seus salários e avaliar suas condições de trabalho, oferecendo benefícios sociais. No entanto, os profissionais da cadeia de suprimentos devem considerar alguns pontos que podem atuar como barreiras para a implementação de plataformas gêmeas da cadeia de suprimentos digital.

3.2.6 - Digital Twin e Objetivos Sustentáveis

Os benefícios econômicos impulsionam muitas iniciativas em um setor. No entanto, as perspectivas de crescimento dos negócios promovem o consumo de recursos e causam impactos sociais. Um Digital twin baseado em simulação de processo apoia o desenvolvimento sustentável e a circularidade, quantificando a eficiência dos recursos e a recuperação de recursos secundários de alta qualidade e a economia de energia (LEIDEN *et al.*, 2021). Zhao *et al.* (2021) desenvolveu um sistema de rastreamento habilitado para IoT e Digital twin para maior segurança, reconhecendo uma condição anormal e usando rastreamento de localização em tempo real. Esses sistemas podem ser muito úteis para gerenciar com eficiência as operações do armazém. O Digital twin tem potencial para fornecer maior inteligência e autonomia nos processos de transporte de manufatura industrial.

Gêmeos digitais veiculares que facilitam a coleta de dados, processamento de dados e análises podem oferecer as vantagens de redução de acidentes e o desenvolvimento de um ambiente seguro no local de trabalho. Gêmeos digitais baseados em princípios de fusão de dados podem ser muito úteis para minimizar a ambiguidade e a incerteza associadas à avaliação de projetos sustentáveis. Estruturas semelhantes usando abordagens de IoT e gêmeos digitais são usadas para sustentar edifícios, fornecendo

avaliação e controle em tempo real (ALMEAIBED *et al.*, 2021, TAGLIABUE *et al.*, 2021).

Da mesma forma, os modelos de gêmeos digitais são usados para realizar avaliações de risco ambiental e poluição. Rocca *et al.* (2020) demonstrou com sucesso o uso de realidade aumentada para apoiar práticas de economia circular, testando virtualmente os resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos usando ferramentas de simulação. Além disso, tais sistemas reduzem o risco de lesões para os operadores, proporcionando maior sustentabilidade da produção. O uso de um Digital twin em todo o ciclo de vida beneficia o compartilhamento de informações, facilita a comunicação técnica, melhora a qualidade do projeto, reduz erros de projeto, aumenta a intensidade e a eficiência energética, auxilia no ritmo acelerado implementação e reduz as pegadas de carbono (GOLOVINA *et al.*, 2019; KAEWUNRUEN e LIAN, 2019, DAMIANI *et al.*, 2020).

3.2.7 - Retroalimentação

Essa etapa é uma das mais importantes do framework, garante a melhoria contínua da estrutura, que consiste na transferência de um sinal de saída para a entrada do mesmo sistema ou circuito, resultando no aumento do nível de saída ou diminuição (feedback positivo ou negativo). Em seguida os pontos negativos serão analisados e resolvidos gradativamente, tornando o sistema mais eficiente.

IV. CONCLUSÃO PRELIMINAR

Este estudo apresenta uma revisão da literatura atual sobre o uso de gêmeos digitais em ambientes de cadeia de suprimentos de manufatura. Com acesso imediato a gêmeos digitais, a maioria das indústrias começou a aproveitar essas tecnologias para gerenciar seus ativos críticos. Análise mostra que o Digital twin está se tornando uma parte essencial de uma operação de produto, ativo e infraestrutura para atingir objetivos sustentáveis em uma cadeia de suprimentos. Um Digital twin permite que os proprietários prevejam falhas operacionais, melhorem a qualidade do produto e reduzam o tempo de inatividade. Esta revisão identificou a IIoT, simulação, aprendizado de máquina, inteligência artificial, computação em nuvem e assim por diante, como componentes críticos de um Digital twin. As aplicações atuais de um Digital twin apontam para o papel muito mais significativo que ele pode desempenhar no alcance dos objetivos de sustentabilidade. As perspectivas futuras mostram que, para aproveitar os benefícios de um Digital twin, é necessário integrar parceiros externos da cadeia de suprimentos aos sistemas de fabricação existentes. Atualmente, as aplicações de um Digital twin são altamente focadas em alcançar a excelência de fabricação. No entanto, aumentar o escopo de um Digital twin para incluir todas as coisas e humanos na cadeia de suprimentos ajudará seus proprietários a tomar decisões mais proativas no nível da cadeia de suprimentos. Os desafios identificados para o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos digital eficiente são o escopo do ciclo de vida do produto, segurança cibernética, proteção de IP e fontes de dados não estruturadas (as aplicações de um Digital twin são altamente focadas em alcançar a excelência de fabricação. No entanto, aumentar o escopo de um Digital twin para incluir todas as coisas e humanos na cadeia de suprimentos ajudará seus proprietários a tomar decisões mais proativas no nível da cadeia de suprimentos. Os desafios identificados para o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos digital eficiente são o escopo do ciclo de vida do produto, segurança cibernética, proteção de IP e fontes de dados não estruturadas (as aplicações de um Digital twin são altamente focadas em alcançar a excelência de fabricação. No entanto, aumentar o escopo de um Digital twin para incluir todas as coisas e humanos na cadeia de

suprimentos ajudará seus proprietários a tomar decisões mais proativas no nível da cadeia de suprimentos. Os desafios identificados para o desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos digital eficiente são o escopo do ciclo de vida do produto, segurança cibernética, proteção de IP e fontes de dados não estruturadas (LIU *et al.*, 2019d).

