

Aurum
EDITORA

ENTRE ÁREAS E SABERES:

ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES

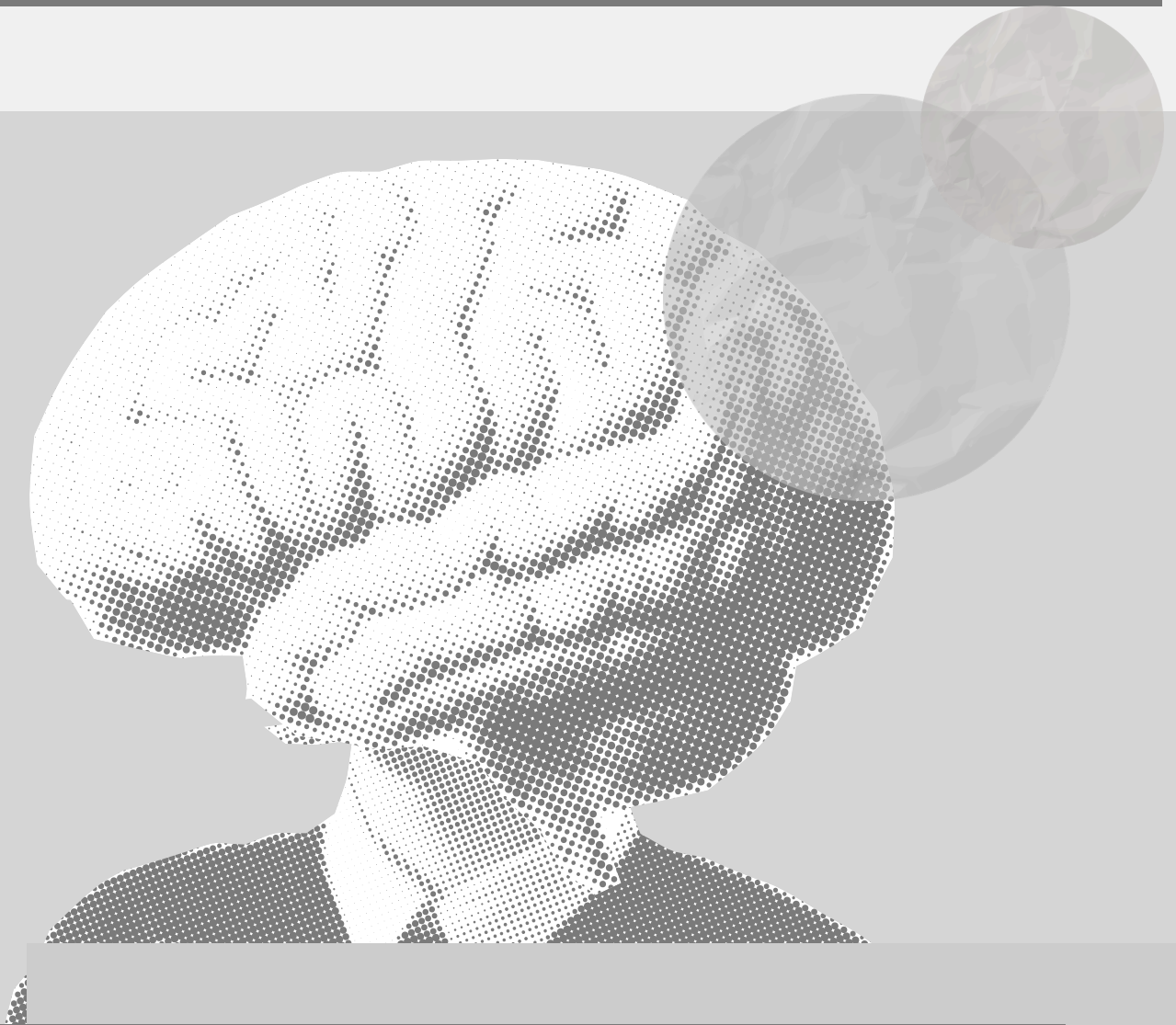


ORGANIZAÇÃO
AURUM EDITORA

Aurum
EDITORA

ENTRE ÁREAS E SABERES:

ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES



ORGANIZAÇÃO
AURUM EDITORA

AURUM EDITORA LTDA - 2025

Curitiba – Paraná - Brasil

EDITOR CHEFE

Lucas Gabriel Vieira Ewers

ORGANIZADOR DO LIVRO

Aurum Editora Ltda

EDIÇÃO DE TEXTO

Stefanie Vitoria Garcia de Bastos

EDIÇÃO DE ARTE

Aurum Editora Ltda

IMAGENS DA CAPA

Freepik, Canva.

BIBLIOTECÁRIA

Maria Alice Ferreira

ÁREA DE CONHECIMENTO

Multidisciplinar

A responsabilidade pelo conteúdo, precisão e veracidade dos dados apresentados neste texto é inteiramente do autor, não refletindo necessariamente a posição oficial da Editora. O trabalho pode ser baixado e compartilhado, desde que o crédito seja dado ao autor, mas não é permitida a modificação do conteúdo de qualquer forma ou seu uso para fins comerciais.

Todos os manuscritos passaram por uma avaliação cega por pares, realizada pelos membros do Conselho Editorial, e foram aprovados para publicação com base em critérios de imparcialidade e objetividade acadêmica.

A Aurum Editora se compromete a manter a integridade editorial em todas as fases do processo de publicação, prevenindo plágio, dados ou resultados fraudulentos, e assegurando que interesses financeiros não afetem os padrões éticos da publicação. Qualquer suspeita de má conduta científica será verificada com atenção aos princípios éticos e acadêmicos.

Copyright © Aurum Editora Ltda

Texto Copyright © 2025 Os Autores

Edição Copyright © 2025 Aurum Editora Ltda



Este trabalho está licenciado sob uma licença Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

CORPO EDITORIAL

- Adriano Rosa da Silva - Mestre em História Social pela Universidade Federal Fluminense
- Alessandro Sathler Leal da Silva - Doutor em Educação pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- Alex Lourenço dos Santos - Doutorando em Geografia pela Universidade Federal de Catalão
- Ayla de Jesus Moura - Mestra em Educação Física pela Universidade Federal do Vale do São Francisco
- Camila Aparecida da Silva Albach - Doutoranda em Ciências Sociais Aplicadas pela Universidade Estadual de Ponta Grossa
- Carina Mandler Schmidmeier - Mestranda em Direito pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná
- Carolline Nunes Lopes - Mestra em Psicologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Daniel da Rocha Silva - Mestre em Letras pela Universidade Federal de Sergipe
- Daniel Rodrigues de Lima - Mestre em História pela Universidade Federal do Amazonas.
- Fabio José Antonio da Silva - Doutor em Educação Física pela Universidade Estadual de Londrina.
- Fabricio do Nascimento Moreira - Doutorando em Administração pela Universidade Federal do Rio de Janeiro
- Felipe Antônio da Silva - Graduado em Direito pelo Centro Universitário Unihorizontes
- Francisco Welton Machado - Editor Independente - Graduado em Geografia pela Universidade Estadual do Piauí
- Gabriella de Moraes - Doutora em Direito pela Universidade Federal de Minas Gerais
- Gleyson Martins Magalhães Reymão - Mestre Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pelo Instituto Federal do Pará
- Gustavo Boni Minetto - Mestrando em Educação, Linguagens e Tecnologia pela Universidade Estadual de Goiás
- João Vitor Silva Almeida - Graduado em Gestão de Cooperativas pela Universidade Federal do Tocantins
- José Bruno Martins Leão - Doutor em Sistema Constitucional de Garantia de Direitos pela Instituição Toledo de Ensino
- José Cláudio da Silva Júnior - Mestrando em Ciências da Saúde pela Universidade de Pernambuco
- José Leonardo Diniz de Melo Santos - Mestre em Educação, Culturas e Identidades pela Universidade Federal Rural de Pernambuco

José Marciel Araújo Porcino - Graduado em Pedagogia pela Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Brasil.

José Neto de Oliveira Felipe - Doutorando em Ensino de Ciências Exatas - PPGECE - Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, UNIVATES, Brasil.

Luan Brenner da Costa - Editor Independente - Graduado em Enfermagem pela Fundação Herminio Ometto

Lucas Matheus Araujo Bicalho - Mestrando em Historia pela Universidade Estadual de Montes Claros, UNIMONTES, Brasil.

Luciano Victor da Silva Santos - Mestrando em Hotelaria e Turismo pela Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Brasil.

Luzia Eleonora Rohr Balaj - Doutoranda em Música pela Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Magno Fernando Almeida Nazaré - Mestre em Educação Profissional e Tecnológica pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

Maickon Willian de Freitas - Mestre em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Maikon Luiz Mirkoski - Mestre Profissional em Matemática em Rede Nacional pela Universidade Estadual de Ponta Grossa

Mailson Moreira dos Santos Gama - Doutorando em História pela Universidade Federal de Minas Gerais

Marcela da Silva Melo - Mestre em Avaliação de Políticas Públicas pela Universidade Federal do Ceará

Marcos Scarpioni - Doutorando em Ciência da Religião pela Universidade Federal de Juiz de Fora

Marilha da Silva Bastos - Mestranda em Educação Brasileira pela Universidade Federal do Ceará

Mario Marcos Lopes - Doutorando em Educação pela Universidade Federal de São Carlos

Mirna Liz da Cruz - Editora Independente - Graduada em Odontologia pela Universidade Federal de Goiás

Newton Ataíde Meira - Mestrando em Desenvolvimento Social pela Universidade Estadual de Montes Claros

Plinio da Silva Andrade - Mestrando em Ciências da Educação pela Universidade Leonardo Da Vinci

Priscila da Silva de Souza Bertotti - Editora Independente - Graduada em Biomedicina pelo Centro Universitário UniOpet

Rafael José Kraisch - Doutorando em Neurociências pela Universidade Federal de Santa Catarina

Ryan Dutra Rodrigues - Editor Independente - Graduado em Psicologia pelo Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas

Salatiel Elias de Oliveira - Doutor em Apostilamento de Reconhecimento de Título pela Universidade do Oeste Paulista

Sebastião Lacerda de Lima Filho - Doutorando em Medicina Translacional pela Universidade Federal do Ceará

Silvio de Almeida Junior - Doutor em Promoção de Saúde pela Universidade de Franca

Swelen Freitas Gabarron Peralta - Doutoranda em Educação pela Universidade Tuiuti do Paraná

Talita Benedcta Santos Künast - Doutoranda em Biodiversidade e Biotecnologia pela Universidade Federal de Mato Grosso

Tályta Carine da Silva Saraiva - Mestra em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí

Thiago Giordano de Souza Siqueira - Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Thiago Silva Prado - Doutor em Educação pela Universidade Estadual de Maringá

Vinicius Valim Pereira - Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, UEM, Brasil.

Wilson Moura - Doutor em Psicologia pela Christian Business School

Yohans de Oliveira Esteves - Doutor em Psicologia pela Universidade Salgado de Oliveira

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

Entre áreas e saberes [livro eletrônico] :
estudos multidisciplinares / organização
Aurum Editora. -- 1. ed. -- Curitiba, PR :
Aurum Editora, 2026.
PDF

Vários autores.
Bibliografia
ISBN 978-65-83849-47-2

1. Artigos científicos - Coletâneas 2. Ciência
3. Conhecimento 4. Educação 5. Estudos científicos
6. Multidisciplinaridade 7. Pesquisa 8. Sociedade

26-332656.0

CDD-001.42

Índices para catálogo sistemático:

1. Artigos científicos : Coletâneas 001.42

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

Aurum Editora Ltda
CNPJ: 589029480001-12
contato@aurumeditora.com
(41) 98792-9544
Curitiba - Paraná

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Aurum Editora DECLARA, para fins de direitos, obrigações e aspectos legais ou metodológicos, que:

Esta publicação representa apenas uma transferência temporária dos direitos autorais, conferindo o direito de publicação e reprodução dos materiais. A Editora não assume responsabilidade pela autoria dos manuscritos publicados, conforme as disposições da Lei de Direitos Autorais (Lei 9610/98), do art. 184 do Código Penal e do art. 927 do Código Civil. O(s) autor(es) são exclusivamente responsáveis por garantir a conformidade com as questões de direitos autorais e outros aspectos legais, isentando a Editora de quaisquer responsabilidades civis, administrativas ou criminais que possam ocorrer.

Autoriza-se a **DIVULGAÇÃO DO TRABALHO** pelo(s) autor(es) em palestras, cursos, eventos, programas de mídia e televisão, desde que o devido reconhecimento da autoria e edição seja dado, sem fins comerciais, e que os **CRÉDITOS** à Aurum Editora sejam devidamente apresentados. A omissão ou exclusão dessas informações será de responsabilidade do(s) autor(es) e da editora.

Todos os e-books são de acesso aberto, portanto, não devem ser vendidos em sites, plataformas de comércio eletrônico ou qualquer outro meio, seja virtual ou físico. Assim, não há transferência de direitos autorais para os autores, uma vez que o formato não gera outros direitos além dos usos didáticos e publicitários da obra, a qual pode ser acessada a qualquer momento.

Todos os membros do Conselho Editorial atuam de forma voluntária, sendo graduados ou pós-graduados em suas respectivas áreas.

A Aurum Editora não autoriza a venda ou compartilhamento dos nomes, e-mails e quaisquer outros dados pessoais dos autores, exceto para a divulgação desta obra, em conformidade com o Marco Civil da Internet, a Lei Geral de Proteção de Dados e a Constituição da República Federativa.

DECLARAÇÃO DO AUTOR

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

Não possui nenhum interesse comercial que possa gerar conflito em relação ao conteúdo publicado;

Declara ter se envolvido ativamente na elaboração do manuscrito, preferencialmente nas seguintes etapas: Desenvolvimento do estudo, e/ou coleta de dados, e/ou análise e interpretação dos dados, redação do artigo ou revisão para garantir a relevância intelectual do material e aprovação final do manuscrito para envio;

Certifica que o texto publicado está completamente livre de dados falsificados ou resultados fraudulentos, bem como de falhas relacionadas à autoria;

Confirma que fez a citação correta e a devida referência a todos os dados e interpretações oriundas de outras pesquisas;

Reconhece que todas as fontes de financiamento que possam ter sido recebidas para a realização da pesquisa foram devidamente declaradas;

Autoriza a edição do trabalho, incluindo registros de catálogo, ISBN, DOI e outros indexadores, design gráfico e criação de capa, layout interno, além do lançamento e divulgação de acordo com os critérios estabelecidos pela Aurum Editora.

AUTORES



Abraham Lincoln Albuquerque Melo
Amauri Pereira de Souza
Augusto César Ferreira Monteiro
Bruna de Jesus Souza
Bruno Luiz Eleuterio Gurjão
Carina Barbosa Borges
Carla Micaela Ripke Ferreira
Cícera Evangelista da Silva Sousa
Creilson de Jesus Conceição
Danielle Marçal Vilameá de Souza
Diego Sebastian Carvalho de Souza
Eva Aparecida dos Santos Gonçalves
Fernanda Medeiros
Gabriela Camilly de Lima Nogueira
Hevelynn Franco Martins
Isadora Beatriz de Oliveira Souza
Isadora Sanches Scuisato
Ivanildo Gomes da Silva
João Paulo de Almeida Figueiredo
José Wilton de Almeida Júnior
Joseval Evangelista de J. Oliveira Filho
Julia Graziella Costa Vidal
Kayo Armando Alves Guimarães
Liliany Mara Silva Carvalho
Lívia Rodrigues dos Santos
Lourdes Fernanda Godinho
Luana Gabrielly Onishi Saito
Luciana Tonette Zavarize
Luiz Carlos do Nascimento Borges
Maria Fernanda Miriani Vignoto
Mario Augusto Tremante
Mauricio Naoki Tago
Natália Cristina da Silva
Nídia Nascimento Morais
Oscar Ferreira da Silva Netto
Oscar Oliveira Santos
Paulo Henrique da Cruz Ferreira
Rafael de Paula Valença
Ricardo Augusto Teixeira Costa
Ricardo José Pereira Costa
Rose Cristina Veiga
Taysa Sant Ana Ferreira
Telmo Rosa Nogueira
Thaylyze Andriele Alves Bastos
Thiago Sebastian Carvalho de Souza
Valéria da Silva Baracho
Wendeson Cordeiro dos Santos

SUMÁRIO

Capítulo 1

ESTRATIFICAÇÃO DE IDOSOS NA ESF VILA ANÁLIA II (MONTES CLAROS-MG): PLANO DE INTERVENÇÃO COM APLICAÇÃO DO IVCF-20

Luciana Tonette Zavarize, Valéria da Silva Baracho, Lilianny Mara Silva Carvalho, Carina Barbosa Borges, Lourdes Fernanda Godinho, Natália Cristina da Silva, Taysa Sant Ana Ferreira e Paulo Henrique da Cruz Ferreira.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-001>

.....1-9

Capítulo 2

QUIESCÊNCIA EM *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE): FUNDAMENTOS ADAPTATIVOS E IMPLICAÇÕES REDOX

Amauri Pereira de Souza.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-002>

.....10-17

Capítulo 3

ALTERNATIVAS À CLORAÇÃO CONVENCIONAL EM ETAS DE MÉDIO PORTE UMA ANÁLISE COMPARATIVA

Ricardo Augusto Teixeira Costa, Diego Sebastian Carvalho de Souza, Thiago Sebastian Carvalho de Souza e Danielle Marçal Vilameá de Souza.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-003>

.....18-29

Capítulo 4

CONCRETO REFORÇADO COM MACROFIBRAS SINTÉTICAS: CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E PROPRIEDADES MECÂNICAS

João Paulo de Almeida Figueiredo, Diego Sebastian Carvalho de Souza, Thiago Sebastian Carvalho de Souza e Danielle Marçal Vilameá de Souza.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-004>

.....30-39

Capítulo 5

TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO NO TRANSPORTE URBANO DESAFIOS E OPORTUNIDADES EM CORREDORES BRT

Diego Sebastian Carvalho de Souza, Ricardo José Pereira Costa, João Paulo de Almeida Figueiredo, Thiago Sebastian Carvalho de Souza, Ricardo Augusto Teixeira Costa, Danielle Marçal Vilameá de Souza e Julia Graziella Costa Vidal.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-005>

.....40-65

Capítulo 6

USO DE MACROFIBRAS SINTÉTICAS EM PISOS INDUSTRIAIS: DESEMPENHO ESTRUTURAL, EXECUÇÃO E VIABILIDADE TÉCNICA

João Paulo de Almeida Figueiredo, Diego Sebastian Carvalho de Souza, Thiago Sebastian Carvalho de Souza e Danielle Marçal Vilameá de Souza.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-006>

.....66-76

Capítulo 7

O PAPEL DO MÉDICO VETERINÁRIO NA CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS

Mario Augusto Tremante.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-007>

.....77-85

Capítulo 8

PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA: INTERFERÊNCIA NA PULVERIZAÇÃO AGRÍCOLA

Bruna de Jesus Souza, Carla Micaela Ripke Ferreira, Luana Gabrielly Onishi Saito, Isadora Sanches Scuisato, Mauricio Naoki Tago, Augusto César Ferreira Monteiro, Fernanda Medeiros, Maria Fernanda Miriani Vignoto e Oscar Oliveira Santos.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-008>

.....86-96

Capítulo 9

O USO DO ROBLOX NA EDUCAÇÃO ESCOLAR E SUAS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES NO DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES

Eva Aparecida dos Santos Gonçalves, Hevelynn Franco Martins, Cícera Evangelista da Silva Sousa, Telmo Rosa Nogueira, Creilson de Jesus Conceição, Rose Cristina Veiga, Kayo Armando Alves Guimarães, José Wilton de Almeida Júnior, Oscar Ferreira da Silva Netto, Nídia Nascimento Morais, Luiz Carlos do Nascimento Borges e Ivanildo Gomes da Silva.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-009>

.....97-107

Capítulo 10

AS CONEXÕES NO ÂMBITO DA MOTRICIDADE ORAL E VOZ

Joseval Evangelista de J. Oliveira Filho.



  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-010>

.....108-116

Capítulo 11

OBESIDADE EM CÃES CASTRADOS: REPERCUSSÕES ENDÓCRINO-METABÓLICAS E FATORES DE RISCO ASSOCIADOS


Gabriela Camilly de Lima Nogueira, Rafael de Paula Valença, Lívia Rodrigues dos Santos, Wendeson Cordeiro dos Santos, Bruno Luiz Eleuterio Gurjão, Isadora Beatriz de Oliveira Souza, Abraham Lincoln Albuquerque Melo e Thaylyze Andriele Alves Bastos.

  <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-011>

.....117-128

ESTRATIFICAÇÃO DE IDOSOS NA ESF VILA ANÁLIA II (MONTES CLAROS-MG): PLANO DE INTERVENÇÃO COM APLICAÇÃO DO IVCF-20

STRATIFICATION OF OLDER ADULTS IN THE VILA ANÁLIA II FAMILY HEALTH STRATEGY (MONTES CLAROS, MG): INTERVENTION PLAN USING THE IVCF-20

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-001>

Luciana Tonette Zavarize

Médica, Especialista em Medicina de Família e Comunidade
Universidade Federal de Minas Gerais
E-mail: lucianatz@gmail.com

Valéria da Silva Baracho

Enfermeira, Doutora em Ciências da Saúde
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
E-mail: valeria.baracho@ufvjm.edu.br

Liliany Mara Silva Carvalho

Psicóloga, Doutora em Saúde Coletiva
Fundação Oswaldo Cruz (Minas Gerais)
E-mail: dra.carvalholiliany@gmail.com

Carina Barbosa Borges

Enfermeira, Mestranda pelo Programa de Pós-graduação em Reabilitação e Desempenho Funcional
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
E-mail: carina.borges@ufvjm.edu.br

Lourdes Fernanda Godinho

Enfermeira, Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
E-mail: lourdes.godinho@ufvjm.edu.br

Natália Cristina da Silva

Enfermeira, Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
E-mail: silva.natalia@ufvjm.edu.br

Taysa Sant Ana Ferreira

Enfermeira, Mestre em Ensino em Saúde
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
E-mail: taysa.sf@hotmail.com

Paulo Henrique da Cruz Ferreira

Enfermeiro, Doutor em Ciências da Saúde
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
E-mail: paulo.ferreira@ufvjm.edu.br

RESUMO

O acelerado envelhecimento populacional no Brasil, com mais de 32 milhões de idosos, representa um crescente desafio para a Atenção Primária em Saúde (APS), especialmente no enfrentamento das doenças crônicas não transmissíveis. Na ESF Vila Anália II, em Montes Claros-MG, que atende cerca de 400 idosos, identificou-se como problema prioritário a alta concentração de idosos com doenças crônicas sem acompanhamento adequado, resultando em descompensações e grande demanda assistencial. O nó crítico definido foi a ausência de triagem e estratificação de risco da população idosa. Diante disso, este Plano de Intervenção propõe a estratificação de 100% dos idosos cadastrados por meio da aplicação do Índice de Vulnerabilidade Clínico-Funcional (IVCF-20), uma ferramenta validada e de fácil uso na APS, com o objetivo de reorientar o cuidado e melhorar a assistência. As ações estratégicas incluem capacitação da equipe, coleta de dados e registro das informações, triagem e classificação dos idosos em robustos, pré-frágeis ou frágeis, e implementação de planos de cuidado direcionados, como o acompanhamento periódico e o encaminhamento prioritário dos idosos frágeis para a Avaliação Geriátrica Ampla (AGA). Os resultados esperados são a identificação precoce da fragilidade e riscos de declínio funcional, a melhoria da assistência e a redução de desfechos adversos, como hospitalizações evitáveis, quedas e perda da autonomia, promovendo maior resolutividade e eficiência do serviço.

Palavras-chave: Idoso; Saúde do idoso; Assistência a idosos; Serviços de saúde para idosos.

ABSTRACT

The accelerated aging of the population in Brazil, with more than 32 million elderly people, represents a growing challenge for Primary Health Care (PHC), especially in combating chronic non-communicable diseases. At the ESF Vila Anália II, in Montes Claros-MG, which serves around 400 elderly people, the high concentration of elderly people with chronic diseases without adequate monitoring was identified as a priority problem, resulting in decompensation and a high demand for care. The critical issue defined was the lack of screening and risk stratification of the elderly population. Given this, this Intervention Plan proposes the stratification of 100% of registered elderly people through the application of the Clinical-Functional Vulnerability Index (IVCF-20), a validated and easy-to-use tool in PHC, with the aim of reorienting care and improving assistance. Strategic actions include team training, data collection and recording of information, screening and classification of elderly people into robust, pre-frail or frail, and implementation of targeted care plans, such as periodic monitoring and priority referral of frail elderly people for the Comprehensive Geriatric Assessment (AGA). The expected results are the early identification of frailty and risks of functional decline, the improvement of care and the reduction of adverse

outcomes, such as avoidable hospitalizations, falls and loss of autonomy, promoting greater resolution and efficiency of the service.

Keywords: Elderly; Elderly health; Elderly care; Health services for the elderly.

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional configura-se como um fenômeno global acelerado, com importantes repercussões para os sistemas de saúde. No Brasil, esse processo já se apresenta de forma expressiva, conforme dados do Censo Demográfico de 2022, que indicam que a população com 60 anos ou mais ultrapassa 32 milhões de pessoas, correspondendo a mais de 15% da população nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023). Essa transição demográfica ocorre de maneira concomitante à transição epidemiológica, caracterizada pelo predomínio das doenças crônicas não transmissíveis, que passam a representar elevado impacto na morbimortalidade e impõem desafios crescentes ao Sistema Único de Saúde (SUS), especialmente no âmbito da Atenção Primária à Saúde (APS) (Moraes, 2009; Mendes, 2011).

Nesse contexto, a APS assume papel estratégico na organização do cuidado à população idosa, por ser a principal porta de entrada do sistema e responsável pelo acompanhamento longitudinal, prevenção de agravos e promoção da saúde. O município de Montes Claros, localizado no norte de Minas Gerais, destaca-se como polo regional de referência em saúde, educação e comércio, atendendo também a população de diversos municípios vizinhos. Apesar de contar com uma rede de atenção estruturada nos níveis primário, secundário e terciário, o município enfrenta desafios relacionados à elevada demanda assistencial e às vulnerabilidades socioeconômicas presentes em determinados territórios.

A Atenção Primária em Montes Claros apresenta cobertura ampliada por meio das Equipes de Saúde da Família (ESF), considerando que o município foi um dos pioneiros na implantação do Programa de Saúde da Família, desenvolvido pelo Ministério da Saúde com o objetivo de reorganizar o modelo assistencial no país (Brasil, 1997). Entretanto, em áreas periféricas, como a abrangência da ESF Vila Anália II, observa-se expressivo contingente de idosos com doenças crônicas não transmissíveis e histórico de descontinuidade do acompanhamento clínico, o que favorece a ocorrência de descompensações, hospitalizações evitáveis, perda de autonomia e declínio da capacidade funcional.

Diante desse cenário, torna-se essencial a adoção de estratégias que permitam identificar precocemente as vulnerabilidades e estratificar os idosos conforme seu grau de risco. O Índice de Vulnerabilidade Clínico-Funcional (IVCF-20) destaca-se como instrumento validado, de fácil aplicação na APS e eficaz para o reconhecimento da fragilidade, auxiliando no planejamento do cuidado, na definição

de prioridades assistenciais e na articulação com outros pontos da Rede de Atenção à Saúde (Conselho Nacional de Secretários de Saúde, 2023; Italiano *et al.*, 2023; Viana *et al.*, 2025).

Nesse sentido, o presente estudo propõe a elaboração de um plano de intervenção voltado à estratificação dos idosos cadastrados na ESF Vila Anália II, por meio da aplicação do IVCF-20, com o objetivo de reorientar o cuidado, qualificar a assistência prestada e contribuir para a promoção da saúde e da qualidade de vida da população idosa no território.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho consiste em um plano de intervenção que será implementado na Equipe de Saúde da Família (ESF) Vila Anália II, localizada no município de Montes Claros-MG. O estudo tem como objetivo a estratificação dos idosos cadastrados na unidade de saúde, por meio da aplicação do Instrumento de Vulnerabilidade Clínico-Funcional (IVCF-20), visando a reorganização do cuidado e a melhoria da assistência prestada a essa população.

2.1 DELINEAMENTO DO PROBLEMA E REVISÃO DA LITERATURA

Para a definição do problema prioritário (nó crítico) que norteou este Plano de Intervenção, foi realizado um diagnóstico situacional em reunião de equipe. Para tal, foi utilizado o método do Planejamento, Avaliação e Programação em Saúde (Faria, 2017), através da Estimativa Rápida. As informações foram obtidas através dos relatórios gerados pelo Sistema de Informação em Saúde para a Atenção Básica (SISAB) e diálogos com a equipe de saúde. O nó crítico identificado foi a grande concentração de idosos com doenças crônicas não acompanhadas, o que justificou a escolha da intervenção proposta. Ademais, foi realizada revisão da literatura em revistas acadêmicas brasileiras indexadas na Biblioteca Virtual em Saúde e em periódicos internacionais indexados no PubMed, de modo a buscar evidências disponíveis sobre o tema em questão, embasando a escolha do IVCF-20 como ferramenta de intervenção.

2.2 LOCAL

A intervenção será realizada na ESF Vila Anália II, que abrange os bairros Vila Anália, Camilo Prates e Novo Delfino, em Montes Claros/MG. O questionário será aplicado na própria UBS e nas residências (durante visitas domiciliares).

2.3 PARTICIPANTES

Os participantes que aplicarão o questionário e executarão o plano fazem parte da equipe multiprofissional da ESF, composta por médica, enfermeira, técnica de enfermagem, dentista e agentes

comunitários de saúde (ACS). A população a ser avaliada será constituída por todos os idosos (com 60 anos ou mais) cadastrados e residentes na área de abrangência da unidade.

2.4 PLANO DE INTERVENÇÃO

O problema priorizado foi a grande concentração de idosos com doenças crônicas não acompanhadas, os quais estão recebendo um tratamento genérico, com risco de complicações, internações evitáveis, perda de autonomia e de capacidade funcional. O diagnóstico situacional e a experiência da equipe apontam que o modelo de assistência atual na ESF Vila Anália II é predominantemente centrado na demanda espontânea e nas agudizações das doenças de base. A população idosa é bastante heterogênea em termos de saúde e funcionalidade, mas o atual modelo de trabalho não diferencia as categorias de risco (frágil, pré-frágil, robusto) e isso impede a alocação eficiente dos recursos da equipe, resultando em acompanhamento inadequado ou insuficiente para o grupo de maior fragilidade, o que sustenta o ciclo de descompensação de doenças, perda funcional e busca indevida por serviços de urgência e emergência.

O nó crítico selecionado é a ausência de triagem e estratificação de risco da população idosa, dificultando um planejamento de cuidado direcionado. Isso retarda a oportuna identificação dos idosos de maior risco (pré-frágeis e frágeis), além da reorganização da agenda de acompanhamento e do fluxo de encaminhamentos para o nível secundário, impactando diretamente a continuidade do cuidado.

O Desenho das Operações sobre o nó crítico, utilizando o método do Planejamento Estratégico Simplificado, está detalhado a seguir:

Nó crítico: Ausência de triagem e estratificação de risco da população idosa.

Operações: As ações estratégicas serão organizadas em cinco etapas, visando a implementação efetiva e a avaliação dos resultados do plano de intervenção:

- **Etapa 1** - Planejamento e Capacitação da Equipe (mês 1): Capacitação Teórica: A equipe receberá capacitação sobre os conceitos de fragilidade, vulnerabilidade clínicofuncional e a importância da avaliação multidimensional na APS. Capacitação Prática: A equipe será treinada para a correta aplicação do IVCF-20, com simulações de casos, se necessário.
- **Etapa 2** - Execução e Coleta de Dados (mês 2 e 3): Aplicação do Questionário: A equipe, devidamente capacitada, iniciará a aplicação do IVCF-20 em todos os idosos cadastrados no território. A aplicação será realizada durante visitas domiciliares e em atendimentos na própria unidade, aproveitando a rotina da ESF.
- **Etapa 3** - Registro das informações / Criação do Banco de Dados (mês 3 e 4): Os dados coletados serão registrados em uma planilha digital (Google Sheets) compartilhada com a equipe via Drive da UBS, garantindo a organização, atualização em tempo real e a segurança das informações.

- **Etapa 4** - Avaliação e Classificação dos Idosos (mês 4): Análise dos Dados: A médica e a enfermeira analisarão os dados coletados para classificar os idosos em robustos, pré-frágeis e frágeis, conforme a pontuação do IVCF-20.
- **Etapa 5** - Triagem e Plano de Ação (meses 5 e 6).

Projeto: A partir da estratificação, será definido o plano de cuidado:

- **Idosos Robustos:** manterão o acompanhamento de rotina na UBS, com consultas e exames de rotina periódicos.
- **Idosos Pré-frágeis:** serão programadas consultas de acompanhamento de comorbidades, revisão de medicamentos, incentivo à participação em grupos e atividades de promoção da saúde.
- **Idosos Frágeis:** será priorizado o encaminhamento para a realização de Avaliação Geriátrica Ampla (AGA) e serão desenvolvidos planos de cuidado individualizados.

Recursos necessários:

- Cognitivo: Material de apoio (Manuais do IVCF-20 e Nota Técnica MS), experiência da equipe na atenção primária.
- Financeiro: Recursos próprios da UBS para reuniões de equipe e impressão de material.
- Político: Apoio da gestão municipal e do Programa Saúde na Hora para o tempo estendido e organização do trabalho.

Viabilidade do plano - recursos críticos:

- Cognitivo: Recursos humanos: Será necessário disponibilidade e engajamento da equipe multiprofissional (Médica, Enfermeira, Técnica de Enfermagem, ACSs) para participar do treinamento e aplicar o instrumento na rotina de trabalho. Recursos materiais: Instrumento IVCF-20 (impresso ou digital) padronizado; Sistema de ferramenta digital (planilha eletrônica - Google Sheets) para o registro, processamento e estratificação de dados.
- Político: Fluxo formal de encaminhamento estabelecido entre a APS e a Atenção Secundária (Serviço de Geriatria vinculado ao Centro Mais Vida de Referência em Assistência ao Idoso Eny Faria de Oliveira - Crasi), garantindo a referência para os idosos frágeis identificados.
- Financeiro: Orçamento operacional mínimo para a impressão dos questionários e material de apoio para a capacitação inicial.

Controle dos recursos críticos - ações estratégicas:

- Cognitivo: Recursos humanos - Responsável: Médica e Enfermeira. Ação Estratégica: Realizar reunião de pactuação com a equipe, definindo metas claras e alocando um período semanal fixo na agenda de trabalho para a aplicação do IVCF-20. Justificativa: Garantir que o plano seja incorporado ao fluxo de trabalho sem sobrecarga excessiva. Recursos materiais - Responsável: Enfermeira e Técnica de Enfermagem. Ação Estratégica: Padronizar o uso de uma planilha

eletrônica compartilhada (Google Sheets) para registro imediato dos resultados do IVCF-20, facilitando a visualização e a estratificação de risco em tempo real. Justificativa: Assegurar a integridade e a rastreabilidade dos dados para a tomada de decisão.

- Político: Responsável: Médica, com apoio da gerência da UBS. Ação Estratégica: Apresentar o projeto à gestão municipal e ao setor de regulação da secretaria de saúde, solicitando formalmente a criação de um padrão de contrarreferência para os pacientes que forem submetidos à Avaliação Geriátrica Ampla (AGA) na atenção secundária. Justificativa: Garantir a continuidade do cuidado, reforçando a intersetorialidade, um pilar fundamental da APS.

Acompanhamento do plano - responsáveis e prazos:

Capacitação Teórica e Prática do IVCF-20: Médica e Enfermeira - Mês 1.

Aplicação do IVCF-20 (100% dos idosos): ACS, Técnica de Enfermagem, Enfermeira, Médica - Meses 2 e 3.

Criação e alimentação do Banco de Dados: ACS, Técnica de Enfermagem, Enfermeira, Médica - Meses 3 e 4.

Análise de Dados e Classificação: Médica e Enfermeira - Mês 4.

Plano de Ação e Início das Intervenções: Toda a Equipe - Meses 5 e 6.

Gestão do plano - monitoramento e avaliação das ações:

- Indicadores de Monitoramento (Processo):

- Percentual de idosos estratificados;
- Percentual de idosos frágeis encaminhados para AGA;
- Aumento do número de consultas programadas (comparação do número de consultas programadas antes e depois do plano de intervenção);
- Taxa de Adesão aos Grupos de Cuidado (Intersetorialidade);
- Proporção de Idosos Frágeis com Plano de Cuidado Individualizado (PCI) Registrado.

- Indicadores de Avaliação (Resultado):

- Taxa de Hospitalizações Evitáveis em idosos: espera-se uma redução de 10% no primeiro ano após a intervenção;
- Taxa de Quedas em idosos Frágeis: Redução no número de quedas
- Melhora na Cobertura de Acompanhamento das Comorbidades: Comparação do percentual de idosos com doenças crônicas com acompanhamento regular antes e depois da intervenção (revisão de medicamentos e exames atualizados);
- Uso de Serviços de Urgência e Emergência: espera-se redução no número de atendimentos de urgência (não relacionados a trauma) por idosos da área.

3 RESULTADOS ESPERADOS

A implementação deste projeto de intervenção objetiva alcançar os seguintes resultados:

- Estratificação de 100% da população idosa, de forma a mapear o perfil de fragilidade dos quase 400 idosos cadastrados na área de abrangência da ESF Vila Anália II.
- Identificação precoce da fragilidade e vulnerabilidade dos idosos.
- Fornecimento de dados concretos para planejamento da equipe e organização do território, para definir prioridades de visitas domiciliares, de acompanhamento regular e de encaminhamento ao serviço especializado quando necessário.
- Otimização do cuidado, direcionando o acompanhamento de acordo com o grau de vulnerabilidade/fragilidade e priorizando idosos frágeis e pré-frágeis, para garantir uma assistência mais resolutiva e eficiente.
- Melhoria da assistência, com um cuidado mais individualizado para a população idosa, focando na prevenção de agravos e na manutenção da capacidade funcional.
- Fortalecimento da assistência multiprofissional na ESF, capacitando toda a equipe para a identificação precoce de riscos e o desenvolvimento de planos de cuidado.
- Redução de eventos adversos, como quedas, hospitalizações evitáveis e outras complicações, melhorando a qualidade de vida dos idosos.
- Os dados levantados poderão ser utilizados em pesquisas e projetos na área, servindo como base para aprimoramento das políticas públicas locais.

A importância deste plano de intervenção está em seu potencial de transformar prática de assistência desenvolvida na ESF Vila Anália II, promovendo a transição de um modelo de cuidado predominantemente reativo às demandas agudas para uma abordagem proativa, preventiva e direcionada. A implementação do IVCF-20 pretende, além de melhorar a qualidade de vida dos idosos, aprimorar a qualidade do serviço, de modo a promover maior resolutividade e eficiência da assistência, podendo servir como modelo de gestão de cuidado no âmbito municipal.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho foi motivado pelo acelerado envelhecimento populacional e pela necessidade de reorganização do cuidado na ESF Vila Anália II. Portanto, representa um esforço para aprimorar a atenção à saúde da pessoa idosa na APS. A identificação do problema prioritário — a alta concentração de idosos com doenças crônicas sem acompanhamento adequado — impulsionou a escolha do Índice de Vulnerabilidade Clínico-Funcional (IVCF20) como ferramenta central, por se tratar de um instrumento de fácil aplicação e validado para a APS. Isso permitirá a estratificação de 100% dos idosos cadastrados, classificando-os em robustos, pré-frágeis e frágeis. Ao identificar as vulnerabilidades e riscos de forma

precoce, a equipe de saúde estará mais preparada para atuar na prevenção, promoção da saúde e manutenção da autonomia desses indivíduos.

O desenvolvimento dos objetivos propostos auxiliará na otimização da assistência, com alocação dos esforços de forma mais estratégica, priorizando os idosos mais vulneráveis. Espera-se que essa triagem oriente a individualização dos planos de cuidado — que incluem consultas programadas, revisão de medicamentos e, para os frágeis, o encaminhamento prioritário para a Avaliação Geriátrica Ampla (AGA). Para que essa gestão do cuidado seja completa e não se fragmente, a formalização do fluxo de contra referência da atenção secundária é fundamental, garantindo que as informações e recomendações do especialista retornem à ESF e reforcem a coordenação do cuidado pela atenção primária. Com isso, espera-se uma redução dos eventos adversos, como quedas e hospitalizações evitáveis, além da manutenção da autonomia desses idosos, contribuindo para um envelhecimento mais saudável e com mais qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério da Saúde. *Saúde da família: uma estratégia para a reorientação do modelo assistencial*. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 1997.

Brasil. Ministério da Saúde. *Portaria nº 2.528, de 19 de outubro de 2006*. Aprova a Política Nacional de Saúde da Pessoa Idosa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 2006. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2006/prt2528_19_10_2006.html.

Conselho Nacional de Secretários de Saúde (Conass). *Manual de avaliação multidimensional da pessoa idosa para a Atenção Primária à Saúde: aplicações do IVCF-20 e do ICOPE*. Brasília, DF: Conass, 2023.

Faria, H. P. *Planejamento, avaliação e programação das ações de saúde*. Belo Horizonte: Nescon/UFMG, 2017.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Número de pessoas com 65 anos ou mais cresceu 57,4% em 12 anos. *Agência IBGE Notícias*, Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38186-censo-2022-numero-de-pessoas-com-65-anos-ou-mais-de-idade-cresceu-57-4-em-12-anos>.


Italiano, N. B. C. et al. Aplicabilidade dos instrumentos Índice de Vulnerabilidade Clínico-Funcional-20 (IVCF-20) e Vulnerable Elders Survey (VES-13). *Revista Médica de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2238-3182.2023e33206>.

Mendes, Eugênio Vilaça. *As redes de atenção à saúde*. Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 2011.

Moraes, Edgar Nunes de. *Atenção à saúde do idoso: aspectos conceituais*. Brasília, DF: Organização Pan-Americana da Saúde, 2009.

QUIESCÊNCIA EM *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE): FUNDAMENTOS ADAPTATIVOS E IMPLICAÇÕES REDOX

QUIESCENCE IN *Aedes aegypti* (DIPTERA: CULICIDAE): ADAPTIVE FUNDAMENTALS AND REDOX IMPLICATIONS

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-002>

Mauro Pereira de Souza

Mestre em Bioquímica e Biologia Molecular

Instituição Acadêmica: Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB)

E-mail: mauro.souza@ufob.edu.br

LATTES: <https://lattes.cnpq.br/3018271127690836>

RESUMO

A quiescência embrionária em *Aedes aegypti* representa um mecanismo adaptativo fundamental que contribui para a persistência da espécie em ambientes caracterizados por elevada variabilidade climática e instabilidade ecológica. Neste capítulo, a quiescência é abordada sob uma perspectiva teórica e integrativa, sendo caracterizada como um estado fisiológico dinâmico, reversível e ambientalmente regulado, sustentado por modificações estruturais e por ajustes metabólicos e bioquímicos que favorecem a manutenção da integridade embrionária durante exposições prolongadas a condições adversas, particularmente à dessecação. São examinados aspectos ecológicos, e epidemiológicos associados a esse fenômeno, bem como suas implicações para a dinâmica populacional do vetor e para as limitações observadas nas estratégias convencionais de controle. Adicionalmente, o capítulo analisa a homeostase redox como um componente funcional relevante da adaptação associada à quiescência, enfatizando a atuação coordenada de sistemas antioxidantes enzimáticos e de vias metabólicas envolvidas na regulação do balanço entre a geração e a neutralização de espécies reativas de oxigênio. Reconhece-se, contudo, que a quiescência em artrópodes, incluindo *Aedes aegypti*, constitui um fenômeno biologicamente complexo e ainda incompletamente caracterizado, não sendo possível esgotar suas múltiplas dimensões em uma única abordagem conceitual. Nesse sentido, a articulação proposta neste capítulo oferece uma síntese interpretativa que contribui para a compreensão dos mecanismos centrais associados à sobrevivência embrionária, fornecendo subsídios teóricos para investigações futuras. Ao integrar evidências oriundas de diferentes domínios da biologia, o capítulo amplia a compreensão dos processos que sustentam a persistência de *Aedes aegypti* em ambientes naturais e antropizados, destacando a relevância da fase embrionária como elemento estruturante da dinâmica ecológica e epidemiológica do vetor.

Palavras-chave: Quiescência embrionária; *Aedes aegypti*; Homeostase redox; Adaptação fisiológica.

ABSTRACT

Embryonic quiescence in *Aedes aegypti* represents a fundamental adaptive mechanism that contributes to the species' persistence in environments characterized by high climatic variability and ecological instability. In this chapter, quiescence is addressed from a theoretical and integrative perspective, being characterized as a dynamic, reversible, and environmentally regulated physiological state, sustained by structural modifications and metabolic and biochemical adjustments that favor the maintenance of embryonic integrity during prolonged exposure to adverse conditions, particularly desiccation. Ecological and epidemiological aspects associated with this phenomenon are examined, as well as its implications for the vector's population dynamics and the limitations observed in conventional control strategies. Additionally, the chapter analyzes redox homeostasis as a relevant functional component of the adaptation associated with quiescence, emphasizing the coordinated action of enzymatic antioxidant systems and metabolic pathways involved in regulating the balance between the generation and neutralization of reactive oxygen species. It is recognized, however, that quiescence in arthropods, including *Aedes aegypti*, constitutes a biologically complex and still incompletely characterized phenomenon, and it is not possible to exhaust its multiple dimensions in a single conceptual approach. In this sense, the articulation proposed in this chapter offers an interpretative synthesis that contributes to the understanding of the central mechanisms associated with embryonic survival, providing theoretical support for future investigations. By integrating evidence from different domains of biology, the chapter broadens the understanding of the processes that sustain the persistence of *Aedes aegypti* in natural and anthropized environments, highlighting the relevance of the embryonic phase as a structuring element of the ecological and epidemiological dynamics of the vector.

Keywords: Embryonic quiescence; *Aedes aegypti*; Redox homeostasis; Physiological adaptation.

1 INTRODUÇÃO

1.1 QUIESCÊNCIA: FUNDAMENTOS DE UMA ESTRATÉGIA BIOLÓGICA ADAPTATIVA

O *Aedes aegypti* é um artrópode que ocupa posição central no cenário epidemiológico, atuando como vetor de arboviroses de grande impacto em saúde pública, como a dengue (DENV), zika (ZIKV), chikungunya (CHIKV) e a febre amarela urbana (FAU) (Oliva 2018). Amplamente distribuído em regiões tropicais e subtropicais do mundo, esse mosquito destaca-se não apenas por sua elevada competência vetorial, mas, sobretudo, pela complexidade de suas estratégias adaptativas frente a ambientes instáveis, fragmentados e frequentemente hostis (Zara et al., 2016).

A trajetória evolutiva do *A. aegypti* reforça essa interpretação. Estudos filogenéticos discutidos por Powell, Gloria-Soria e Kotsakiozi (2018) e por Soghigian e colaboradores (2020) demonstram que o grupo *Aegypti* apresenta uma história marcada por eventos de dispersão e adaptação a ambientes insulares e

continentais, nos quais a capacidade de tolerar variações ambientais extremas foi decisiva para sua sobrevivência. Nesse contexto, a introdução do mosquito nas Américas, descrita por Christophers (1960), não pode ser compreendida sem considerar o papel central dos ovos quiescentes, capazes de resistir à dessecação durante longos períodos de transporte passivo.

O ciclo de vida holometábolo do *A. aegypti* confere ao inseto elevada flexibilidade adaptativa, mas também impõe vulnerabilidades específicas em cada estágio de desenvolvimento. Conforme discutido por Santos (2016) e Amaral (2018), os estágios imaturos são particularmente dependentes de condições ambientais favoráveis, sobretudo disponibilidade hídrica e estabilidade térmica. Ainda assim, o estágio embrionário se destaca por apresentar uma solução evolutiva singular frente à imprevisibilidade ambiental: a quiescência.

A quiescência pode ser compreendida como um estado fisiológico reversível no qual o desenvolvimento embrionário é temporariamente interrompido em resposta direta a condições ambientais adversas, com destaque para a indisponibilidade hídrica. Diniz e colaboradores (2017) descrevem esse fenômeno como uma resposta predominantemente exógena, cuja ativação e reversão estão diretamente condicionadas às variações ambientais, diferenciando-se, assim, de estados de dormência regulados por programas endógenos rigidamente controlados. Nesse contexto, Oliva (2018) ressalta que a quiescência confere ao embrião elevada plasticidade fisiológica, possibilitando a retomada rápida do desenvolvimento assim que as condições ambientais se tornam favoráveis, sem a necessidade de longos períodos de reorganização metabólica.

Embora sua relevância ecológica e epidemiológica seja amplamente reconhecida, a quiescência ainda permanece relativamente pouco explorada sob uma perspectiva integrativa, especialmente em estudos que considerem cenários ambientalmente realistas. Frequentemente, esse estado é interpretado de forma simplificada, como uma condição passiva de latência metabólica. No entanto, evidências apontam que a quiescência deve ser compreendida como uma estratégia adaptativa complexa, profundamente incorporada à biologia de *A. aegypti* e fundamental para sua persistência em ambientes naturais e antropizados, onde as condições climáticas e ecológicas são altamente variáveis (Diniz et al., 2017).

Do ponto de vista ecológico, a quiescência constitui um dos principais mecanismos que permitem a permanência do inseto no ambiente durante períodos de instabilidade climática, atuando diretamente sobre o metabolismo embrionário e a manutenção da viabilidade dos ovos. O livro de Oliva (2018) destaca que, mesmo em áreas onde o vetor aparenta ter sido eliminado, a presença de ovos quiescentes no ambiente pode assegurar a rápida reemergência populacional quando as condições se tornam favoráveis. Esse aspecto impõe desafios significativos às estratégias de controle das arbovirose, ao evidenciar que ações focadas exclusivamente nas fases larval e adulta tendem a ser insuficientes diante da elevada resistência dos ovos.

Esse conjunto de evidências reforça que as estratégias de combate à dengue, zika, Chikungunya e febre amarela urbana não podem se limitar ao controle das fases larvais ou adultas, devendo considerar, de forma central, a elevada resistência dos ovos no ambiente. Em *A. aegypti*, a quiescência constitui um elemento-chave da estratégia de sobrevivência da espécie, permitindo que os ovos atravessem períodos prolongados de condições adversas, como seca e altas temperaturas, sem perda imediata de viabilidade. Estudos experimentais realizados em ambiente laboratorial indicam que esses ovos podem permanecer viáveis por intervalos de tempo notavelmente extensos, próximos a um ano e meio, retomando o desenvolvimento quando condições ambientais mais favoráveis são restabelecidas (Chen et al., 2012). Essa persistência silenciosa no ambiente evidencia que o sucesso populacional do mosquito não depende apenas de sua elevada capacidade reprodutiva, mas também de uma resiliência prolongada em estado latente, frequentemente invisível às estratégias tradicionais de controle vetorial.

2 HOMEOSTASE REDOX E ESTRESSE OXIDATIVO NA ADAPTAÇÃO ASSOCIADA À QUIESCÊNCIA

A manutenção da viabilidade embrionária durante períodos prolongados de quiescência impõe desafios fisiológicos consideráveis, especialmente no que diz respeito ao equilíbrio entre produção e neutralização de espécies reativas de oxigênio (ERO). Conforme estabelecido por Halliwell e Gutteridge (2015), o estado redox celular resulta de um balanço dinâmico entre processos oxidativos e sistemas antioxidantes, sendo essencial para a preservação da integridade estrutural e funcional das células.

Em insetos, o estresse oxidativo tem sido reconhecido como um fator central na resposta a condições ambientais adversas, incluindo dessecação, variações térmicas e exposição a xenobióticos (Felton; Summers, 1995). No contexto da quiescência, a redução do metabolismo não implica necessariamente na diminuição proporcional da produção de ERO, uma vez que processos residuais de respiração mitocondrial e reações redox não enzimáticas continuam a ocorrer.

Segundo Jena e colaboradores (2013), períodos de estresse prolongado tendem a promover o acúmulo gradual de danos oxidativos, afetando lipídios de membrana, proteínas estruturais e ácidos nucleicos. Em ovos de mosquitos, esse risco é parcialmente mitigado por adaptações estruturais, como o espessamento e a melanização do córion (Farnesi et al. (2015). Contudo, tais barreiras físicas são insuficientes sem o suporte de mecanismos bioquímicos internos capazes de modular o ambiente redox.

Farnesi e colaboradores (2017) destacam que a resistência à dessecação resulta da integração entre características morfológicas e respostas metabólicas, nas quais o sistema antioxidante desempenha papel central na manutenção da homeostase redox.

Nesse contexto, a superóxido dismutase (SOD) atua como a primeira linha de defesa antioxidante ao catalisar a dismutação do radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), uma espécie altamente reativa, convertendo-o em

peróxido de hidrogênio (H_2O_2), reduzindo assim a propagação de reações oxidativas em cadeia (Fridovich, 1995).

O H_2O_2 gerado pela ação da SOD, constitui-se uma espécie reativa de oxigênio com potencial oxidante e, quando acumulado, pode participar de reações de Fenton, culminando na formação do radical hidroxila ($\bullet OH$), uma das espécies reativas mais agressivas ao meio celular. Dessa forma, a remoção eficiente do H_2O_2 depende da atuação coordenada da catalase (CAT) e da glutathione peroxidase (GPx), enzimas responsáveis por metabolizá-lo em produtos menos reativos, como água (H_2O) e oxigênio (O_2) molecular, prevenindo indiretamente a geração do radical hidroxila (Ighodaro; Akinloye, 2018).

A eficiência desse sistema antioxidante está intimamente associada à disponibilidade de equivalentes redutores, especialmente da nicotinamida adenina dinucleotídeo fosfato reduzida (NADPH), essencial para a regeneração da glutathione reduzida (GSH) e para a manutenção do equilíbrio redox celular. Nesse contexto, a glicose-6-fosfato desidrogenase (G6PD) emerge como um componente estratégico da homeostase redox. Conforme discutido por Chen e colaboradores (2022) e Moraes (2023), a G6PD sustenta a regeneração da GSH, assegurando a funcionalidade do sistema antioxidante mesmo sob condições de estresse prolongado.

Adicionalmente, estudos em modelos animais submetidos a estados de dormência ou quiescência indicam a existência de um fenômeno adaptativo conhecido como “preparo para o estresse oxidativo”, no qual o aparato antioxidante é antecipadamente fortalecido para lidar com o aumento abrupto da produção de ERO durante a retomada do metabolismo ativo (Hermes-Lima et al., 2015; Moreira, 2017).

No *A. aegypti*, esse aspecto adquire relevância particular quando se considera que a eclosão larval e os estágios iniciais de desenvolvimento são acompanhados por intensa atividade metabólica, associada a profundas reorganizações fisiológicas e bioquímicas. Entretanto, conforme apontado na literatura, ainda são escassos os estudos que exploram de forma integrada como a experiência embrionária de quiescência pode influenciar a homeostase redox ao longo do desenvolvimento pós-embrionário, especialmente sob condições ambientais ecologicamente realistas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS: QUIESCÊNCIA COMO EIXO INTEGRADOR DO METABOLISMO REDOX E DA PERSISTÊNCIA VETORIAL

A análise conceitual da quiescência em *A. aegypti* evidencia que esse fenômeno representa muito mais do que uma simples interrupção do desenvolvimento embrionário. Trata-se de uma estratégia adaptativa complexa, sustentada por ajustes fisiológicos finos e por uma reorganização do metabolismo celular, particularmente no que se refere ao controle do estado redox.

Conforme argumentado por Diniz (2018) e Oliva (2018), ovos quiescentes funcionam como verdadeiros reservatórios ecológicos, permitindo que populações do vetor atravessem períodos prolongados

de adversidade ambiental e reapareçam rapidamente quando as condições se tornam favoráveis. Essa característica explica, em grande medida, a dificuldade histórica de erradicação do *A. aegypti*, mesmo diante de campanhas intensivas de controle.

A integração entre quiescência e homeostase redox sugere que a sobrevivência embrionária depende de um delicado equilíbrio entre contenção metabólica e preservação funcional. O fortalecimento dos sistemas antioxidantes durante a quiescência e sua possível repercussão nos estágios larvais subsequentes indicam que os efeitos desse estado fisiológico podem se estender ao longo do ciclo de vida, influenciando características como resistência a estressores químicos, desempenho fisiológico e potencial vetorial.

Bottino-Rojas et al. (2018) destacam que a resistência a inseticidas e outros xenobióticos não pode ser compreendida isoladamente, devendo ser analisada à luz da fisiologia redox e das experiências ambientais prévias do organismo. Nesse sentido, a quiescência emerge como um evento-chave, capaz de modular respostas futuras e conferir vantagens adaptativas duradouras.

Em síntese, a compreensão da quiescência como um estado fisiológico biologicamente ativo e dinâmico, intimamente associado ao metabolismo e à homeostase redox, amplia de forma significativa o entendimento dos mecanismos que sustentam a persistência do *A. aegypti* em ambientes adversos. Essa perspectiva desloca o enfoque do controle vetorial, tradicionalmente centrado nos estágios adultos, para processos fisiológicos precoces e menos evidentes, como aqueles que ocorrem nos ovos, nos quais a quiescência se manifesta de forma altamente dinâmica e responsiva às condições ambientais. Nesse sentido, o reconhecimento desse fenômeno reforça a necessidade de que estratégias de vigilância e controle considerem de maneira mais sistemática a fase embrionária do vetor, e não apenas os estágios pós-emergência, alinhando-se de forma mais eficaz à complexidade biológica e adaptativa da espécie.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. C. P. C. Criação em massa de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) para aplicação no controle vetorial autócida: validação de uma linhagem, otimização e planejamento. 2018. Tese (Doutorado em Ciências Biomédicas) – Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- BOTTINO-ROJAS, V.; TALYULI, O. A. C.; CARRARA, L.; et al. The redox-sensing gene Nrf2 affects intestinal homeostasis, insecticide resistance, and Zika virus susceptibility in the mosquito *Aedes aegypti*. *J Biol Chem*, 8 jun. 2018; 293(23):9053- 9063. doi: 10.1074/jbc.RA117.001589. Epub 23 abr. 2018. PMID: 29685890; PMCID: PMC5995510.
- CHEN, Po-Hsiang; TJONG, Wen-Ye; YANG, Hung-Chi; et al. Glucose-6-phosphate dehydrogenase, redox homeostasis and embryogenesis. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 4, p. 2017, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23042017>.

CHEN, T. H.; et al. “Additive protection by antioxidant and apoptosis-inhabiting effects on mosquito cells with dengue 2 virus infection.” *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 6, n. 4, e1613, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22530071/> Acesso em: 04 dez. 2025.

CHRISTOPHERS, S. R. *Aedes aegypti*: the yellow fever mosquito: its life history, bionomics and structure. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 750, 1960.

DINIZ, Diego Felipe Araújo; ALBUQUERQUE, Cleide Maria Ribeiro; OLIVA, Luciana Oliveira; et al. “Diapausa e quiescência: mecanismos de dormência que contribuem para a expansão geográfica dos mosquitos e seu sucesso evolutivo.” *Parasitas e Vetores*, [S.l.], v. 10, n. 310, 2017. Disponível em: <https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-017-2235-0>. Acesso em: 20 dez. 2025.

DINIZ, Diego Felipe. Avaliação da diapausa embrionária em populações naturais de *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. 2018. Tese (Doutorado) – Fundação Oswaldo Cruz. Disponível em: <https://www.cpqam.fiocruz.br/bibpdf/2018diniz-dfa.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

FARNESI, L. C.; et al. “Darker eggs of mosquitoes resist more to dry conditions: Melanin enhances serosal cuticle contribution in egg resistance to desiccation in *Aedes*, *Anopheles* and *Culex* vectors.” *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 11, n. 10, p. e0006063, 2017.

FARNESI, L. C.; et al. “Physical features and chitin content of eggs from the mosquito vectors *Aedes aegypti*, *Anopheles aquasalis* and *Culex quinquefasciatus*: Connection with distinct levels of resistance to desiccation.” *Journal of Insect Physiology*, v. 83, p. 43–52, 2015.

FELTON, G. W.; SUMMERS, C. B. “Antioxidant systems in insects.” *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, v. 29, n. 2, p. 187–197, 1995. DOI: 10.1002/arch.940290208.

FRIDOVICH, I. “Superoxide radical and superoxide dismutases.” *Annual Review of Biochemistry*, v. 64, p. 97–112, 1995. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7574505/>. Acesso em: 20 de dez. 2025.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. *Free Radicals in Biology and medicine*. Oxford: Oxford University Press, 2015.

HERMES-LIMA, Marcelo; MOREIRA, Daniel C.; RIVERA-INGRAHAM, Georgina A.; GIRAUD-BILLOUD, Maximiliano; GENARO-MATTOS, Thiago C.; CAMPOS, Élica G. **Preparation for oxidative stress under hypoxia and metabolic depression: revisiting the proposal two decades later.** *Free Radical Biology and Medicine*, v. 89, p. 1122–1143, dez. 2015. DOI: 10.1016/j.freeradbiomed.2015.07.156.

IGHODARO, O. M.; AKINLOYE, O. A. “First line defence antioxidants superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid.” *Alexandria Journal of medicine*, 54(4), p. 287–293, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ajme.2017.09.001>.

JENA, K.; et al. “Comparative study of total hydroperoxides and antioxidant defense system in the Indian tropical tasar silkworm, *Antheraea mylitta*, in diapausing and nondiapausing generations.” *Journal of Insect Science*, v. 13, art. 123, 2013.

MORAES, B. G6PDH as a key immunometabolic and redox trigger in arthropods. Review article, 2023. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2023.1287090/full>. Acesso em: 21 dez. 2025.

MOREIRA, D. C. Adaptações do metabolismo redox aos extremos ambientais: mecanismo, distribuição e ocorrência do fenômeno de “Preparo para o Estresse Oxidativo”. 2017. Tese (Doutorado) – Departamento de Biologia Celular, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

OLIVA, O. L. “Quiescence in *Aedes aegypti*: interpopulation differences contribute to population dynamics and vectorial capacity.” *Insects*, v. 9, n. 111, p. 1–14, Recife, 2018.

POWELL, J. R.; GLORIA-SORIA, A.; KOTSAKIOZI, P. Recent history of *Aedes aegypti*: vector genomics and epidemiology records. *BioScience*, 68(11): 854–860, 2018.


SANTOS, Vanessa Sardinha. Ciclo de vida do *Aedes aegypti*. Brasil Escola, 2016. Disponível em: <http://brasilecola.uol.com.br/animais/ciclo-vida-aedes-aegypti.htm>. Acesso em: 21 dez. 2025

SOGHIGIAN, John; GLORIA-SORIA, Andrea; ROBERT, Vincent; LE GOFF, Gilbert; FAILLOUX, Anna-Bella; POWELL, Jeffrey R. Genetic evidence for the origin of *Aedes aegypti*, the yellow fever mosquito, in the southwestern Indian Ocean. *Molecular Ecology*, [S. l.], v. 29, n. 17, p. 3593-3606, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/mec.15590>.

ZARA, A. L. S. A.; SANTOS, S. M.; FERNANDES-OLIVEIRA, E. S.; CARVALHO, R. G.; COELHO, G. E. Estratégias de controle do *Aedes aegypti*: uma revisão. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, v. 25, n. 2, p. 391-404, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742016000200017>.

ALTERNATIVAS À CLORAÇÃO CONVENCIONAL EM ETAS DE MÉDIO PORTE UMA ANÁLISE COMPARATIVA

COMPARATIVE ASSESSMENT OF DISINFECTION ALTERNATIVES FOR MEDIUM-SCALE WATER TREATMENT PLANTS

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-003>

Ricardo Augusto Teixeira Costa

Graduado em Engenharia Civil-RJ
Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA, Brasil.
E-mail: ricardoatcosta@outlook.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5308-7105>

Diego Sebastian Carvalho de Souza

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-RJ
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: dscs.gp@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3440-8302>

Thiago Sebastian Carvalho de Souza

Graduado em Administração, Universidade Veiga de Almeida
Universidade Federal Fluminense
E-mail: tsebastian@id.uff.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4825-227X>

Danielle Marçal Vilameá de Souza

Graduado em Arquitetura, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: danielle.marcal.souza@uerj.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4288-760X>

RESUMO

A desinfecção é etapa essencial no tratamento de água para consumo humano, sendo a cloração convencional amplamente utilizada em Estações de Tratamento de Água (ETAs) no Brasil. Este estudo apresenta uma análise comparativa entre a cloração convencional e métodos alternativos de desinfecção aplicáveis a ETAs de médio porte, com base em um estudo de caso desenvolvido na ETA Nova, localizada no município de Barra Mansa (RJ), responsável pelo tratamento de água para uma população aproximada de 110.00 habitantes, com vazão média de tratamento da ordem de 350 L/s. A avaliação considerou critérios de eficiência microbiológica, viabilidade operacional, custos, segurança do trabalho e manutenção, com apoio da Matriz GUT e de matrizes de risco. Os resultados indicaram que a cloração convencional apresenta boa eficiência e baixo custo direto, porém envolve elevados riscos operacionais associados ao manuseio e armazenamento de cloro gás. A radiação ultravioleta demonstrou alta eficiência na inativação

microbiológica, entretanto não assegura desinfetante residual na rede, exigindo a adoção de processo complementar. A ozonização apresentou elevado desempenho sanitário, porém com maior complexidade operacional e custos de implantação e operação. A cloração por geração de hipoclorito de sódio in loco apresentou o melhor desempenho global, conciliando eficiência, segurança operacional, menor risco ocupacional, simplicidade de manutenção e garantia de residual desinfetante. De forma geral, os resultados indicam que a geração de hipoclorito in loco constitui a alternativa mais adequada para ETAs de médio porte em contextos operacionais similares.

Palavras-chave: Tecnologias de desinfecção; Avaliação de risco; Viabilidade operacional; Decisão técnica; Estações de tratamento de água.

ABSTRACT

Disinfection is an essential step in drinking water treatment, with conventional chlorination being the most widely adopted method in Water Treatment Plants (WTPs) in Brazil. This study presents a comparative analysis between conventional chlorination and alternative disinfection methods applicable to medium-sized WTPs, based on a case study conducted at the ETA Nova, located in the municipality of Barra Mansa, Rio de Janeiro, Brazil. The plant supplies approximately 110.000 inhabitants and operates with an average treatment flow rate of about 350 L/s. The evaluation was performed through a qualitative and comparative approach, considering criteria related to microbiological efficiency, operational feasibility, costs, occupational safety, and maintenance requirements, supported by the GUT Matrix (Gravity, Urgency, and Trend) and operational risk assessment tools. The results indicate that conventional chlorination provides adequate disinfection efficiency and low direct costs; however, it involves significant operational risks associated with the handling and storage of chlorine gas. Ultraviolet disinfection demonstrated high microbiological inactivation efficiency but does not ensure a disinfectant residual in the distribution network, requiring complementary processes. Ozonation showed high disinfection performance but presented greater operational complexity and higher implementation and operational costs. In contrast, on-site sodium hypochlorite generation achieved the best overall performance, combining effective disinfection, reduced occupational risks, simplified operation and maintenance, lower operational costs, and compliance with residual disinfectant requirements. Overall, the findings indicate that on-site hypochlorite generation represents the most suitable disinfection alternative for medium-sized WTPs under similar operational conditions.

Keywords: Disinfection technologies; Risk assessment; Operational feasibility; Technical decision; Water treatment plants.

1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de água potável constitui um sistema complexo e essencial à saúde pública, demandando planejamento, gestão eficiente e a adoção de tecnologias adequadas para garantir o fornecimento seguro à população (Tsutiya, 2024). No Brasil, a Lei nº 11.445/2007 e a 14026/2020 estabelecem as diretrizes nacionais para o saneamento básico, definindo o abastecimento de água como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações responsáveis pelo fornecimento de água potável para consumo humano, industrial e outros usos. Nesse contexto, o tratamento adequado da água é indispensável para o atendimento aos padrões de potabilidade vigentes, especialmente no que se refere ao controle microbiológico.

O tratamento de água compreende um conjunto de processos físicos e químicos destinados à adequação da água bruta aos padrões higiênicos, estéticos e econômicos, visando à remoção de microrganismos patogênicos, substâncias tóxicas, matéria orgânica e impurezas que possam comprometer a saúde humana (Mundo Educação, 2025). Entre essas etapas, a desinfecção destaca-se como a única fase obrigatória, independentemente da origem da água captada, uma vez que os processos físico-químicos convencionais não asseguram a completa remoção de microrganismos (Tsutiya, 2024).

A desinfecção consiste na inativação de microrganismos patogênicos, como bactérias, protozoários e vírus, sendo fundamental para a prevenção de doenças de veiculação hídrica. Segundo Di Bernardo e Dantas (2005) e Heller e Pádua (2010), os desinfetantes atuam por diferentes mecanismos, incluindo a desestruturação celular e a interrupção de processos metabólicos essenciais, não se tratando de esterilização completa. A eficiência desse processo depende de fatores como características do desinfetante, resistência dos microrganismos, concentração aplicada, tempo de contato e qualidade da água, aspectos diretamente relacionados aos custos operacionais e à segurança do sistema (Tsutiya, 2024).

Embora a cloração convencional seja o método mais utilizado no Brasil e no cenário internacional, em razão de sua eficácia e baixo custo, estudos apontam limitações associadas à formação de subprodutos, riscos ocupacionais e necessidade de aprimoramento da gestão operacional (Rossin, 1987; Meyer, 1994). Nesse sentido, métodos alternativos, como a radiação ultravioleta e a ozonização, vêm sendo estudados como opções complementares ou substitutivas, apresentando vantagens e restrições técnicas e econômicas (Tinoco, 2011; Medeiros, 2010; Wright e Cairns, 2010).

Este trabalho sumariza os dados experimentais da monografia de Ricardo Augusto Teixeira Costa (UniFOA, 2026), utilizada como alicerce para a análise comparativa. A integração desses registros autorais ratifica a viabilidade do hipoclorito in situ para unidades de médio porte. Assim, a presente redação converte o estudo acadêmico em síntese técnica para divulgação científica.

Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar tecnicamente e comparar alternativas à cloração convencional para o sistema de desinfecção da Estação de Tratamento de Água ETA Nova, localizada no município de Barra Mansa (RJ), considerando critérios de eficiência, viabilidade operacional, segurança e custos, com apoio de ferramentas qualitativas de análise, como a Matriz GUT e matrizes de risco, visando subsidiar a tomada de decisão em ETAs de médio porte.

2 METODOLOGIA

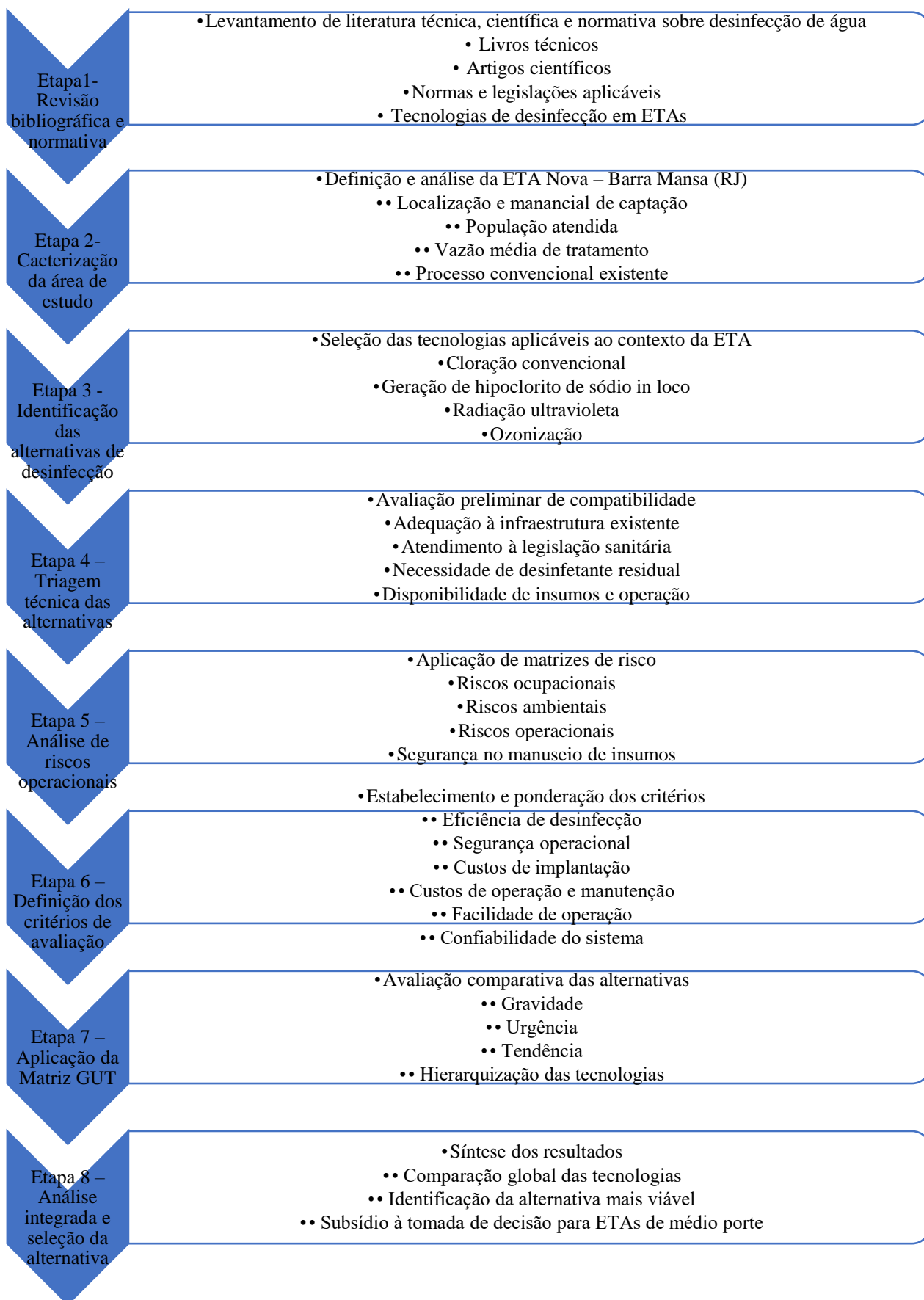
O presente trabalho caracteriza-se como um estudo aplicado, de natureza qualitativa e analítica, com enfoque técnico-operacional, desenvolvido a partir de revisão bibliográfica especializada e de um estudo de caso em sistema real de abastecimento de água. A pesquisa teve como objetivo subsidiar a proposição e a avaliação comparativa de alternativas de desinfecção para uma Estação de Tratamento de Água (ETA) de médio porte, considerando critérios técnicos, operacionais, econômicos e de segurança do trabalho.

Inicialmente, foi realizada uma revisão sistematizada da literatura técnica e científica, contemplando livros, artigos científicos, trabalhos acadêmicos, relatórios técnicos e normas aplicáveis à desinfecção de água para consumo humano. As fontes consultadas incluíram bases de dados como Periódicos CAPES, SciELO, Google Scholar e busca manual em publicações consolidadas da área de saneamento. Foram priorizados trabalhos publicados nos últimos dez anos, em língua portuguesa, com foco em sistemas públicos de abastecimento de água, além da legislação sanitária vigente no Brasil. Essa etapa permitiu identificar as principais tecnologias de desinfecção empregadas em ETAs, suas vantagens, limitações e condições de aplicabilidade.

Para reduzir o trecho mantendo o rigor técnico e a clareza, utilize a seguinte redação:

A pesquisa foca na ETA Nova, em Barra Mansa (RJ), que capta água do Rio Paraíba do Sul para abastecer 110.000 pessoas (62% do município). A caracterização incluiu aspectos locacionais, populacionais e operacionais, detalhados na Figura 1. A metodologia para avaliar as alternativas de desinfecção seguiu cinco fases principais, conforme o diagrama metodológico.

Figura 1 – Processo Metodológico



O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de natureza qualitativa e abordagem técnico-operacional, desenvolvida a partir de revisão bibliográfica especializada e de um estudo de caso em sistema real de abastecimento de água. A metodologia foi estruturada de forma sequencial em oito etapas, conforme o processo metodológico apresentado na Figura 1, permitindo a avaliação comparativa de alternativas de desinfecção aplicáveis a Estações de Tratamento de Água (ETAs) de médio porte.

Inicialmente, na Etapa 1, realizou-se o levantamento da literatura técnica, científica e normativa relacionada aos processos de desinfecção de água para consumo humano, incluindo livros técnicos, artigos científicos, normas e legislações aplicáveis, bem como estudos sobre tecnologias de desinfecção empregadas em ETAs.

Na sequência, a Etapa 2 compreendeu a definição e caracterização da área de estudo, correspondente à Estação de Tratamento de Água ETA Nova, localizada no município de Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro, contemplando aspectos como localização, manancial de captação, população atendida, vazão média de tratamento e processo convencional existente.

A partir dessa caracterização, procedeu-se, na Etapa 3, à identificação das alternativas de desinfecção aplicáveis ao contexto da ETA, considerando-se a cloração convencional, a geração de hipoclorito de sódio in loco, a radiação ultravioleta e a ozonização.

Em seguida, na Etapa 4, foi realizada a triagem técnica das alternativas selecionadas, por meio de uma avaliação preliminar de compatibilidade com a infraestrutura existente, atendimento à legislação sanitária vigente, necessidade de manutenção de desinfetante residual na rede de distribuição e disponibilidade de insumos e condições operacionais.

Posteriormente, a Etapa 5 consistiu na análise de riscos operacionais associados a cada alternativa de desinfecção, utilizando matrizes de risco para a identificação de riscos ocupacionais, ambientais e operacionais, com ênfase na segurança no manuseio e armazenamento de insumos, na complexidade das rotinas operacionais e na exposição dos operadores.

Paralelamente, na Etapa 6, foram definidos os critérios de avaliação das alternativas, contemplando eficiência de desinfecção, segurança operacional, custos de implantação, custos de operação e manutenção e facilidade de operação, estabelecidos com base na literatura especializada e na experiência prática em sistemas de abastecimento de água.

Na Etapa 7, aplicou-se a Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) como ferramenta de apoio à tomada de decisão, permitindo a avaliação comparativa e a hierarquização das tecnologias analisadas. A priorização dos riscos associados às tecnologias de desinfecção foi realizada por meio da Matriz GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), ferramenta de apoio à decisão amplamente utilizada em análises multicritério e gestão de riscos, conforme abordagem contemporânea apresentada por Gomes, Gomes e Almeida (2020).

Por fim, na Etapa 8, procedeu-se à análise integrada dos resultados obtidos, reunindo as informações técnicas, operacionais, econômicas e de segurança, possibilitando a comparação global das alternativas e a identificação da tecnologia de desinfecção mais viável para a realidade da ETA Nova, fornecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão em ETAs de médio porte com características operacionais semelhantes.

Adicionalmente, foram utilizados dados laboratoriais da água tratada, obtidos por empresa especializada contratada pelo operador do sistema, a Oceanus Centro de Biologia Ambiental, de modo a verificar a conformidade com os padrões microbiológicos estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5 do Ministério da Saúde. Esses dados reforçaram a necessidade de um sistema de desinfecção eficiente e seguro, compatível com a demanda populacional e com as condições operacionais da ETA Nova. Os resultados são apresentados no Quadro 1.

Tabela 1 – Análises de Campo

Parâmetros	Unidade	LD	LQ / Faixa	Resultados	Portaria GM/MS nº 888 – SAASAC (Reservatório, Rede ou Ponto de Consumo)
pH	N.A.	N.A.	1 – 13	6,95	Entre 6,0 e 9,5
Cloro Residual	mg/L	0,003	0,01	1,48	Entre 0,2 e 5,0
Turbidez	NTU	—	0,1	3,64	5,0

Fonte: Oceanus (2025)

Tabela 2 - Ensaios de Recuperação

Parâmetros	Unidade	Método	Resultados (%)	Faixa Aceitável de Recuperação (%)
Ácido 2,3-dibromopropiônico (surrogate de ácidos haloacéticos)	%	Ácidos Haloacéticos (mg/L)	70	70 – 130
Ácido 2,3-dibromopropiônico (surrogate de herbicidas clorados)	%	Herbicidas Clorados (µg/L)	79	70 – 130
p-Bromofluorobenzeno (surrogate)	%	Voláteis (µg/L)	115	70 – 130
p-Terfenila-d14 (surrogate de SVOC)	%	SVOC (µg/L)	80	70 – 130
p-Terfenila-d14 (surrogate de acrilamida)	%	Acrilamida (µg/L)	80	70 – 130
p-Terfenila-d14 (surrogate de agrotóxicos)	%	Agrotóxicos (µg/L)	77	70 – 130

Fonte: Oceanus (2025)

A integração das etapas metodológicas descritas permitiu uma avaliação comparativa consistente das alternativas de desinfecção, fundamentada em critérios técnicos e operacionais, fornecendo subsídios objetivos para a proposição da alternativa mais viável para ETA(s) de médio porte com características semelhantes à área de estudo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos neste estudo decorrem da aplicação sequencial das etapas metodológicas descritas anteriormente e sintetizadas na Figura X, permitindo uma análise integrada das alternativas de desinfecção avaliadas para a Estação de Tratamento de Água ETA Nova, localizada no município de Barra

Mansa (RJ). A discussão apresentada considera tanto os aspectos qualitativos e operacionais das tecnologias analisadas quanto os dados analíticos obtidos por meio de ensaios laboratoriais, apresentados nas Tabelas 1 e 2, assegurando coerência entre a metodologia aplicada e os resultados obtidos.

A caracterização da área de estudo (Etapa 2) evidenciou que a ETA Nova opera como sistema de médio porte, atendendo parcela significativa da população urbana do município e adotando processo convencional de tratamento, no qual a desinfecção assume papel central para a garantia da potabilidade da água distribuída. Nesse contexto, os resultados das análises de campo apresentados na Tabela 1 indicam conformidade dos parâmetros pH, cloro residual e turbidez com os limites estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021, demonstrando que o sistema atual é capaz de atender aos padrões regulatórios. Entretanto, a simples conformidade normativa não esgota a análise, uma vez que aspectos relacionados à segurança operacional, riscos ocupacionais e viabilidade a longo prazo também devem ser considerados, conforme proposto na metodologia adotada.

Os ensaios de recuperação apresentados na Tabela 2 reforçam a confiabilidade analítica dos resultados laboratoriais, uma vez que todos os valores obtidos se situam dentro da faixa aceitável de recuperação (70–130%). Esses resultados indicam adequado desempenho dos métodos analíticos empregados e asseguram a validade dos dados utilizados como base para a avaliação da eficiência do sistema de desinfecção existente e para a comparação com as alternativas propostas.

A partir da identificação das alternativas de desinfecção (Etapa 3) e da triagem técnica preliminar (Etapa 4), constatou-se que a cloração convencional, embora eficiente do ponto de vista microbiológico, apresenta riscos operacionais relevantes, especialmente associados ao manuseio e armazenamento de cloro gás. A geração de hipoclorito de sódio *in loco* surge como alternativa tecnicamente viável, mantendo a eficiência da cloração e reduzindo significativamente os riscos ocupacionais. Por sua vez, a radiação ultravioleta e a ozonização demonstram elevada eficiência de inativação microbiológica, porém apresentam limitações relacionadas à ausência de desinfetante residual, maior complexidade operacional e custos mais elevados, o que impacta sua aplicabilidade em ETAs de médio porte.

A análise de riscos operacionais (Etapa 5) evidenciou diferenças significativas entre as tecnologias avaliadas. A cloração convencional foi associada a maior gravidade potencial dos impactos em caso de falhas operacionais, enquanto a geração de hipoclorito *in loco* apresentou perfil de risco reduzido. As tecnologias de radiação ultravioleta e ozonização, embora mais seguras do ponto de vista químico, demandam maior controle operacional e sistemas complementares para garantir a segurança sanitária da água distribuída.

Com base nesses resultados, procedeu-se à definição dos critérios de avaliação (Etapa 6), atribuindo-se maior peso aos critérios de segurança operacional e eficiência de desinfecção, em função da relevância desses fatores para sistemas de abastecimento público de água. Os custos de implantação e de operação e

manutenção receberam peso intermediário, considerando as restrições orçamentárias típicas de sistemas públicos, enquanto a facilidade de operação foi ponderada como critério complementar, porém relevante para a sustentabilidade operacional do sistema. Esses pesos refletem a prioridade conferida à proteção da saúde pública e à redução de riscos, sem desconsiderar a viabilidade econômica das alternativas.

Na aplicação da Matriz GUT, os critérios Gravidade, Urgência e Tendência foram avaliados de forma ponderada, adotando-se pesos diferenciados em função da relevância de cada parâmetro para a segurança sanitária e operacional de Estações de Tratamento de Água de médio porte. O critério Gravidade recebeu o maior peso relativo (peso 3), considerando que falhas no processo de desinfecção podem resultar em impactos diretos e severos à saúde pública, incluindo o risco de veiculação de doenças de origem hídrica.

O critério Urgência foi atribuído com peso 2, refletindo a necessidade de intervenção em curto prazo diante de situações que envolvem riscos operacionais, especialmente aquelas associadas ao manuseio e armazenamento de produtos químicos perigosos, bem como à possibilidade de interrupções no processo de desinfecção. Já o critério Tendência recebeu peso 1, sendo utilizado para avaliar a probabilidade de agravamento dos riscos ao longo do tempo, considerando aspectos como envelhecimento dos equipamentos, aumento da complexidade operacional e possíveis mudanças nas exigências regulatórias. A adoção dessa ponderação (Gravidade = 3, Urgência = 2 e Tendência = 1) permitiu uma hierarquização mais realista e conservadora das alternativas de desinfecção avaliadas, priorizando a proteção da saúde pública e a redução de riscos operacionais, conforme os resultados apresentados na Tabela 3.

A aplicação da Matriz GUT (Etapa 7), apresentada na Tabela 3, permitiu a avaliação comparativa ajustada das alternativas de desinfecção, considerando os parâmetros Gravidade, Urgência e Tendência. Os valores atribuídos resultaram na hierarquização das tecnologias analisadas, evidenciando que a cloração por geração de hipoclorito de sódio in loco apresentou a menor pontuação global de risco, seguida pela cloração convencional, pela radiação ultravioleta e, por fim, pela ozonização. Essa hierarquização reflete não apenas a eficiência sanitária, mas também a evolução potencial dos riscos ao longo do tempo, aspecto fundamental para a tomada de decisão em sistemas de médio porte.

Tabela 3 - Avaliação multicritério das técnicas de desinfecção em ETAs de médio porte

Tecnologia	Eficiência Sanitária	Segurança Operacional	Viabilidade Operacional	Viabilidade Econômica	Resultado Final
Cloração Manual	Baixa	Baixa	Média	Média	50
Ozonização	Baixa	Média	Baixa	Média	53
Radiação Ultravioleta	Alta	Alta	Alta	Baixa	69
Gerador In Loco (Salmoura)	Muito Alta	Muito Alta	Alta	Média	97
Bombas Dosadoras Eletromagnéticas	Alta	Média	Média	Média	79
Bombas Dosadoras – Motor de Passo	Muito Alta	Alta	Alta	Alta	92
Cloro Gás (Terceirização)	Alta	Média	Média	Baixa	90

A aplicação da matriz multicritério permitiu consolidar, de forma integrada, os diferentes aspectos técnicos, operacionais, econômicos e de segurança associados às tecnologias de desinfecção avaliadas. Ao considerar simultaneamente eficiência sanitária, risco operacional, viabilidade de manutenção e disponibilidade de recursos, a análise evidenciou que o desempenho global das alternativas não depende exclusivamente da capacidade de inativação microbiológica, mas do equilíbrio entre confiabilidade do processo e adequação ao contexto operacional da ETA estudada.

Os resultados obtidos indicam uma tendência clara de melhor desempenho para tecnologias que reduzem a dependência de insumos perigosos, ampliam a autonomia operacional e oferecem maior controle sobre o processo de desinfecção, especialmente em sistemas de médio porte. Observa-se ainda que soluções tradicionalmente consolidadas, embora eficazes do ponto de vista sanitário, podem apresentar limitações relevantes quando avaliadas sob uma abordagem sistêmica, principalmente no que se refere à segurança do operador e à continuidade operacional.

Nesse sentido, a matriz aplicada cumpre o papel de instrumento de apoio à decisão, permitindo hierarquizar alternativas de forma transparente e tecnicamente fundamentada, sem a pretensão de substituir análises detalhadas de projeto. A interpretação integrada dos resultados fornece subsídios consistentes para orientar escolhas tecnológicas mais alinhadas às exigências atuais de segurança, eficiência e sustentabilidade operacional em sistemas de abastecimento de água.

4 CONCLUSÃO

A literatura técnica analisada aponta a desinfecção como a etapa mais crítica do tratamento de água para consumo humano, sendo fundamental para a proteção da saúde pública. Autores da área de saneamento ressaltam que, embora a cloração convencional seja amplamente utilizada, sua adoção deve considerar não apenas a eficiência microbiológica, mas também aspectos relacionados à segurança operacional, aos riscos ocupacionais e à sustentabilidade do sistema. Estudos recentes reforçam a necessidade de avaliar tecnologias de desinfecção de acordo com o contexto específico de cada Estação de Tratamento de Água, especialmente em sistemas de médio porte.

Com base nesse referencial, este trabalho adotou uma metodologia aplicada, estruturada em etapas que integraram revisão bibliográfica, caracterização da área de estudo, avaliação laboratorial, análise de riscos e aplicação de ferramenta multicritério. O estudo de caso da ETA Nova, em Barra Mansa (RJ), mostrou-se representativo da realidade operacional de ETAs de médio porte, permitindo a comparação consistente entre diferentes tecnologias de desinfecção.

As análises laboratoriais realizadas pela Oceanus Centro de Biologia Ambiental indicaram que o sistema atual atende aos padrões de potabilidade da Portaria GM/MS nº 888/2021, com parâmetros dentro dos limites normativos e resultados analíticos confiáveis. Contudo, conforme destacado na literatura, a

conformidade normativa isolada não é suficiente para definir a alternativa mais adequada sob a ótica da segurança e da viabilidade operacional.

A aplicação das matrizes de risco e da Matriz GUT possibilitou uma avaliação integrada, incorporando critérios de gravidade, urgência e tendência dos riscos associados às tecnologias analisadas. A ponderação adotada, com maior peso para a gravidade, mostrou-se coerente com o princípio da precaução, permitindo uma hierarquização mais realista das alternativas.

Embora o gerador de hipoclorito de sódio in loco tenha apresentado a maior pontuação global, a análise integrada dos critérios evidencia que a desinfecção por cloro gás, no modelo de terceirização, configura-se como a alternativa mais adequada ao contexto operacional da ETA estudada. Tal escolha decorre do equilíbrio entre elevada eficiência sanitária, manutenção do residual na rede de abastecimento e redução dos riscos operacionais internos, sem demandar alterações estruturais significativas ou aumento expressivo da complexidade operacional. Assim, a decisão não se fundamenta exclusivamente no maior valor numérico obtido na matriz, mas na compatibilidade da tecnologia com a realidade técnica, econômica e operacional do sistema analisado.

Nesse contexto, a geração de hipoclorito de sódio in loco apresentou o melhor desempenho global, ao conciliar eficiência de desinfecção, manutenção do residual na rede, redução dos riscos ao operador e compatibilidade com a infraestrutura existente. Tecnologias como a radiação ultravioleta e a ozonização demonstraram elevado potencial sanitário, porém com limitações operacionais e econômicas para aplicação isolada em ETA(s) de médio porte, enquanto a cloração convencional evidenciou fragilidades associadas à segurança operacional.

De forma geral, conclui-se que a escolha do método de desinfecção deve ser orientada por uma abordagem integrada e multicritério, capaz de equilibrar eficiência sanitária, segurança e viabilidade operacional, contribuindo para decisões técnicas mais seguras e sustentáveis em sistemas de abastecimento de água.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 8 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 maio 2021.

COSTA, Ricardo Augusto Teixeira; SOUZA, Diego Sebastian Carvalho de; SOUZA, Thiago Sebastian Carvalho de; SOUZA, Danielle Marçal Vilameá de. Alternativas à cloração convencional em ETAs de médio porte: uma análise comparativa. Barra Mansa: UniFOA, 2026.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 5. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2020.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio de (org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

MEDEIROS, R. C. Comparação da resistência de protozoários patogênicos – *Giardia spp.* e *Cryptosporidium spp.* – e de microrganismos indicadores à desinfecção sequencial cloro–radiação ultravioleta e ozônio–radiação ultravioleta. 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

MEYER, Sheila T. O uso de cloro na desinfecção de águas, a formação de trihalometanos e os riscos potenciais à saúde pública. *Cadernos de Saúde Pública*, Brasília, v. 10, n. 1, p. 99–110, 1994.

MUNDO EDUCAÇÃO. Tratamento da água. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br>. Acesso em: 2025

NETO, J. C.; NEYCOMBE, G. Oxidação de cianobactérias e seus metabólitos em sistemas de tratamento de água: o estado da arte. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, n. 4, p. 817–827, out./dez. 2018.

ROSSIN, A. C. Desinfecção. In: *Técnica de Abastecimento e Tratamento de Água*. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. v. 2.

TINOCO, J. D. Desinfecção por radiação ultravioleta: estudo do desempenho do processo e avaliação econômica. 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.


TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de água. 3. ed. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2024.

WRIGHT, H. B.; CAIRNS, W. L. Desinfección de agua por medio de luz ultravioleta. In: *Simposio Regional sobre Calidad del Agua: Desinfección Efectiva*. Lima, Peru, p. 1–28.

OCEANUS CENTRO DE BIOLOGIA AMBIENTAL. Laudo de análise físico-química e microbiológica de água tratada. Barra Mansa, 2025.

CONCRETO REFORÇADO COM MACROFIBRAS SINTÉTICAS: CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL E PROPRIEDADES MECÂNICAS

SYNTHETIC MACRO-FIBER REINFORCED CONCRETE: MICROSTRUCTURAL CHARACTERIZATION AND MECHANICAL PERFORMANCE

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-004>

João Paulo de Almeida Figueiredo

Mestrado profissional em andamento em Materiais-RJ
Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA, Brasil
E-mail: eng.jpaf@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0822793648407303>

Diego Sebastian Carvalho de Souza

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-RJ
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: dscs.gp@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3440-8302>

Thiago Sebastian Carvalho de Souza

Graduado em Administração, Universidade Veiga de Almeida
Universidade Federal Fluminense
E-mail: tsebastian@id.uff.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4825-227X>

Danielle Marçal Vilameá de Souza

Graduado em Arquitetura, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: danielle.marcal.souza@uerj.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4288-760X>

RESUMO

O concreto reforçado com macrofibras sintéticas tem se consolidado como uma alternativa tecnicamente consistente aos sistemas tradicionais de armadura, em razão de sua aptidão para aprimorar o desempenho mecânico e mitigar a propagação de fissuras. Este estudo analisa as propriedades microestruturais, térmicas e mecânicas do concreto com incorporação de macrofibras sintéticas, buscando estabelecer relações entre a constituição do material e seu comportamento em escala macroscópica. As investigações experimentais compreenderam a caracterização térmica das fibras por meio de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Análise Termogravimétrica (TGA), bem como avaliações microestruturais e mineralógicas do compósito utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Difração de Raios X (DRX). Foram produzidas misturas de concreto com distintos teores de macrofibra, submetidas a ensaios de compressão axial aos 7 e 28 dias. Os resultados demonstram que a adição das macrofibras sintéticas não prejudica a

resistência à compressão, favorecendo o desempenho pós-fissuração e intensificando a interação entre fibra e matriz cimentícia. As análises microestruturais evidenciaram distribuição uniforme das fibras e aderência satisfatória à matriz, corroborando o comportamento mecânico observado. Os achados confirmam a viabilidade técnica das macrofibras sintéticas como elementos de reforço em compósitos cimentícios, ampliando seu potencial de aplicação em sistemas estruturais e semi-estruturais.

Palavras-chave: Concreto reforçado; Macrofibras sintéticas; Compósitos cimentícios.

ABSTRACT

Synthetic macro-fiber reinforced concrete has emerged as a viable alternative to conventional reinforcement systems due to its potential to enhance mechanical performance and control cracking behavior. This chapter investigates the microstructural, thermal, and mechanical characteristics of concrete reinforced with synthetic macro-fibers, aiming to establish correlations between material structure and macroscopic performance. Experimental analyses included thermal characterization of the macro-fibers using Differential Scanning Calorimetry (DSC) and Thermogravimetric Analysis (TGA), as well as microstructural and mineralogical evaluations of the composite through Scanning Electron Microscopy (SEM) and X-ray Diffraction (XRD). Concrete mixtures with different macro-fiber contents were produced and tested under axial compression at 7 and 28 days. The results indicate that the incorporation of synthetic macro-fibers does not adversely affect compressive strength while contributing to improved post-cracking behavior and enhanced fiber–matrix interaction. Microstructural analyses revealed homogeneous fiber distribution and adequate bonding with the cementitious matrix, supporting the observed mechanical performance. The findings confirm the technical feasibility of synthetic macro-fibers as reinforcement elements in cement-based composites and provide a scientific basis for their application in structural and semi-structural concrete systems.

Keywords: Reinforced concrete; Synthetic macro-fibers; Cementitious composites.

1 INTRODUÇÃO

O concreto é amplamente reconhecido como o material construtivo mais utilizado no mundo, em função de sua versatilidade, disponibilidade de matérias-primas e adequada resistência à compressão (IBRACON, 2006; Neville, 2015). Entretanto, do ponto de vista microestrutural, trata-se de um material quase frágil, com reduzida resistência à tração e limitada capacidade de absorção de energia, características que favorecem o surgimento e a propagação de fissuras sob diferentes estados de carregamento (Mehta;

Monteiro, 2008; Neville; Brooks, 2013). Esses aspectos motivam a busca por estratégias capazes de melhorar o desempenho mecânico e o comportamento pós-fissuração dos compósitos cimentícios.

Entre as soluções investigadas, a incorporação de fibras ao concreto destaca-se como uma alternativa eficiente para o controle da fissuração e o aumento da tenacidade do material. Estudos indicam que a atuação das fibras ocorre principalmente por meio do mecanismo de ponte de fissuras, promovendo redistribuição de tensões e retardando a evolução do dano (Medeiros, 2012; Costa, 2015). Nesse contexto, as macrofibras sintéticas, especialmente as à base de polímeros, têm recebido atenção crescente devido à resistência à corrosão, estabilidade química e facilidade de processamento, quando comparadas às fibras metálicas (Figueiredo et al., 2012; Barreda; Iaiani; Sota, 2000).

O desempenho do concreto reforçado com macrofibras sintéticas está diretamente associado às propriedades físicas, térmicas e morfológicas das fibras, bem como à qualidade da interação fibra–matriz cimentícia. A caracterização térmica de polímeros, por meio de técnicas como DSC e TGA, permite avaliar a estabilidade do material e seu comportamento frente às temperaturas envolvidas no processo de hidratação do cimento (Akcelrud, 2007; Canevarolo Jr., 2003; Manrich, 2005).

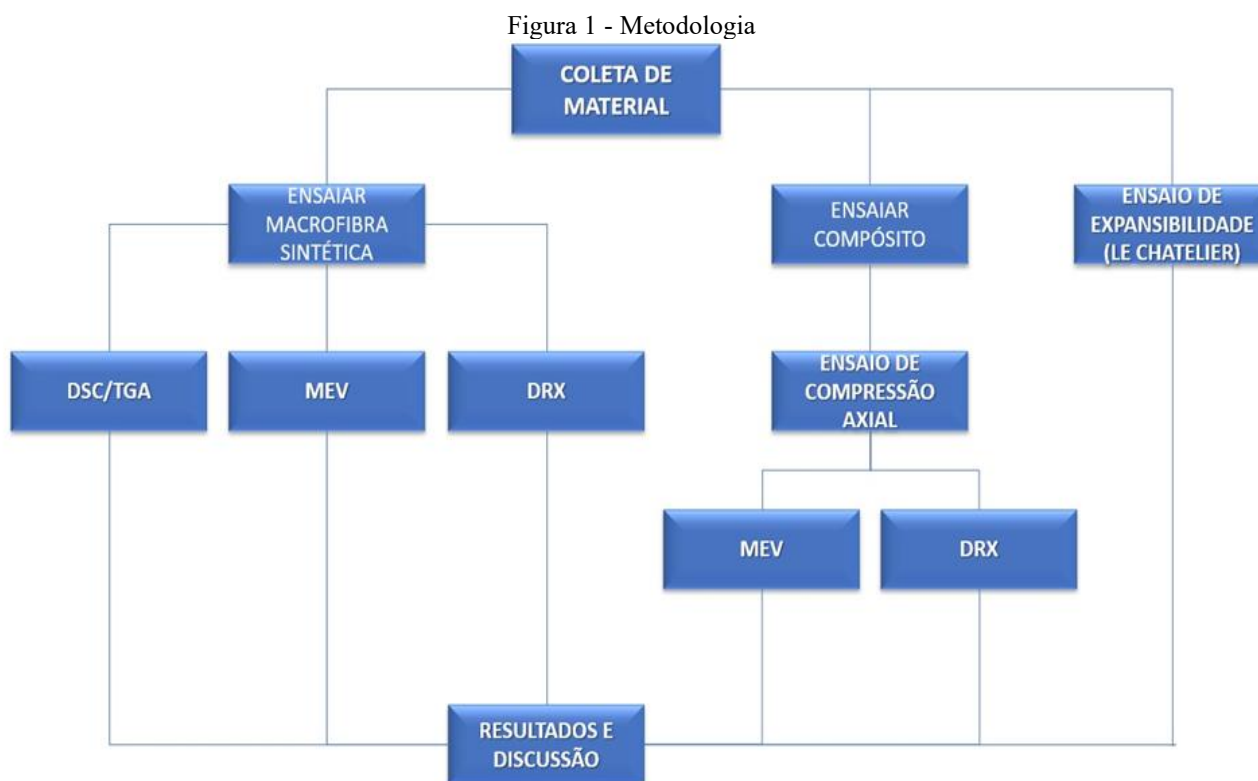
De forma complementar, análises microestruturais por Microscopia Eletrônica de Varredura e Difração de Raios X possibilitam compreender os mecanismos de aderência, a dispersão das fibras e a evolução da microestrutura do compósito (Mehta; Monteiro, 2014; Silva, 2000; Hoppe Filho, 2008).

Nesta perspectiva, a investigação aprofundada e integrada das propriedades microestruturais, térmicas e mecânicas do concreto reforçado com macrofibras sintéticas não representa apenas uma etapa experimental, mas o alicerce indispensável para decifrar a complexa interação fibra-matriz. A compreensão da morfologia da interface, aliada à estabilidade térmica do polímero e à resposta mecânica sob carregamento, fornece o embasamento técnico-científico necessário para validar o uso desses compósitos cimentícios avançados. Tal abordagem é vital para garantir a segurança e a durabilidade em aplicações de larga escala, permitindo que esses materiais transitem de soluções inovadoras para padrões normatizados em sistemas estruturais e semiestruturais de alta responsabilidade.

Este capítulo fundamenta-se nos resultados experimentais obtidos por João Paulo de Almeida Figueiredo, autor principal deste trabalho, durante o desenvolvimento de sua dissertação de mestrado intitulada 'Desenvolvimento de concreto reforçado com macrofibra sintética para aplicação em piso industrial' (UniFOA, 2022). A utilização desses dados originais visa expandir a discussão técnica sobre a microestrutura das macrofibras, consolidando o estudo em um formato de capítulo de livro para ampliar o alcance do conhecimento gerado na pesquisa de campo e laboratório.

2 METODOLOGIA

A metodologia experimental foi estruturada com o objetivo de avaliar de forma integrada o comportamento térmico, microestrutural e mecânico do concreto reforçado com macrofibras sintéticas. O delineamento do programa experimental seguiu uma sequência lógica de etapas, conforme apresentado na Figura 1, contemplando a caracterização dos materiais, a produção dos compósitos cimentícios, a realização dos ensaios laboratoriais e a análise dos resultados.



Fonte: Figueiredo (2022)

Inicialmente, a macrofibra sintética foi submetida a análises térmicas, microestruturais e mineralógicas, utilizando técnicas amplamente empregadas na caracterização de materiais poliméricos. As análises de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) e Análise Termogravimétrica (TGA) foram realizadas no Laboratório da UniFOA (Unidade Três Poços), em equipamento Perkin Elmer STA 6000, previamente calibrado conforme as especificações do fabricante. As amostras, com massa aproximada de 3,458 mg, foram acondicionadas em porta-amostras adequados, sob fluxo constante de nitrogênio de $50 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$, taxa de aquecimento de $10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$ e faixa de temperatura entre $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e $950 \text{ }^\circ\text{C}$. A caracterização morfológica da macrofibra foi conduzida por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), utilizando equipamento HITACHI TM 3000, operando com tensão de 15 kV, detector de elétrons secundários e ampliação de $200\times$, permitindo a avaliação das características físicas e superficiais do

material. A análise mineralógica complementar foi realizada por Difração de Raios X (DRX), visando à identificação de possíveis fases cristalinas associadas à macrofibra.

A caracterização do compósito cimentício incluiu avaliações no estado fresco e endurecido. A consistência do concreto fresco foi determinada por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme a ABNT NBR 16889 (2020), sendo obtido abatimento médio de 10 ± 2 cm para todas as misturas.

No estado endurecido, o desempenho mecânico foi avaliado por ensaios de compressão axial, realizados de acordo com a ABNT NBR 5739 (2007). Foram analisados concretos com resistências características estimadas de 25 MPa e 40 MPa, produzidos sem adição de macrofibra sintética e com adição de macrofibra nos teores de $2,25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, $4,00 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ e $6,25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, mantendo-se constantes as proporções dos demais constituintes para cada classe de resistência.

Os corpos de prova cilíndricos, com dimensões de 100×200 mm, foram moldados conforme a ABNT NBR 5738 (2015), sendo confeccionados cinco corpos de prova por traço e por idade, totalizando 80 corpos de prova, considerando as idades de 7 e 28 dias. O adensamento foi realizado manualmente com haste metálica, conforme procedimento normativo, e a desmoldagem ocorreu após 24 horas, seguida de cura por imersão em água a 23 ± 2 °C, conforme a ABNT NBR 9479 (1993), até as idades de ensaio. Como apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Corpos de Prova



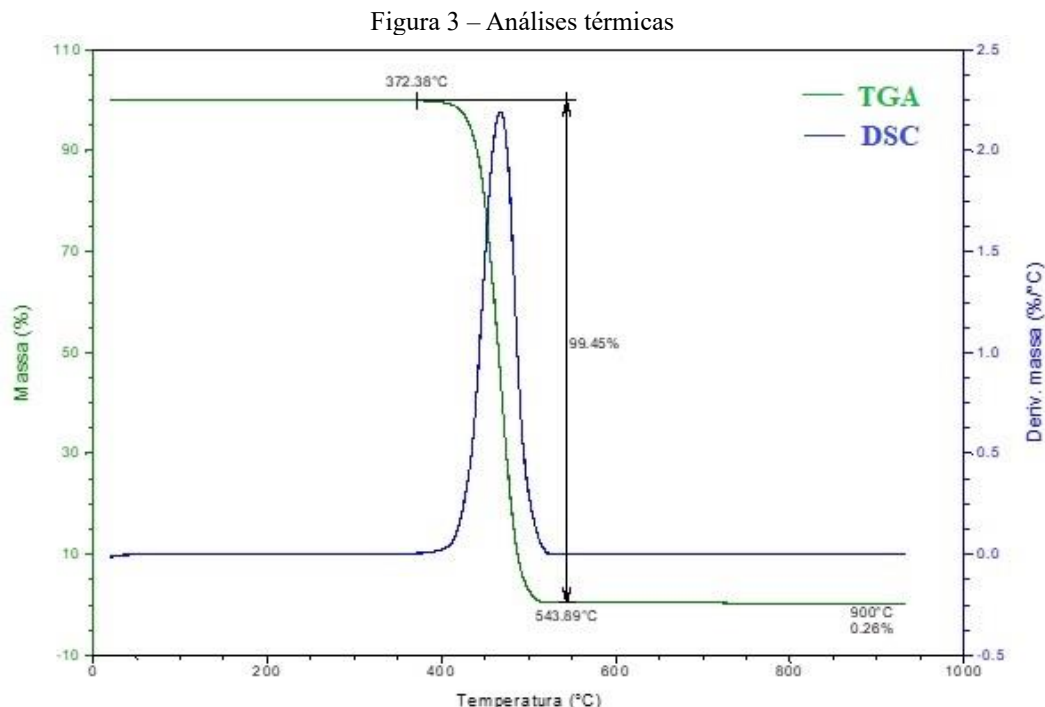
Fonte: Figueiredo (2022)

Os ensaios de compressão axial foram realizados em prensa EMIC, modelo PC 150C, com capacidade de 100 MPa, utilizando bases de neoprene, sendo a resistência à compressão determinada pela razão entre a força máxima aplicada e a área da seção transversal do corpo de prova, conforme preconizado

pela norma vigente. Após os ensaios mecânicos, amostras dos corpos de prova rompidos foram submetidas à análise microestrutural por MEV, utilizando o mesmo equipamento e parâmetros empregados na caracterização da macrofibra, com o objetivo de avaliar a morfologia da matriz cimentícia, a distribuição das macrofibras e os mecanismos de interação fibra–matriz. De forma complementar, as amostras foram analisadas por Difração de Raios X em difratômetro Shimadzu XRD 6100, operando com tensão de 40 kV, corrente de 30 mA, radiação $\text{CuK}\alpha$, velocidade de varredura de $2^\circ \cdot \text{min}^{-1}$ e intervalo angular entre 10° e 80° . Adicionalmente, a compatibilidade volumétrica entre o cimento Portland e a macrofibra sintética foi avaliada por meio do ensaio de expansibilidade pelo método das agulhas de Le Chatelier, conforme a ABNT NBR 11582 (1991).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises térmicas por TGA e DSC evidenciaram o comportamento de estabilidade térmica da macrofibra sintética utilizada no compósito. Observou-se que a amostra apresentou apenas um evento significativo de perda de massa, caracterizado por um único pico na curva derivativa, indicando um mecanismo de decomposição térmica predominantemente único. Como pode ser compreendida pela Figura 3.



Fonte: Figueiredo (2022)

A macrofibra manteve estabilidade térmica até aproximadamente 372°C , temperatura a partir da qual se iniciou a degradação acentuada do material, resultando em perda de praticamente toda a massa

inicial, com resíduo final de apenas 0,26% a 900 °C. Esse comportamento confirma a compatibilidade térmica da macrofibra com aplicações em matrizes cimentícias, uma vez que as temperaturas envolvidas em processos de hidratação do cimento e em condições normais de serviço são significativamente inferiores a esse limite. Resultados semelhantes de estabilidade térmica foram reportados por Lopes (2016), ao analisar compósitos poliméricos reforçados, reforçando a coerência do comportamento observado.

A caracterização morfológica da macrofibra por microscopia eletrônica de varredura evidenciou uma estrutura contínua e homogênea, sem descontinuidades aparentes, o que favorece sua atuação como elemento de reforço no compósito cimentício. Essa morfologia foi fundamental para compreender o comportamento da fibra incorporada à matriz de concreto, especialmente no que se refere à dispersão e interação fibra–matriz observadas nas análises subsequentes do compósito.

Os resultados de resistência à compressão mostraram que a adição de macrofibra sintética não comprometeu o desempenho mecânico do concreto. Para o concreto com resistência característica de 25 MPa, observou-se manutenção da resistência aos 28 dias para todas as dosagens avaliadas, indicando que a presença da fibra não interferiu negativamente no desenvolvimento da resistência. No concreto de 40 MPa, os valores médios aos 28 dias variaram entre 35,31 e 36,74 MPa, comportamento compatível com a evolução da resistência prevista pela NBR 5739, que indica crescimento progressivo até idades superiores. Esses resultados demonstram que a incorporação da macrofibra sintética não inviabiliza a aplicação estrutural do material.

A análise do coeficiente de variação revelou maior dispersão dos resultados para os concretos com adição de macrofibra, especialmente nas maiores dosagens. Esse comportamento está associado, principalmente, às condições de mistura adotadas, uma vez que o concreto não foi preparado em caminhão betoneira conforme recomendação do fabricante, o que pode ter favorecido a heterogeneidade do compósito. Tendência semelhante foi observada por Fernandes (2018), que relatou aumento da variabilidade dos resultados mecânicos com o acréscimo do teor de fibras em compósitos cimentícios.

As análises de MEV dos fragmentos de corpos de prova após o ensaio de compressão evidenciaram boa homogeneização da macrofibra nas dosagens de 2,25 e 4,0 kg/m³, com distribuição uniforme na matriz cimentícia. Esse comportamento está de acordo com a faixa de dosagem recomendada pelo fabricante, indicando uma interação eficiente entre fibra e matriz. Em contrapartida, na dosagem de 6,25 kg/m³, observou-se indício de segregação parcial da fibra, sugerindo dificuldade de dispersão em teores superiores ao recomendado, o que pode influenciar tanto a variabilidade dos resultados mecânicos quanto a microestrutura do compósito. Resultados semelhantes foram relatados por Francisco (2017), que associou a segregação observada em análises microestruturais a elevadas proporções de reforço e condições inadequadas de mistura.

Os difratogramas de raios X mostraram que as fases cristalinas predominantes do compósito permaneceram associadas aos constituintes típicos do concreto, como sílica, alumina e cal. A presença da macrofibra polimérica não alterou de forma significativa o padrão cristalográfico da matriz, sendo seus principais picos concentrados em baixos ângulos, coincidentes com regiões associadas à sílica. Não foi observada uma tendência clara de aumento da intensidade dos picos com o acréscimo do teor de fibra, possivelmente devido à heterogeneidade do compósito e às deformações induzidas pelos ensaios de compressão realizados previamente, que podem alterar a intensidade e o posicionamento dos picos difratados.

4 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a macrofibra sintética avaliada apresenta comportamento compatível com sua aplicação em compósitos cimentícios, tanto do ponto de vista térmico quanto mecânico e microestrutural. As análises térmicas por TGA e DSC indicaram elevada estabilidade térmica da macrofibra até aproximadamente 372 °C, com decomposição ocorrendo em um único evento, o que confirma sua adequação às condições de processamento e uso do concreto, nas quais as temperaturas permanecem muito inferiores a esse limite.

A incorporação da macrofibra sintética ao concreto não comprometeu a resistência à compressão aos 28 dias, tanto para os concretos de 25 MPa quanto para os de 40 MPa, evidenciando que o reforço polimérico pode ser utilizado sem prejuízo ao desempenho mecânico do material. As variações observadas nos coeficientes de variação estão associadas principalmente às condições de mistura e ao aumento do teor de fibra, reforçando a importância do controle do processo de dosagem e homogeneização do compósito.

As análises microestruturais por MEV confirmaram que dosagens de até 4,0 kg/m³ proporcionaram boa dispersão da macrofibra na matriz cimentícia, favorecendo a interação fibra–matriz. Em contrapartida, teores superiores resultaram em indícios de segregação, indicando um limite prático de incorporação para garantir a homogeneidade do compósito. Os resultados de DRX evidenciaram que a presença da macrofibra não alterou significativamente as fases cristalinas do concreto, mantendo a integridade mineralógica da matriz.

Diante do conjunto de resultados apresentados, verifica-se que a incorporação de macrofibra sintética ao concreto, quando realizada em dosagens adequadas, não compromete a resistência à compressão nem a estabilidade físico-química do compósito, ao mesmo tempo em que preserva a homogeneidade microestrutural da matriz cimentícia. As análises térmicas evidenciaram elevada estabilidade da fibra nas faixas de temperatura de interesse, enquanto os ensaios mecânicos, microestruturais e mineralógicos indicaram comportamento compatível com concretos convencionais. Observou-se, contudo, que teores elevados de macrofibra podem induzir heterogeneidades, reforçando a

importância do controle de dosagem e do procedimento de mistura. De modo geral, os resultados demonstram que o uso de macrofibra sintética apresenta potencial técnico para aplicação em concretos estruturais, desde que respeitados os limites operacionais e as recomendações normativas.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9479 Esta Norma fixa as condições exigíveis de câmaras úmidas e tanques de cura utilizados nos ensaios de cimento e concreto. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16889: Concreto - Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11582: Cimento Portland — Determinação da expansibilidade de Le Chatelier. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto — Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto — Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2007.

AKCELRUD, L. Fundamentos da Ciência dos Polímeros. Editora Manole Ltda, São Paulo, 2007

BARREDA, M., IAIANI, C., SOTA, J. D. Hormigon reforzado con fibras de polopropileno: tramo experimental de un pavimento de hormigon. In: IV Colóquio Latioamericano de Fractura y Fatiga, 2000, Neuquén. Anais. Viena: INTERNATIONAL Atomic Energy Agency (IAEA), 2000. P. 1145-1150.

CANEVAROLO JR. S. V. Técnicas de caracterização de polímeros. São Paulo. Artliber editora, 2003.

CONCRETO, 44., 2006, Belo Horizonte. Anais... São Paulo: IBRACON, 2006.

COSTA, F. B. P. Análise da durabilidade de compósitos cimentícios de elevada capacidade de deformação com fibras. 2015. 169 f. Dissertação de Mestrado (Mestre em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rio Grande do Sul.

FERNANDES, R. S. Avaliação do comportamento mecânico de concretos reforçados com fibras vegetais. 2018. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

FIGUEIREDO, A. D., AGUAFO A., FLUENTE, A. D., EXCARIZ, R. et al. Fibras Plásticas como reforço de de tubos de concreto. Parte 1: Caracterização Tecnológica. In: 54º Congresso Brasileiro do Concreto, 2012. Maceió. Anais., São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2012.

FIGUEIREDO, João Paulo de Almeida. Desenvolvimento de concreto reforçado com macrofibra sintética para aplicação em piso industrial. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), Fundação Oswaldo Aranha, Volta Redonda, 2022

FRANCISCO, L. M. Análise microestrutural de concretos com adição de resíduos sólidos. 2017. 85 f. Dissertação (Mestrado em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2017.

HOPPE FILHO, J. Sistemas cimento, cinza volante e cal hidratada: mecanismos de hidratação, microestrutura e carbonatação de concreto. Tese (Doutorado em Engenharia), 318 fls., 2008. Universidade de São Paulo, Doutorado em Engenharia, São Paulo, 2008. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-19082008-172648/publico/TESE_DOUTORADO_JUAREZ_HOPPE_FILHO.pdf. Acesso em: 02 nov. 2021.

LOPES, R. M. Desenvolvimento de compósitos poliméricos de PEAD reforçados com fibras naturais. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2016.

MANRICH, S. Processamento de Termoplásticos: rosca única, extrusão e matrizes, injeção e molde, 1. ed. - São Paulo: Artiliber Editora, 2005.

MEDEIROS, A. Estudo do comportamento à fadiga em compressão do concreto com fibras. 2012. 201 fl. Tese Doutorado em engenharia civil. Centro Técnico Científico, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2012.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. Concrete: microstructure, properties and materials. 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 2014.

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


NEVILLE, A. M. Propriedades do concreto. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SILVA, I. J. Contribuição ao estudo dos concretos de elevado desempenho: propriedades mecânicas, durabilidade e microestrutura. Tese (Doutorado em Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais), Universidade de São Paulo. São Carlos, 2000

TECNOLOGIAS DE BAIXA EMISSÃO NO TRANSPORTE URBANO DESAFIOS E OPORTUNIDADES EM CORREDORES BRT

LOW-EMISSION TECHNOLOGIES IN URBAN TRANSPORT: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES IN BRT CORRIDORS

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-005>

Diego Sebastian Carvalho de Souza

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-RJ
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: dscs.gp@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3440-8302>

Ricardo José Pereira Costa

Especialista em Direito Ambiental, PUC-RJ
Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-RJ
E-mail: dscs.gp@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1653216254790571>

João Paulo de Almeida Figueiredo

Mestrado Profissional em Materiais (MEMAT)-RJ
Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA, Brasil
E-mail: eng.jpaf@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0822793648407303>

Thiago Sebastian Carvalho de Souza

Graduado em Administração, Universidade Veiga de Almeida
Universidade Federal Fluminense
E-mail: tsebastian@id.uff.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4825-227X>

Ricardo Augusto Teixeira Costa

Graduado em Engenharia Civil-RJ
Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA, Brasil
E-mail: ricardoatcosta@outlook.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-5308-7105>

Danielle Marçal Vilameá de Souza

Graduada em Arquitetura, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: danielle.marcal.souza@uerj.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4288-760X>

Julia Graziella Costa Vidal

Graduada em Engenharia de Produção pelo CEFET/RJ

Universidade do Estado do Rio de Janeiro

E-mail: juliagraziella8@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-6181-1572>

RESUMO

A mobilidade urbana sustentável constitui um dos principais desafios das grandes metrópoles, especialmente no município do Rio de Janeiro, onde o sistema Bus Rapid Transit (BRT) foi implantado como alternativa de transporte coletivo de alta capacidade, com menor custo de implantação em relação a outros modais. Contudo, apesar dos avanços operacionais, o uso predominante de ônibus movidos a óleo diesel ainda representa significativa fonte de emissão de poluentes atmosféricos. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade técnica da implantação experimental de ônibus elétricos movidos por energia renovável no corredor BRT TransOlimpica, no trecho compreendido entre o Terminal Recreio e o Terminal Centro Olímpico. A metodologia baseia-se em revisão bibliográfica, análise de estudos técnicos da COPPE/UFRJ e FETRANSPOR, avaliação de parâmetros operacionais, energéticos, ambientais e econômicos, além da análise das características físicas do corredor selecionado. Os resultados indicam que a adoção de ônibus elétricos pode proporcionar redução significativa das emissões de CO₂ e poluentes locais, diminuição dos custos operacionais por quilômetro rodado e melhoria da eficiência energética do sistema. Conclui-se que a implantação experimental apresenta viabilidade técnica e ambiental, podendo contribuir para políticas públicas de transporte urbano sustentável e para a modernização do sistema BRT no município do Rio de Janeiro.

Palavras-chave: Mobilidade urbana; BRT; Ônibus elétrico; Energia renovável; Sustentabilidade.

ABSTRACT

Urban sustainable mobility is one of the main challenges faced by large metropolitan areas, particularly in the city of Rio de Janeiro, where the Bus Rapid Transit (BRT) system was implemented as a high-capacity public transport alternative with lower implementation costs compared to other transport modes. However, despite operational improvements, the predominant use of diesel-powered buses remains a significant source of atmospheric pollutant emissions. In this context, this study aims to analyze the technical feasibility of the experimental implementation of electric buses powered by renewable energy on the BRT TransOlimpica corridor, specifically between the Recreio Terminal and the Olympic Center Terminal. The methodology is based on a literature review, analysis of technical studies conducted by COPPE/UFRJ and FETRANSPOR, evaluation of operational, energy, environmental and economic parameters, and assessment of the physical characteristics of the selected corridor. The results indicate that the adoption of

electric buses can significantly reduce CO₂ emissions and local air pollutants, lower operational costs per kilometer traveled, and improve the system's energy efficiency. It is concluded that the experimental implementation is technically and environmentally feasible, contributing to sustainable urban transport policies and to the modernization of the BRT system in the city of Rio de Janeiro.

Keywords: Urban mobility; BRT; Electric bus; Renewable energy; Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre o espaço urbano apontam que, a falta de mobilidade urbana é um dos grandes desafios de qualquer metrópole do planeta. No Rio de Janeiro, essa problemática afeta diretamente a economia da cidade, a qualidade de vida da população e a política habitacional. Nesse sentido, a Cartilha da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, intitulada Gestão de Alto Desempenho, no âmbito do Plano Estratégico 2013–2016, já destacava a mobilidade urbana como um eixo central de intervenção da administração pública municipal.

Como resposta a esse cenário, o poder público adotou o sistema Bus Rapid Transit (BRT) como uma solução moderna e de implantação acessível. Criado inicialmente em Curitiba (PR) e amplamente aplicado com sucesso em diversas cidades ao redor do mundo, o BRT baseia-se na operação de ônibus articulados de alta capacidade, que circulam em corredores exclusivos, livres de interferências do tráfego geral, com estações específicas para embarque e desembarque e áreas de manobra dedicadas.

Na cidade do Rio de Janeiro, a implantação do sistema resultou na criação de quatro novos corredores viários, voltados principalmente ao atendimento das zonas Norte e Oeste, regiões caracterizadas por intenso crescimento populacional. A proposta original previa a integração do BRT aos demais modais de transporte, como trem e metrô, com o objetivo de atender mais de 60% da população carioca e mitigar os congestionamentos nos horários de pico. Entre as principais vantagens apontadas à época, destacaram-se a rapidez de implantação e o menor custo de investimento, estimado em cerca de 10% do necessário para a construção de um sistema metroviário equivalente. Esperava-se, assim, a redução das emissões de gases poluentes, a diminuição do consumo de combustíveis fósseis e a consequente melhoria da qualidade de vida urbana. Em 2012, um estudo realizado pela COPPE/UFRJ² em parceria com a FETRANSPOR, também do Rio de Janeiro, apontou que:

“No mundo todo, o transporte responde pelo consumo de mais de 50% dos derivados de petróleo (IEA, 2010). No Brasil, no ano de 2009, aproximadamente 87% das viagens de passageiros realizadas por modais coletivos ocorreu por meio de ônibus movidos a óleo diesel de petróleo (ANTP, 2009), os quais foram responsáveis pela emissão de 27,8 milhões de toneladas de CO₂ (MMA, 2011). Assim, na tentativa de minimizar os impactos ambientais causados pelo uso desse combustível e, ao mesmo tempo ampliar a segurança energética nacional, o país avançou na busca por novas alternativas energéticas e tecnologias aplicadas aos sistemas de propulsão de veículos rodoviários.”

Este estudo analisa a viabilidade técnica e econômica da implementação experimental de ônibus movidos a energia renovável no BRT TransOlímpica (Rio de Janeiro), especificamente no trecho entre o Terminal Recreio e o Parque Olímpico. Baseada em experiências de grandes eventos (Copa 2014 e Olimpíadas 2016) e no uso de combustíveis como B20, AMD10 e GNV, a pesquisa destaca: Impacto Financeiro: Estima-se um aumento de 8% a 16% no investimento inicial (chassi) e de 1,4% a 3% nos custos operacionais. Critérios de Seleção: A busca pela melhor alternativa equilibra a redução de poluentes ($\text{\$CO}_2$) e custos operacionais ($\text{\$/km}$) com a eficiência no transporte de passageiros. Objetivo Central: Identificar uma solução de baixo risco de implantação que atenda aos limites de emissão, conciliando interesses políticos, técnicos e as necessidades dos usuários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O BRT – O QUE É O BRT?

A mobilidade urbana é um dos relevantes temas atuais cujo estudo visa a diminuição do tempo de viagem dos passageiros. O BRT, termo em inglês que significa Transporte Rápido por Ônibus (*Bus Rapid Transit*), é o modelo de transporte articulado que utiliza faixa – “corredor” exclusivo para tráfego de passageiros. Atualmente, no Rio de Janeiro pode-se afirmar que se trata de um dos principais modais administrados por um consórcio de empresas privadas, que presta o serviço de transporte diário de pessoas.

O BRT, de acordo com o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento - ITDP, pode ser entendido como:

“sistema de transporte por ônibus, de alta qualidade, que oferece um rápido, confortável e custo-efetivo serviço de mobilidade urbana ao disponibilizar infraestrutura segregada e prioritária, operações rápidas e frequentes, e excelência em *marketing* e serviço ao consumidor”. (ITDP, 2007).

A análise da eficiência do sistema considera os critérios estabelecidos no Padrão de Qualidade BRT, respeitando o ranking de classificação de acordo com a qualidade dos serviços prestados pelas empresas consorciadas, que passam a receber pontuação de 0 a 100, sendo classificados em Ouro, Prata, Bronze e Básico.

Este sistema caracteriza-se pela infraestrutura segregada e com faixa prioritária para circulação de ônibus, alinhamento das vias de ônibus que circulam por um corredor central independente e exclusivo,

emprego de marketing por uso de veículos de baixa emissão de gases, cobrança de tarifa nas estações e não nos ônibus, integração com outros meios de transportes, proibição à circulação de outros veículos em sua faixa de rolamento, plataformas dos veículos alinhadas ao piso do ônibus facilitando e agilizando o acesso dos passageiros.

Desta forma o sistema BRT é considerado pelo poder público como alternativa viável para a solução dos problemas de transportes existentes na cidade do Rio de Janeiro, que por sua vez, necessitam de mudanças radicais para atingir o nível adequado aos padrões mundiais de deslocamento de passageiros com maior conforto, menor tarifa como também, no menor tempo possível.

Ademais, as pesquisas realizadas pela COPPE/FETRANSPOR indicaram a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias, como por exemplo os sistemas alternativos de propulsão que reduzem o consumo de combustível (híbridos diesel-elétricos), bem como a utilização de ônibus articulados que consomem menos energia por passageiro transportado e que têm este benefício maximizado em regimes operacionais que propiciam maiores velocidades médias, como no caso dos BRT (*Bus Rapid Transit*) e BRS (*Bus Rapid System*), também implantado no Município do Rio de Janeiro, apresentando-se como opções aplicáveis à realidade das cidades brasileiras.

O estudo da COPPE/FETRANSPOR no sistema BRT (Bus Rapid Transit) da cidade do Rio de Janeiro, considera primordial a utilização de veículos de alta capacidade, com potencial possibilidade de emprego de energias mais limpas que os ônibus convencionais, bem como o uso da faixa de segregação longitudinal total (corredores exclusivos), possibilitando desta forma agilidade no embarque e desembarque de passageiros por meio de plataformas elevadas em veículos nivelados com o piso das estações e adoção de sistema de pré- pagamento de tarifas fora dos veículos.

Neste sistema as linhas “alimentadoras” são as responsáveis pela “alimentação” desses mesmos troncais, que se conectam, preferencialmente, por meio de terminais de integração, ligando os centros de comércio e serviços, bem como os centros de alcance local aos centros de alcance metropolitano e/ou municipal, estando essas últimas linhas operadas por veículos de média ou baixa capacidade.

No que tange à pesquisa da COPPE/FETRANSPOR, esta considera as linhas interbairros como responsáveis pela ligação secundária entre centros de alcance local, centros de comércio e serviços, centros de alcance metropolitano e municipal, podendo conectar-se com linhas alimentadoras e linhas troncais, preferencialmente por meio de terminais de integração, operados com veículos de média ou baixa capacidade.

Assim, a pesquisa em questão suscitou à época que:

“uma prática operacional em implantação no Município do Rio de Janeiro, o BRS (Bus Rapid Service), que considera faixas parcialmente segregadas para transporte coletivo, sendo necessária a reordenação dos pontos de parada dos ônibus e uma adequação dos locais de embarque e desembarque, poderia ser classificada como linha alimentadora ou interbairros, dependendo sua função. Cada uma das linhas (troncais, alimentadoras e interbairros) citadas acima possui características de operação próprias, de modo que se deve utilizar tipos de veículos que sejam adequados a sua operação, como por exemplo, micro-ônibus, mini ônibus, midi ônibus, ônibus convencional tipo 1, ônibus convencional tipo 2, ônibus padron e ônibus articulado, dotados de sistema de propulsão convencional ou alternativo, (...)”, “tanto os veículos que possuem sistema de propulsão convencional, quanto os que possuem sistema de propulsão híbrido devem atender aos limites de emissão estabelecido pelo PROCONVE, (...)”.

A utilização de sistemas alternativos de propulsão redutores do consumo de combustível (híbridos diesel-elétricos), bem como a utilização de ônibus articulados que consomem menos energia por passageiro transportado, com benefício maximizado em regimes operacionais que propiciam maiores velocidades médias, apresentam-se como opções aplicáveis à realidade das cidades brasileiras, especialmente no Rio de Janeiro.

2.1.1 Qual o escopo do projeto?

O escopo do projeto abrange o trecho TransOlímpica, indo desde o Terminal Recreio ao Terminal Centro Olímpico, que é constituído pelas estações Terminal Recreio, Catedral do Recreio, Tapebuias, Ilha Pura, Olof Palme e Terminal Centro Olímpico.

A justificativa para a escolha do referido trecho para implantação de ônibus elétrico, movido por energia limpa e renovável de forma experimental é a pequena extensão do corredor, bem como a viabilidade de áreas de manobras nos Terminais do Recreio e do Centro Olímpico.

Estas medidas visam estimular as políticas públicas sustentáveis de transporte público movido à energia solar, tornando o BRT uma forma de transporte mais atraente, eficiente e barata para a população.

O projeto inicial BRT foi dividido em quatro áreas distintas de transporte de massa, voltados a atender a população em seus trajetos, os quais apresentavam extensão total de mais de 160Km, dispo de 145 estações, atendendo a cerca de 1.630.000 de habitantes/dia.

Assim, foi previsto à época de seu projeto/implantação quanto à cada trajeto/local, uma redução de tempo estimada em: TransOeste – de 100min para 40min. TransCarioca: – de 100min para 60min. TransOlímpica – de 100min para 40min. TransBrasil (em construção) – de 100min para 50min.

2.1.2 O BRT e sua implantação

O sistema de Transporte Rápido por Ônibus (*Bus Rapid Transit* - BRT) na cidade do Rio de Janeiro teve como trecho inicial o corredor TransOeste, sendo a primeira fase inaugurada no ano de 2012, interligando a Barra da Tijuca a Santa Cruz, na Zona Oeste, tendo sofrido ampliação do trecho para Campo Grande e Paciência. Em 2016, foi incluído o Lote Zero, realizando integração com a Linha 4 do Metrô no

Terminal Jardim Oceânico, totalizando cerca de 60 quilômetros de pista exclusiva.

Em 2014, antecedendo a Copa do Mundo no Brasil foi inaugurado novo trecho do corredor expresso interligando o terminal Alvorada, na Barra da Tijuca ao Aeroporto Internacional Tom Jobim, na Ilha do Governador, ampliando o corredor de ônibus em mais 39 quilômetros, 45 estações, passando, desde então, por 27 bairros da zona norte e oeste, sendo integrado com o trem da Supervia (estações Manacéia e Olaria), bem como com a Linha 2 do Metrô na estação de Vicente de Carvalho.

O trecho do corredor TransOlimpica, com 26 quilômetros de pista, foi inaugurado em 2016, sendo composto por 18 estações e mais 3 terminais - Recreio, Centro Olímpico e Sulacap. A conservação deste trecho é realizada pela Concessionária ViaRio S.A., diversamente da conservação dos trechos TransOeste e TransCarioca que é realizada pela prefeitura do Rio de Janeiro. Como visto na Tabela 1.

Tabela 2: vantagens e desvantagem das baterias

Corredor	Principais Bairros Atendidos	Nº de Estações	Horário de Funcionamento
TransOeste	Santa Cruz, Campo Grande, Guaratiba, Recreio, Barra da Tijuca, Jardim Oceânico	74	5h–1h (troncais) / 24h (alguns serviços)
TransCarioca	Barra da Tijuca, Jacarepaguá, Madureira, Penha, Ramos, Cidade Universitária, Galeão	45	24h
TransBrasil	Centro, Caju, Maré, Ramos, Vigário Geral, Irajá, Guadalupe, Deodoro	44	24h
TransOlimpica	Recreio, Curicica, Taquara, Jardim Sulacap, Magalhães Bastos, Vila Militar, Deodoro	18	24h

Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/BRT_do_Rio_de_Janeiro>

2.1.3 Equilíbrio do projeto – Social, Econômico, Ambiental, Urbanístico, Financeiro, Técnico-operacional

O sistema de Transporte Rápido por Ônibus (*Bus Rapid Transit* - BRT) deverá incluir o maior número de usuários e transportá-los no menor intervalo de tempo possível, ante às grandes distâncias percorridas por esta parcela da população que sofre diariamente com os grandes congestionamentos no percurso casa-trabalho-casa.

O sistema tarifário deverá atender simultaneamente, sendo o Grupo 1 o mais abrangente, por incluir o equilíbrio econômico, social, ambiental e urbanístico, enquanto o Grupo 2, abrange apenas o equilíbrio técnico-operacional, porquanto o Grupo 3 restringe-se ao equilíbrio financeiro.

Neste sentido o sistema financeiro-tarifário deverá levar em consideração, o menor valor da tarifa, o menor tempo de acessibilidade à estação, o menor tempo de viagem, o menor headway entre Veículos, a maior regularidade do headway, tanto menor o tempo de espera na plataforma, e um melhor nível de conforto na estação. Desta forma os estudos da COOPE/FETRANSPOR apontaram na ocasião que:

“No caso dos SPA, foram feitas comparações entre veículos convencionais movidos a óleo diesel e veículos híbridos (diesel-elétricos) e/ou veículos elétricos a célula combustível (movidos a hidrogênio). Do mesmo modo que no item anterior pode-se verificar que tais pesquisas tiveram como foco os aspectos custo, rendimento energético e emissões de poluentes atmosféricos de forma isolada ou conjuntamente.

Para os veículos híbridos diesel-elétricos, os estudos analisados apresentaram resultados de rendimento energético variando entre -11% a +37% e de custos operacionais variando entre + 46% a + 92% em relação aos veículos convencionais movidos a óleo diesel. Em relação ao custo de manutenção, verificou-se um aumento de +76% a +150% quando comparados aos veículos convencionais movidos a diesel.

No que tange as emissões de poluentes atmosféricos foi possível observar que as experiências analisadas relatam redução na emissão de CO (entre 70% e 90%), HC (entre 80% e 90%) e MP (cerca de 90%). No caso do NO_x, não foi possível verificar tendência de redução.

Ao analisar os estudos onde foram feitas comparações entre veículos convencionais movidos a óleo diesel e os veículos elétricos a pilha de combustível, verificou-se que este último apresenta custo de manutenção superior ao veículo convencional movido a óleo diesel, variando de + 67% a + 134%, e tendo chegado a + 450% no caso de testes com protótipos de veículos.”

Em relação aos aspectos técnicos do BRT, é pertinente a reflexão quanto a viabilidade técnica e a capacidade de atendimento da demanda referentes a 3 itens: veículos, equipamentos, combustíveis e aditivos. Em contrapartida, relevante se faz também a análise ambiental em relação a emissão de poluentes atmosféricos locais (CO, MP, NO_x e HC) e CO₂, bem como a análise dos níveis de emissão dos referidos gases pelo sistema de BRT atual.

Por fim, ressalte-se o aspecto urbanístico ante a necessidade de integração desse modal com os demais tipos pré-existentes, bem como a construção de estações e terminais de BRT adequados e dimensionados para a demanda de usuários locais.

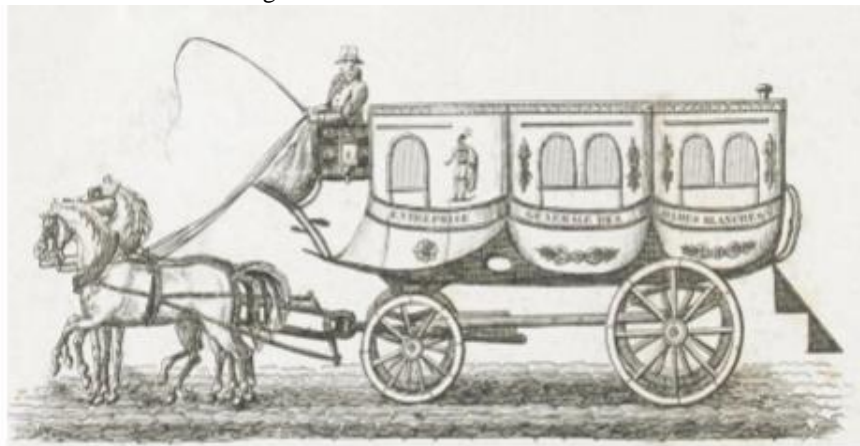
2.2 CONCEITO E CONCEPÇÃO: ENTENDENDO O ÔNIBUS ELÉTRICO E O PROJETO

2.2.1 Breve histórico da evolução do ônibus até chegar ao Ônibus Elétrico

Guenther (2016) explica o que o ônibus surgiu com o objetivo de ser um veículo para transporte de um elevado número de pessoas. Historicamente o primeiro serviço de ônibus foi idealizado por Blaise Pascal em 1662. Com efeito, em sua estreia não era caracterizado por ser um serviço popular, pois suas tarifas eram consideradas caras para época o que levou sua utilização apenas pelas classes dominantes da época. Após de 20 anos de funcionamento o serviço encerrou e não se teve mais registros até o século XIX.

Para Guenther (2016) a partir de 1820, John Greenwood, adquiriu alguns cavalos, e uma carruagem com vários assentos com objetivo de transportar passageiros por um trajeto que ligava a cidade de Manchester a Liverpool, na Inglaterra. Na mesma época, na França, um serviço de transporte semelhante mas chamado Paris omnibus, começou a transportar a passageiros, assim deu-se origem deste nome, pois vinha o trajeto de partida desta linha que ficava em frente a uma loja de chapéus contendo a seguinte frase em sua fachada Omnes Omnibus que do latim significa "tudo em todos". Modelo apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Ônibus de Paris em 1828



Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016

Segundo Guenther (2016) o processo evolutivo continuaria e a partir de 1830 surgiram os primeiros ônibus movidos à vapor, mais rápidos e que causariam na época menos danos às ruas das cidades. Entretanto estes veículos, este tipo de transporte não obteve continuidade pelos custos de pedágios e limites de velocidades impostos em alguns países da Europa.

O ônibus à combustão interna teve seus primeiros registros de operação a partir de 1890. Sua expansão deu-se em Londres e impulsionou a produção em escala do primeiro modelo de ônibus à combustão, o **B-Type**. Sua produção iniciou-se 1910 e após 10 anos mais de 3.000 unidades já haviam sido construídas. Como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Primeiro ônibus à combustão a ser produzido em escala



Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016

O primeiro veículo elétrico foi construído em 1835 em Vermont – Estados Unidos, pelo ferreiro Thomas Davenport. Guenther (2016) explica que desta época até início do século 20, uma grande quantidade de veículos elétricos que andavam sobre trilhos foi produzida, sendo que em 1900, 28% dos

veículos produzidos nos Estados Unidos era elétrico.

Para o autor Thomas Edison, em 1908, ele apresentou uma bateria que combinava níquel e placas de ferro, muito mais eficiente que as baterias de chumbo ácido da época, porém o custo para a produção era muito elevado, tornando-se inviável. Como visto na Figura 3.

Figura 3 - Veículo elétrico de Edison de 1908



Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016

Os irmãos Siemens, em 1881, apresentaram o primeiro conceito de Trólebus, um ônibus elétrico que funcionaria conectado à rede de alimentação urbana, ou seja, um ônibus comum seria conectado por dois fios à rede de energia elétrica, permitindo contatos rolantes transmitirem a corrente até o bonde, sem a necessidade de correr sobre trilhos e sim nas ruas.

Figura 4 - Primeiro trólebus construído no mundo



Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016.

No Brasil, os primeiros trólebus apareceram na cidade de São Paulo em 1949. Nos anos seguintes, entre 1950 e 1960, outras cidades como Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Porto Alegre e Fortaleza investiram nesta tecnologia.. Como apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Primeiro trólebus fabricado no Brasil



Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016.

Neste trabalho a concepção que utilizamos é a do ônibus a bateria de preferência articulados que são veículos movidos somente com a utilização de motores elétricos, os quais são alimentados por um conjunto de baterias. Possui sistema de frenagem regenerativa, estes modelos de ônibus podem ser recarregados durante as paradas finais das linhas, durante a noite. Por não apresentar motor a combustão, destaca-se por ser ecologicamente correto, com emissão zero de poluentes e apresentar baixo ruído podem ser recarregado através de energia solar. Como apresentado na foto abaixo o ônibus da empresa “Build Your Dreams”- **BYD**, cuja tradução é construindo sonhos, que possui 15 metros e irá atuar em São Paulo. Como demonstrado na Figura 6.

Figura 6 – Ônibus elétrico a bateria.

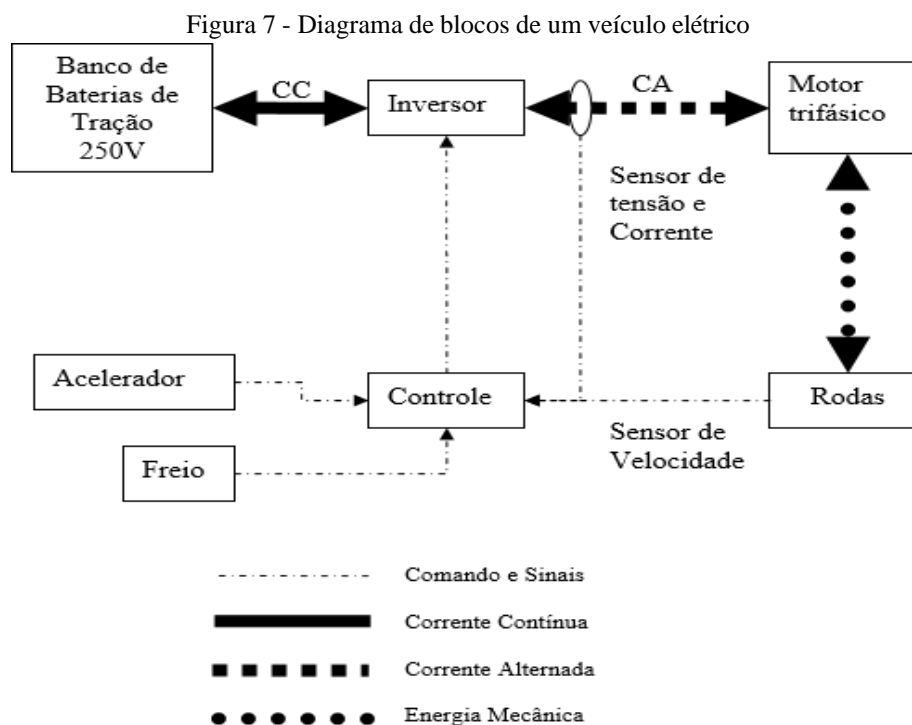


Fonte: <https://diariodotransporte.com.br/2017/04/07/fabrica-de-onibus-eletricos-da-byd-campinas-ja-nasce-com-encomendas-diz-empresa/> acesso 01/01/2018.

2.3 PARÂMETROS TÉCNICOS

2.3.1 Modelos gerais de funcionamento dos veículos elétricos

Segundo Noce (2010), um veículo que utiliza corrente contínua da bateria e corrente alterada no motor, apresenta geralmente o seguinte diagrama de blocos, mostrado de modo simplificado.

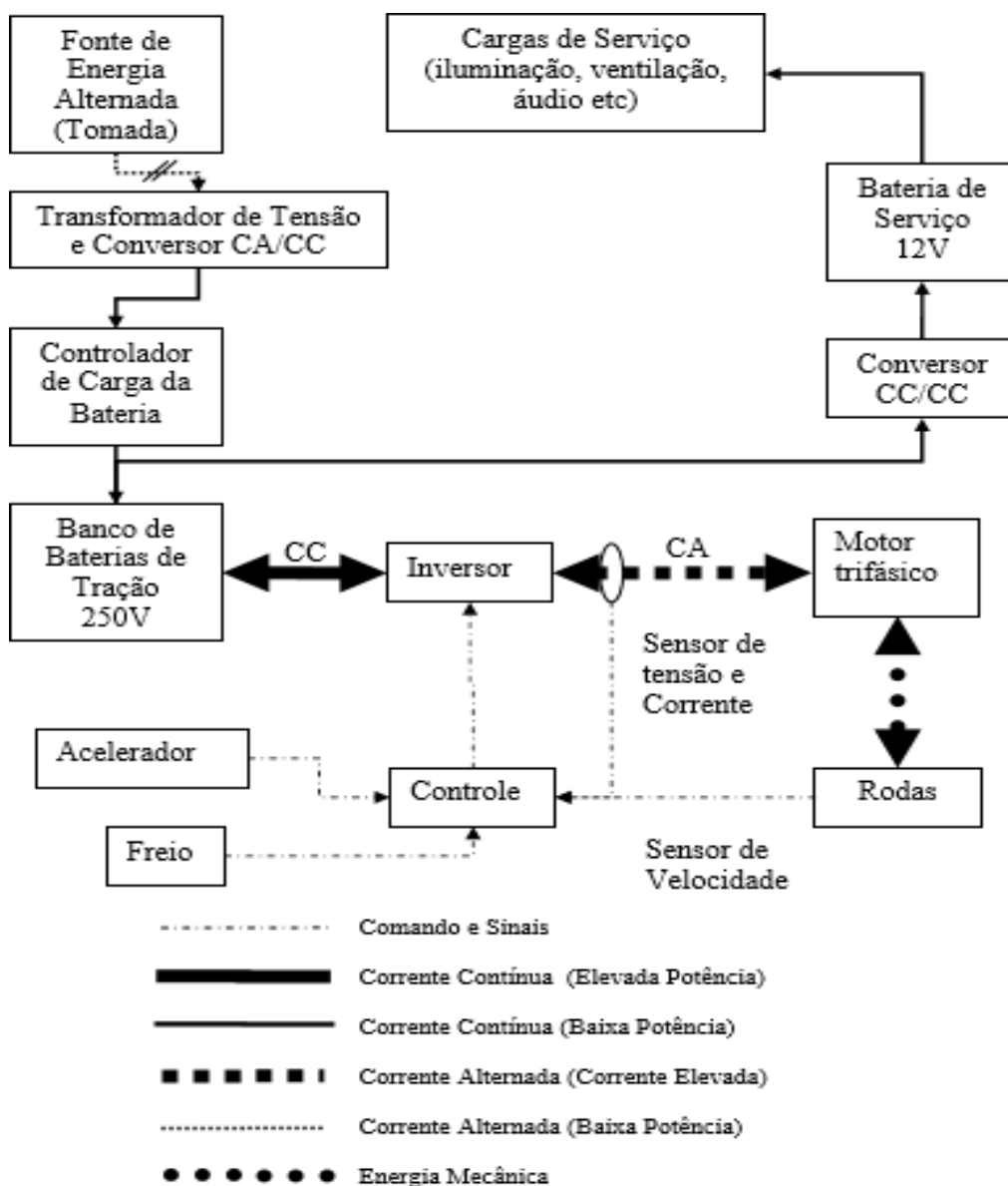


Fonte: NOCE, Toshizaemom. Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento. Belo Horizonte, 2010.

Na Figura 7, supracitada neste modelo de bloco, idealizado por Noce (2010), verifica-se uma seta dupla entre o banco de baterias, o inversor, entre o motor trifásico e as rodas. Isso indica que o fluxo de energia ocorre nos dois sentidos, ou seja, o banco de baterias de tração também é responsável pela energia para a movimentação do veículo e, quando em frenagem, recupera parte da energia cinética do veículo sob a forma de energia eletroquímica, no banco de baterias de tração. Segundo Noce (2010) um dos principais atrativos propostos nos veículos elétricos é a possibilidade de extrapolar a recuperação de energia através das interfaces presentes no próprios veículos, como exemplo o carregamento do banco de baterias de tração e da bateria de serviço (de 12V).

Por que são encarregadas de armazenar e fornecer energia para o sistema elétrico convencional do veículo, ou seja, gera energia para o sistema composto pelas cargas dos sistemas de iluminação, ventilação, arrefecimento, áudio e alarme, dentre outros, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 8 - Diagrama de blocos de um veículo elétrico - conversor CC/CC e cargas de serviço.

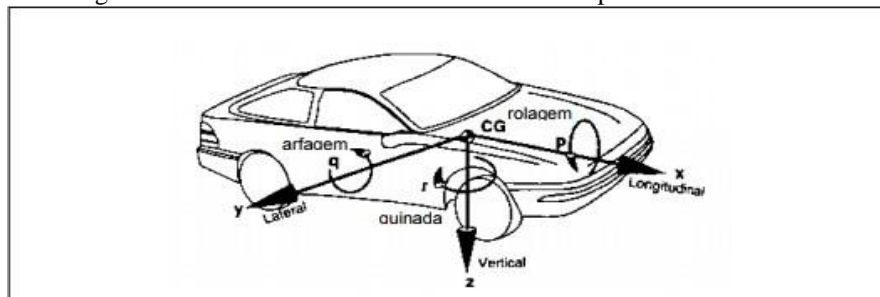


Fonte: NOCE, Toshizaemom. Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento. Belo Horizonte, 2010.

2.3.2 Dinâmica geral de funcionamento dos Motores elétricos

A dinâmica veicular é o movimento das forças atuantes sobre os veículos e sobre suas respostas. Sendo assim, seu estudo refere-se ao entendimento realizado em dois níveis: baseado em ensaios experimentais e o analítico. Com efeito. O comportamento de qualquer veículo terrestre é o resultado das interações entre o condutor, o veículo e o meio ao seu redor. O entendimento da dinâmica de um veículo terrestre dar-se - a pela compreensão das forças e movimentos, para tal há normas e parâmetros, que fazem jus ao processo científico, daí o uso de um sistema de coordenadas fixo ao centro de gravidade do veículo no caso da Figura abaixo é norteado pelo sistema europeu. Como visto na Figura 9.

Figura 9 - Sistema de coordenadas recomendado pela norma SAEJ670.



Fonte: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/13750/13750_4.PDF, acesso 15/01/2018.

Noce (2010) destaca que os estudos clássicos de dinâmica veicular foram desenvolvidos, majoritariamente, com base em veículos equipados com motores de combustão interna. Contudo, o avanço tecnológico e a crescente necessidade de redução da poluição atmosférica têm impulsionado a consolidação dos veículos elétricos como uma tendência no setor de transportes. Nos primeiros modelos de veículos elétricos, as limitações relacionadas à menor densidade energética das baterias, quando comparadas aos combustíveis fósseis, resultavam em menores velocidades e autônias. Dessa forma, conforme explica Noce (2010), tornava-se essencial o uso eficiente da energia armazenada, o que reforça a importância da análise da dinâmica veicular para identificar a contribuição das forças resistivas no consumo energético.

Segundo Noce (2010), uma das principais vantagens dos motores elétricos está na sua capacidade de fornecer torque máximo desde a rotação nula, eliminando a existência de um limite mínimo de funcionamento. Essa característica possibilita a redução ou até a eliminação de transmissões de múltiplas velocidades e do acoplamento convencional entre motor e transmissão, diferentemente do que ocorre em veículos com motores de combustão interna. Embora o autor não tenha como foco a análise do impacto dessa mudança no comportamento do condutor, torna-se evidente a necessidade de compreender as diferenças operacionais entre os dois sistemas. Assim, a comparação entre o torque transmitido às rodas em função da velocidade do veículo, apresentada na Figura 10, permite evidenciar as distinções fundamentais entre veículos elétricos e veículos a combustão, contribuindo para a compreensão da dinâmica veicular e de seus efeitos no desempenho e na eficiência energética.

Figura 10 - Comparação do Torque

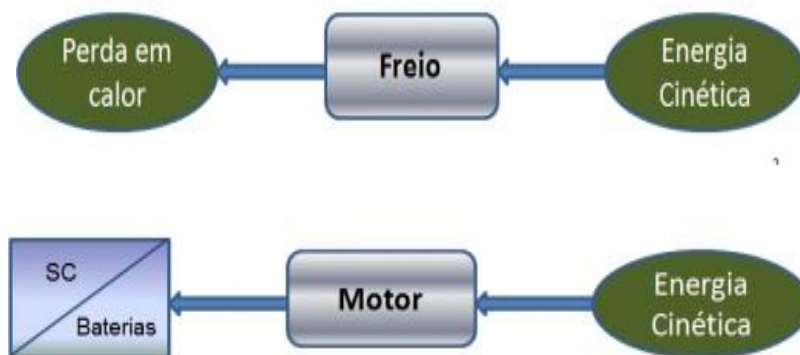


Fonte: NOCE, Toshizaemom. Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento. Belo Horizonte, 2010.

Noce (2010) apresenta as seguintes vantagens dos motores elétricos em relação aos de combustão interna: a primeira é a maior eficiência energética em função da maior eficiência de transformação da energia elétrica, armazenada nas baterias sob a forma de energia química, em energia mecânica. Explica-se porque a energia química armazenada no combustível deve passar por um processo termodinâmico para prover energia mecânica às rodas. Com efeito, só há o consumo da energia quando em movimento, já que no motor elétrico a energia é transformada de maneira mais adequada à característica de funcionamento urbano do automóvel, sem a limitação de rotação mínima de funcionamento; a manutenção menos frequente e mais simplificada: Como as temperaturas dos sistemas de transformação de energia dos sistemas são baixas, ocorre menor degradação dos elementos de atrito, lubrificação e vedação, além da grande simplificação no número de peças;

Ainda como vantagem tem-se segundo o uso de frenagem regenerativa tem como objetivos a recuperação da energia cinética e a minimização do desgaste dos freios mecânicos. Em um veículo elétrico, a redução da velocidade normalmente faz a máquina elétrica passar a operar como gerador, havendo um retorno de energia para as fontes, a depender da topologia e do comando aplicado ao conversor eletrônico de potência como apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Fluxo de energia: freio mecânico versus regenerativo



Fonte: Paredes, Pérez. Frenagem Regenerativa em Veículo Elétrico Acionado por Motor de Indução: Estudo, Simulação e Verificação Experimental

Para Perez (2013) a utilização da frenagem regenerativa tem como objetivos a recuperação da energia cinética e a minimização do desgaste dos freios mecânicos. Consta-se que em um veículo existe uma redução da velocidade que normalmente faz a máquina elétrica passar a operar como gerador, sendo assim, ocorre um retorno de energia para as fontes, em termos lógicos, depende da topologia e do comando aplicado ao conversor eletrônico de potência. Com efeito, o sistema de frenagem regenerativa mostra-se mais eficiente para o veículo, como também potencialmente há melhor desempenho de frenagem.

Noce (2010) apresenta algumas desvantagens para os motores e veículos elétricos, sendo a principal a reduzida autonomia dos veículos e alto tempo de recarga. Isso se explica segundo a autora:

“ a energia específica, em Wh/kg, de uma bateria é da ordem de 60 vezes inferior à da gasolina, para se atingir uma autonomia comparável ao automóvel tradicional, a massa das baterias torna-se inviável tecnicamente, além de seu elevado custo de produção.”

Para Noce (2010) é a principal razão pela qual o foco dos veículos elétricos sejam os centros urbanos, sendo que para percursos extra-urbanos torna-se necessário algum tipo de hibridização da propulsão elétrica com algum combustível, tendo se em vista atingir autônias mais elevadas.

“Como a energia armazenada em mais de 47kg de baterias modernas equivale apenas àquela presente em um litro de gasolina, o uso desta energia deve ser bem determinado a fim de se garantir uma autonomia adequada ao veículo elétrico. Um veículo com desempenho mais contido e adequado ao trânsito urbano maximiza a transformação da energia elétrica em movimento, uma vez que as forças resistivas aumentam com velocidade.”

Para Noce (2010) o projeto de um veículo elétrico urbano, deve-se prever desempenhos mais adequados à condução urbana que um veículo à combustão.

“As velocidades máximas permitidas nos grandes centros brasileiros oscilam de 60 a 90km/h, com raras exceções. Um veículo elétrico voltado para uso urbano, com velocidade máxima superior à recomendada por lei, pode contribuir para a redução de sua autonomia de maneira sensível. Para acompanhar o trânsito urbano das grandes cidades brasileiras, uma aceleração de 0-60km/h entre 12 a 15 segundos é adequada.”

Com o avanço da tecnologia os veículos elétricos estão sendo estudados e criados para serem autônomos como será demonstrada a seguir no caso de sucesso, essa autonomia se dará pela utilização de energia fotovoltaica com baterias eficientes.

2.3.3 Baterias de Lítio

O lítio, identificado pioneiramente pelo brasileiro José Bonifácio em 1790, consolidou-se como o metal mais leve e menos denso da natureza. Segundo Castro et al. (2011), suas propriedades físico-químicas — como a baixa massa atômica (6,94) e o elevado potencial de redução (3,045V) — tornam as baterias de íon-lítio a tecnologia mais promissora para o transporte sustentável.

Diferente de sistemas convencionais, essa categoria de baterias destaca-se pela alta densidade energética, recarga rápida e ausência de efeito memória. Castro et al. (2011) detalha que a versatilidade dessas baterias reside na variedade de materiais dos eletrodos: enquanto o anodo utiliza geralmente grafite, o catodo pode variar entre ligas como LFP (adotada pelos ônibus Orion/Mercedes e BYD), NCA (utilizada pela Tesla) e NMC (presente no GM Volt). Abaixo, na Tabela 2, apresenta-se uma síntese das características técnicas das principais variantes citadas por Castro et al. (2011):

Tabela 2: vantagens e desvantagem das baterias:

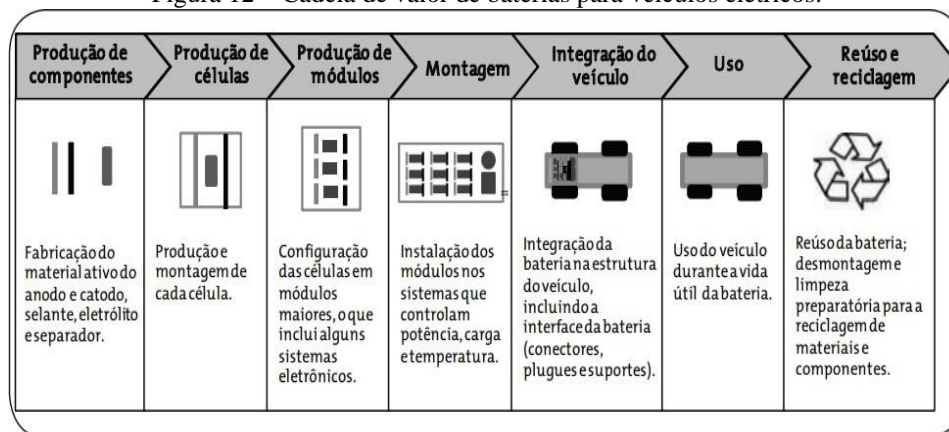
Química	Principais vantagens	Principais desvantagens	Uso em veículos elétricos
NMC (LiNiMnCoO₂)	Bom custo-benefício; alta densidade energética	Menor estabilidade térmica; degradação na ciclagem	Eletrônicos e protótipos de VE
NCA (LiNiCoAlO₂)	Alta densidade energética	Baixa estabilidade térmica; pico exotérmico elevado	Alguns veículos de série
LMO (LiMn₂O₄)	Menor custo; menor impacto ambiental	Perda progressiva de capacidade	VE de série (Leaf, Volt, i-MiEV)
LFP (LiFePO₄)	Alta estabilidade; baixo custo; longa vida útil	Menor densidade energética	VE de série (ex.: Fisker EV)

Fonte: Castro. *et. al.* Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. BNDES. 2011.

Para Castro. *et.al.* (2011) o mais importante dos desafios do desenvolvimento tecnológico está relacionado com a segurança e a operação equilibrada quando as células são interligadas em série e/ou em paralelo, pois o eletrólito opera em uma faixa bem-definida de tensão. Explica que se os limites forem ultrapassados, podem ocorrer reações exotérmicas, culminando na explosão.

O componente básico de uma bateria é a célula. Dependendo do veículo as células são agrupadas em módulos, que posteriormente são agrupados em *packs*. Sendo assim a arquitetura dos *packs* deve variar conforme o modelo do veículo. Para que seja entendida a importância dos *packs* na Figura 12, apresenta-se a cadeia de valor de baterias para veículos elétricos. Condição necessária para avaliação da bateria.

Figura 12 – Cadeia de valor de baterias para veículos elétricos:



Fonte: Castro. *et. al.* Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. BNDES. 2011.

Segundo Castro. *et. al.* (2011) os principais componentes são catodo, anodo, eletrólito e separador e respondem por cerca de 80% do custo de matéria-prima das células. Os demais custos de uma célula são diretamente proporcionais à escala de produção sendo de suma importância as pesquisas serem realizadas com o material que compõe o catodo.

Castro. *et. al.* (2011) destaca a mineração de lítio como forma mais corriqueira de extração. Com efeito, para Castro. *et. al.* (2011) o uso em transportes resulta em menos de 1% do mercado global de lítio,

porém, há projeções apontando para uma inversão dessa participação.

Castro. *et. al.* (2011) esclarece a questão da mineração do Lítio. Quando apresenta as quatro empresas que concentram o mercado de exploração e extração: a *Talison* (australiana, com participação no mercado global de 28%), *SQM* (chilena, com 25%), *Chemetall* (alemã, com 17%) e *FMC* (norte-americana, com 14%). Para Castro. *et. al.* (2011) a receita deste mercado é estimado em cerca de US\$ 1 bilhão, para maiores produtores de lítio. Entretanto, o custo de entrada é relativamente alto, o que reduz a atratividade para mineradoras maiores. Segundo Castro. *et. al.* (2011) com o crescimento do mercado, que deve triplicar até 2020, e assim, pode ser possível atratividade para empresas como a empresa Vale do Rio Doce.

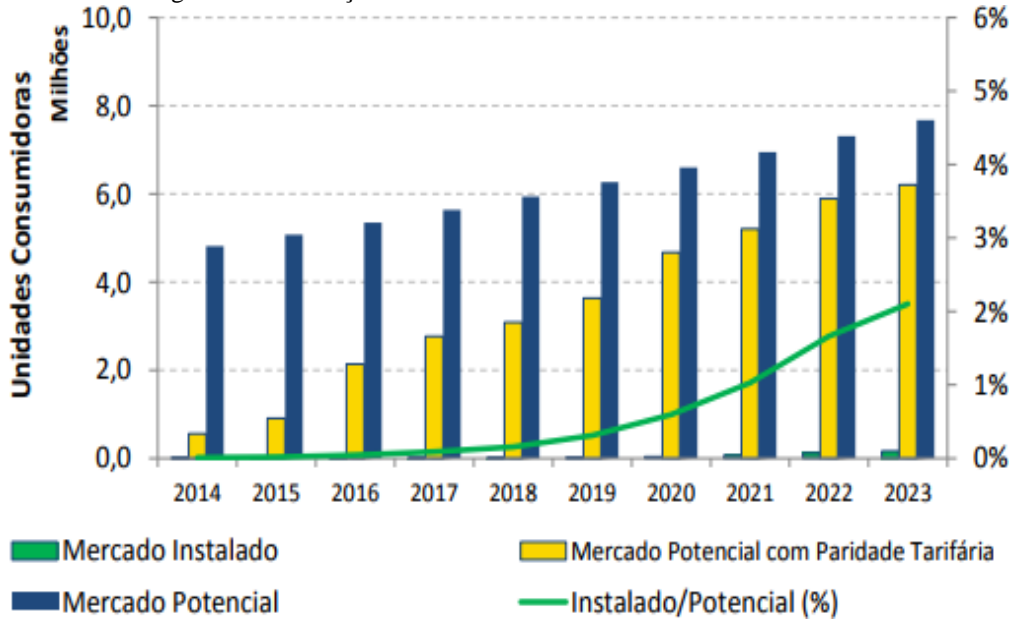
2.3.4 Energia solar no Brasil

Segundo Nascimento (2017), o Brasil produziu em 2016 o equivalente a 81 MWp de energia solar fotovoltaica o que representa cerca de 0,05% da capacidade instalada total no país. Neste ano 24 MWp correspondiam à geração centralizada e 57 MWp à geração distribuída. A utilização da energia solar no Brasil não é expressiva pelas condições favoráveis ao desenvolvimento da fonte no país.

Para Nascimento (2017), o Brasil, possui altos níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos solares, produtos esses de alto valor agregado.

O Brasil possui elevado potencial solar, com níveis médios de radiação entre 1.500 e 2.500 Wh/m², superiores aos de países europeus como Alemanha, França e Espanha, onde a energia solar é amplamente explorada. Entretanto, Nascimento (2017) destaca que, apesar desse potencial, a participação da fonte solar na matriz elétrica brasileira ainda é pouco representativa quando comparada a outras fontes renováveis, como a eólica e a biomassa, que já alcançaram maior grau de desenvolvimento. Segundo o autor, nos últimos anos o país passou a adotar políticas de incentivo à energia solar, como leilões específicos, descontos tarifários e a ampliação das possibilidades de comercialização. Como resultado dessas iniciativas, foram contratados aproximadamente 2,6 GWp de capacidade instalada em leilões realizados em 2014 e 2015, contribuindo de forma significativa para o avanço da fonte no Brasil.

Figura 13 – Evolução do mercado de sistema fotovoltaico no Brasil

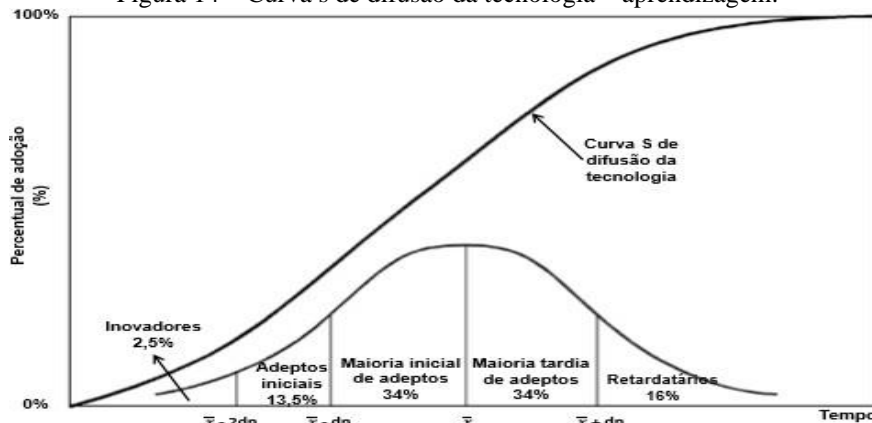


Fonte: Ministério de Minas de Energia. 2014

Em estudo realizado, a EPE (2014), Figura 13, prevê uma provável expansão do mercado da energia fotovoltaica que deve contribuir para prolongar o cenário de redução de custos da fonte verificado nos últimos anos. Com isso deve gerar impactos no custo da tecnologia, com efeito, este aumento de escala de produção pode diminuir o custo trazer para a indústria a viabilidade dos sistemas.

Para o estudo da EPE (2014) a difusão tecnológica iniciada pelos inovadores e adeptos iniciais. Estes usualmente representam 2,5% e 13,5% das adoções, respectivamente. Em todo processo de aprendizagem tecnológico os adeptos iniciais por característica são líderes de capazes de disseminar as informações e afetar as taxas de adoção de forma significativa. Com efeito, gradualmente entram em cena a maioria inicial tardia e por fim os retardatários.

Figura 14 – Curva s de difusão da tecnologia – aprendizagem.



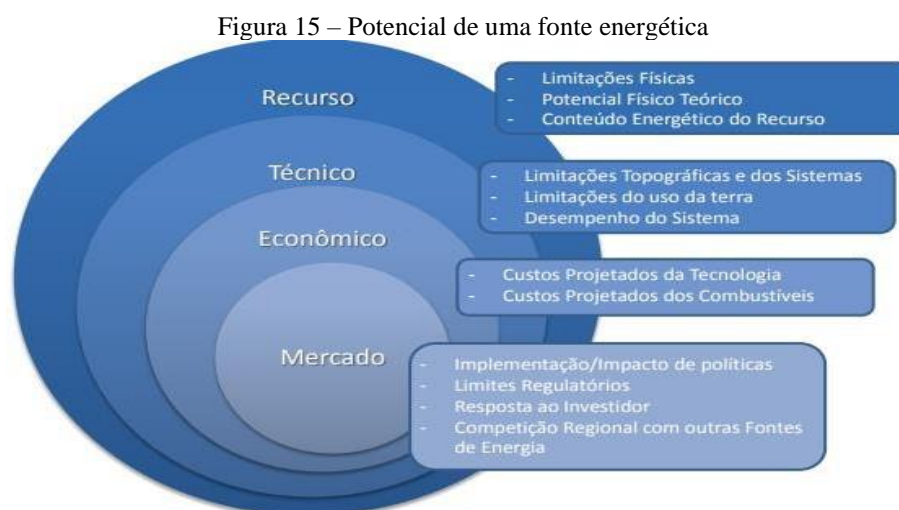
Fonte: EPE. BRASIL. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Ministério de Minas de Energia. 2014

No estudo realizado pela EPE (2014), estimou-se, a partir de dados históricos, uma taxa de aprendizagem que visa mensurar com que velocidade os custos tendem a cair dado o aumento de capacidade acumulada. expansão do mercado da energia fotovoltaica contribui para prolongar o cenário de redução de custos da fonte verificado nos últimos anos. Para mensurar o impacto que este aumento de escala de produção pode trazer para a indústria, diversos autores estimaram, a partir de dados históricos, uma taxa de aprendizagem que visa mensurar com que velocidade os custos tendem a cair dado o aumento de capacidade acumulada.

2.3.4.1 Energia Solar e Geração Distribuída

Para Shayan (2006) a Geração distribuída é a geração elétrica feita perto do local do consumo, independente da dimensão, tecnologia ou da fonte primária de energia. Com este tipo de geração pretende-se maximizar os ganhos com a redução de perdas nas linhas de transmissão e com a possibilidade de co-geração.

O potencial de uma fonte energética pode ser classificado, segundo o esquema mostrado na, em recurso, potencial técnico, potencial econômico e potencial de mercado apresentado na Figura 15.



Fonte: EPE. BRASIL. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Ministério de Minas de Energia. 2014

Shayan (2006) acredita que a argumentação de que a configuração distribuída trará maiores benefícios social é insuficiente para mudar a estrutura econômica do setor energético. Por que a maior parte do consumo de eletricidade é através de hidrelétricas. Entretanto, segundo Shayan (2006), diversas estão em fase de construção e paralisadas devido ao dano ambiental gerado pelas barragens. Todavia o país necessita de energia para crescer e o poder político sobrepuja o social e o ambiental com isso, provavelmente estas usinas serão concluídas.

Shayan (2006) explica que vantagem da energia solar é a sua possibilidade de utilização de forma distribuída, com isso, promove o desenvolvimento social e econômico em todas as regiões, como também diminui os gastos e impactos ambientais nas construções e operações de linhas de transmissão. Segundo Shayan (2006) precisa de tempo para a mudança de paradigma. A sociedade deve aos poucos entender que os sistemas de abastecimento de eletricidade atualmente utilizados não são necessariamente a única maneira possível de fornecer energia. Com isso, devem-se proliferar projetos diversos utilizando do recurso solar, seja de maneira centralizada ou distribuída. Sendo assim, conclui que existe incoerência na utilização do recurso hídrico, criação de barragens, pois aproveitam uma fonte naturalmente dispersa, concentrando-a em uma determinada localidade, para depois distribuí-la através de linhas de transmissão, não é óbvia para os planejadores em geral, uma vez que desafia o modelo atual.

2.4 ASPECTO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Guarieiro (2011) explica grandes quantidades de compostos químicos são emitidas para a atmosfera pelas indústrias, veículos e decorrentes de outras atividades humanas. São mais de 3000 diferentes compostos provenientes da ação antrópica já foram identificados na atmosfera, sendo a maior parte deles orgânicos.

Para Guarieiro (2011) essa mistura complexa de poluentes causa preocupação devido ao impacto à saúde e ao ambiente. Sendo assim, a determinação sistemática da qualidade do ar deve ser restrita ao número de poluentes, definidos pela sua importância. A escolha recai sempre sobre um grupo de poluentes que servem como indicadores de qualidade do ar, que são regulamentados e de uso universal: dióxido de enxofre (SO₂), material particulado (MP), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e óxidos de nitrogênio (NO_x).

Com efeito, os efeitos da poluição do ar podem ser caracterizados pela alteração de condições consideradas normais e pela potencialização de problemas já existentes, se manifestam na saúde, no bem-estar da população, na vegetação, na fauna, e sobre os materiais.

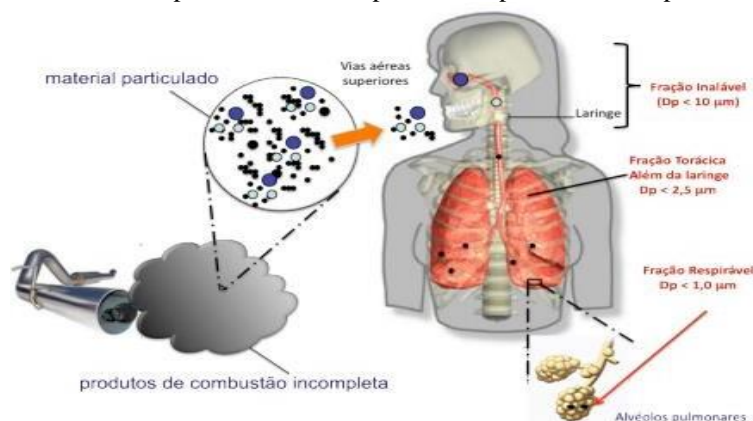
Segundo Guarieiro (2011) o estudo das partículas também é de interesse, pois elas exercem um papel relevante para a vida e envolvem vários domínios do conhecimento e dependendo do seu tamanho, podem se instalar em diferentes regiões do sistema respiratório.

Guarieiro (2011) explica que as partículas inaláveis grossas (fração inalável) são as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio (dp) entre 2,5 e 10 µm (MP_{2,5} e MP₁₀) e as partículas finas ou respiráveis (fração torácica) são as inferiores a 2,5 µm (MP_{2,5}). Segundo Guarieiro (2011) estudos epidemiológicos associaram a exposição às partículas à incidência de mortes prematuras, asma crônica e aumento de internações hospitalares de crianças e pessoas idosas.

Com efeito, Guarieiro (2011) explica que em áreas urbanas, veículos a diesel são importantes fontes

de emissão de partículas ultrafinas e finas que pertencem à fração respirável. Então as partículas ultrafinas e as nanopartículas (diâmetro aerodinâmico $< 0,01 \mu\text{m}$) encontram-se na faixa de partículas finas, onde estão envolvidos diversos processos na sua formação e crescimento, como: vapores, condensação de partículas primárias, coagulação, agregados de partículas, conversão química de gases, gases voláteis, nucleação homogênea, crescimento de núcleos de condensação, e gotículas.

Figura 16 - Representação das áreas de depósito do material particulado proveniente de processos de combustão incompleta

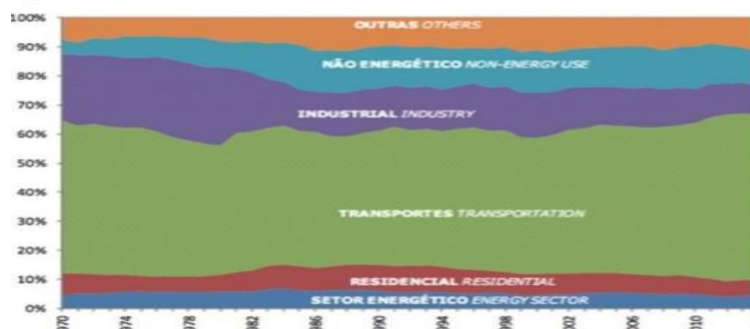


Fonte: Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Bicombustíveis: Uma Breve Revisão

Os padrões atuais de mobilidade urbana, marcada por uma crescente motorização individual, têm elevados custos sociais, econômicos e ambientais. Apesar disso, ações que priorizam a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) na mobilidade urbana não fazem parte da política efetiva na maioria dos países – mesmo que cada vez mais presentes nos discursos políticos de países desenvolvidos. O consumo apresentado na figura 17.

De acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Brasil emitiu 1.246.477 Gg de CO₂ em 2010. Cerca de 32% dessas emissões foram atribuídas ao setor de energia, do qual o setor de transporte representou 41,9% e o transporte rodoviário, 38,5%.

Figura 17 - Composição setorial do consumo de derivados de petróleo no Brasil



Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016

Comparando as emissões de motores de ciclo diesel utilizando diesel e biodiesel, em geral, o uso do biodiesel emite menos CO (60%) que o óleo diesel, mais NOx (80%) e aumenta o potencial de formação de ozônio. Com efeito, Segundo Guarieiro (2011) as emissões de benzeno e aldeídos também são maiores quando se utiliza biodiesel. Entretanto, as emissões de aldeídos e HPA, e de outros poluentes não regulamentados precisam ser mais investigadas para se poderem avaliar melhor os impactos do uso de combustíveis alternativos.

Apesar dos autores apresentarem diferentes pontos de vistas para os impactos causados pelo transporte, a poluição do ar é uma unanimidade entre os estudos, além disso, a poluição sonora também é um consenso entre os efeitos do transporte urbano. Os ruídos gerados pelo transporte urbano dependem de diferentes fatores como, tamanho do motor, tipo de condução do motorista, estado de conservação do veículo. Como pode ser visto na Tabela 3..

Tabela 3 - Efeitos ambientais externos do transporte

Categoria de impacto	Exemplos recorrentes citados
Ambientais	Poluição do ar, poluição da água, ruído, vibração, lixo sólido, perda/uso do solo
Urbanos e territoriais	Congestionamento, estacionamento, expansão urbana, destruição urbana, impacto visual
Socioeconômicos	Acidentes, valor da terra/propriedade, recursos naturais
Mobilidade e tráfego	Perturbação do tráfego, efeito “barreira”, consumo de energia
Patrimônio e paisagem	Impacto em construções históricas, paisagem urbana

Fonte: Guenther. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. 2016

Segundo a Prefeitura do Rio de Janeiro a redução de emissões de GEE é um dos projetos estabelecidos como estratégicos da Cidade. Metas de redução de emissões foram definidas e consolidadas pela Lei Municipal de Mudanças Climáticas e Desenvolvimento Sustentável, publicada em janeiro de 2011. As metas foram fixadas tendo como referência as emissões totais verificadas em 2005. Os objetivos de redução foram assim definidos: evitar 8% das emissões de 2005 em 2012 (0,959 Mt CO₂e), 16% em 2016 (1,9 Mt CO₂e) e 20% (2,43 Mt CO₂e) em 2020.

3 METODOLOGIA

O estudo adota uma abordagem qualitativa aplicada, estruturada a partir de uma análise técnico-comparativa multicritério, amplamente utilizada em pesquisas sobre mobilidade urbana sustentável e tecnologias de transporte de baixa emissão (Banister, 2021; Litman, 2022). Essa abordagem justifica-se pela complexidade do objeto de estudo, que envolve simultaneamente dimensões técnicas, ambientais, operacionais, econômicas e institucionais, não passíveis de avaliação por um único indicador quantitativo.

A pesquisa caracteriza-se como aplicada por buscar subsidiar decisões práticas relacionadas à adoção de ônibus elétricos em corredores urbanos de alta capacidade. Conforme Creswell e Poth (2021), abordagens qualitativas são adequadas para avaliar a viabilidade de soluções tecnológicas em contextos reais. Metodologicamente, o estudo combina revisão narrativa da literatura, análise documental e estudo de caso exploratório, procedimentos recorrentes em estudos recentes sobre eletrificação do transporte coletivo (Bowen, 2020; UITP, 2022; IEA, 2023).

A revisão da literatura permitiu identificar o estado da arte sobre sistemas BRT, tecnologias de propulsão elétrica e armazenamento de energia, enquanto a análise documental concentrou-se em planos de mobilidade urbana, relatórios técnicos e documentos normativos. O estudo de caso, de caráter exploratório e instrumental, tem como recorte espacial o corredor BRT TransOlimpica, no município do Rio de Janeiro, selecionado por suas características operacionais e potencial para implantação de infraestrutura de recarga. Segundo Yin (2024) e Flyvbjerg (2020), o método de estudo de caso é apropriado para analisar intervenções em sistemas de transporte urbano em contextos reais e complexos.

A análise dos dados foi conduzida por meio de uma abordagem multicritério qualitativa, organizada em três grupos de critérios: (i) sociais, ambientais, econômicos e urbanísticos; (ii) técnicos e operacionais; e (iii) financeiros e de risco, conforme recomendações da literatura internacional sobre planejamento integrado de transportes (ITF/OECD, 2022; IEA, 2023). O procedimento analítico consistiu na comparação qualitativa entre o sistema BRT convencional e a alternativa de ônibus elétrico, buscando identificar vantagens, limitações e condicionantes técnicos. Reconhece-se como limitação a ausência de análises quantitativas detalhadas; contudo, conforme o World Bank (2023), análises qualitativas exploratórias são fundamentais nas etapas iniciais de avaliação de inovações em transporte urbano.

4 CONCLUSÃO

É certo que chegado o século XXI, a demanda por mobilidade urbana tem sido palavra de ordem às administrações públicas mundo afora. Não importa o grau de desenvolvimento alcançado, vez que essa necessidade se apresenta indistintamente e principalmente nos grandes conglomerados urbanos ao redor do planeta.

Na cidade do Rio de Janeiro não foi diferente, principalmente, por quanto se fez necessário o desenvolvimento de uma modernização nos transportes urbanos de massa em face dos eventos – Copa do Mundo de 2014 e Olimpíadas de 2016 – que diante da proximidade de suas realizações imprimiu um ritmo de solução eficaz e moderna ao meio de transporte coletivo até então utilizado.

O BRT findou por sair do papel e tomar as ruas, dispondo de trajetos próprios, exclusivos, e pensados por conta de uma maior modernidade e eficiência a baixo custo, o que não impede sua constante evolução na busca de uma maior eficácia, seja em matéria de custos, equilíbrio social e ambiental e

atualização técnica.

Por conta disso e visando sempre a evolução dos transportes de massa o presente trabalho propõe em um primeiro momento a substituição escalonada dos veículos desse modal (BRT), os quais, embora modernos, com queima de combustível mais eficiente, apresentam ainda que reduzidas emissões de partículas e contaminantes que comprometem de qualquer sorte, mesmo em grau menor dos que seus antecessores, a qualidade do ar que circunda os grandes conglomerados urbanos, onde a cidade do Rio de Janeiro não é exceção.

Assim, a implantação de um veículo movido à energia renovável (solar, elétrica, etc.), por conta de emissões zero (0%) de partículas de contaminantes atmosféricos prevenindo doenças respiratórias, além da drástica diminuição do ruído externo e interno desses veículos não alterará significativamente as características do sistema BRT, haja vista a utilização das vias exclusivas por este empregadas, devendo tão somente serem construídas pequenas centrais elétricas de energia para os veículos que não empreguem captação de energia fotovoltaica (solar).

Diante de tal proposta entende-se a “modernidade” como um processo contínuo que busca acima de tudo, através de uma política pública de transportes voltada aos interesses sociais, a efetivação de uma maior qualidade de vida àqueles que utilizam os transportes públicos urbanos no seu “ir e vir”, independentemente de seus destinos.

REFERÊNCIAS

CASTRO. et. al. Baterias automotivas: panorama da indústria no Brasil, as novas tecnologias e como os veículos elétricos podem transformar o mercado global. BNDES, 2011.

EPE. Brasil. Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos. Ministério de Minas de Energia, 2014.

GUARIEIRO. L. L. N. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Bicompostíveis: Uma Breve Revisão. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), 2011.

GUENTHER. PAULO RENATO. Estudo de Viabilidade para Substituição de Veículos a Combustão por Veículos de Tração Elétrica em uma linha de Ônibus de Curitiba. Universidade Federal do Paraná, 2016.

LTC/PET/COPPE/UFRJ, Laboratório de Transporte de Carga; FETRANSPOR. Alternativas tecnológicas para ônibus no Rio de Janeiro, 2012. <disponível em:<http://www.fetranspordocs.com.br/downloads/37Alternativastecnologicas.pdf>, acesso em: 15.jan.2018>

NASCIMENTO. Rodrigo Limp. Energia Solar no Brasil: situação e perspectivas. Câmara dos Deputados Brasil, 2017.

NOCE, Toshizaemom. Estudo do funcionamento de veículos elétricos e contribuições ao seu aperfeiçoamento. Belo Horizonte, 2010.

PAREDES. Pérez. Frenagem Regenerativa em Veículo Elétrico Acionado por Motor de Indução: Estudo, Simulação e Verificação Experimental, 2013.

RIO DE JANEIRO, Prefeitura da Cidade do. Gestão de Alto Desempenho, 2012.

SILVA, Eduardo Fernandez. Meio Ambiente & mobilidade urbana. São Paulo: Editora SENAC, 2014.

SHAYAN. Rafael Amaral. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, 2006.

<http://energiatecsolar.com.br/page/8/>, acesso. Acesso, 15/01/2018.

<https://diariodotransporte.com.br/2017/04/07/fabrica-de-onibus-eletricos-da-byd-campinas-ja-nasce-com-encomendas-diz-empresa/>. Acesso 01/01/2018.

<http://noticias.ufsc.br/2017/11/onibus-eletrico-alimentado-por-energia-solar-da-ufsc-completa-o-equivalente-a-uma-volta-ao-mundo/>. Acesso 22/01/2018.


<http://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/fotov/blog/2017/04/24/onibus-eletrico/>. Acesso 15/01/2018

<http://www.healthdata.org/>. Acesso 15/01/2018

<http://www.rio.rj.gov.br/web/guest/orgaos-municipais>. Acesso 15/01/2018

**USO DE MACROFIBRAS SINTÉTICAS EM PISOS INDUSTRIAIS: DESEMPENHO
ESTRUTURAL, EXECUÇÃO E VIABILIDADE TÉCNICA**

**SYNTHETIC MACRO-FIBER REINFORCED INDUSTRIAL FLOORING: STRUCTURAL
PERFORMANCE, EXECUTION, AND TECHNICAL VIABILITY**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-006>

João Paulo de Almeida Figueiredo

Mestrado profissional em andamento em Materiais-RJ
Centro Universitário de Volta