V. REFERÊNCIAS

Alim Yasin¹, Toh Yen Pang^{1,*}, Chi Tsun Cheng¹ e Miro Miletic², A roadmap to integrate digital twins for small and medium sized enterprises Applied Sciences Switzerland, School of Engineering, STEM College, RMIT University, Bundoora, VIC 3083, Australia, *Appl. Sci.* **2021**, *11*(20), 9479; <https://doi.org/10.3390/app11209479>.

Boschert, S. e Rosen, R. (2016), “Digital Twin – The Simulation Aspect”, In: Heheneger, P. e Bradley, D. (Ed.), *Futuros mecatrônicos*, Springer, pp. 59-74. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5

Dinithi Bamunuarachchi, Dimitrios Georgakopoulos, Abhik Banerjee and Prem Prakash Jayaraman, Digital Twins Supporting Efficient Digital Industrial Transformation, Department of Computer Science and Software Engineering, Swinburne University of Technology, Hawthorn 3122, Australia, *Sensors* 2021, *21*(20), 6829; <https://doi.org/10.3390/s21206829>

Dmitry Ivanov & Alexandre Dolgui (2021) A digital supply chain twin for managing the disruption risks and resilience in the era of Industry 4.0, *Production Planning & Control*, 32:9, 775-788, DOI: 10.1080/09537287.2020.1768450

Grieves, M. e Vickers, J. (2017), “Digital twin: Atenuando o Comportamento Emergente Imprevisível e Indesejável em Sistemas Complexos”, In: Kahlen, J., Flumerfelt, S. e Alves, A. (Eds.), *Perspectivas Transdisciplinares em Sistemas Complexos*, Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4

Grieves, M., Vickers, J. (2017). Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: Kahlen, J., Flumerfelt, S., Alves, A. (eds) *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*. Springer, Cham. https://doi.org.ez433.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-319-38756-7_4

Gruender, W.T. (2017). Systems Engineering Requires Digital Twins of Machine Elements. In: Chiru, A., Ispas, N. (eds) *CONAT 2016 International Congress of Automotive and Transport Engineering*. CONAT 2016. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45447-4_26

Kaishu Xia, Christopher Sacco, Max Kirkpatrick, Clint Saïdy, Lam Nguyen, Anil Kircaliali, Ramy Harik, A digital twin to train deep reinforcement learning agent for smart manufacturing plants: Environment, interfaces and intelligence, *Journal of Manufacturing Systems*, Volume 58, Part B, 2021, Pages 210-230, ISSN 0278-6125, <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.06.012>.

Lennart Ante, Digital twin technology for smart manufacturing and industry 4.0: A bibliometric analysis of the intellectual structure of the research discourse, *Manufacturing Letters*, Volume 27, 2021, Pages 96-102, ISSN 2213-8463, <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2021.01.003>.

Neckenich, J., Winter, R. e Vielhaber, M. (2015), “Apoio Digital ao desenvolvimento de cablagens (Baseado em o Método Mestre 3D)”, *Anais do ICED15 / Conferência*

Internacional sobre Projeto de Engenharia, Milão, Itália, 27 a 30 de julho de 2015, págs. 1-10.

Radanliev, P., De Roure, D., Nicolescu, R. et al. Digital twins: artificial intelligence and the IoT cyber-physical systems in Industry 4.0. *Int J Intell Robot Appl* 6, 171–185 (2022). <https://doi-org.ez433.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s41315-021-00180-5>

Rožanec JM, Kažič B, Škrjanc M, Fortuna B, Mladenčić D. Automotive OEM Demand Forecasting: A Comparative Study of Forecasting Algorithms and Strategies. *Applied Sciences*. 2021; 11(15):6787. <https://doi.org/10.3390/app11156787>

Suriyan Anandavel, Wei Li, Akhil Garg, Liang Gao, Application of digital twins to the product lifecycle management of battery packs of electric vehicles, *IET Collab Intel Manufact*, 2021, DOI: 10.1049/cim2.12028

Wang, L., Liu, Z., Liu, A. et al. Artificial intelligence in product lifecycle management. *Int J Adv Manuf Technol* 114, 771–796 (2021). <https://doi-org.ez433.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00170-021-06882-1>

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo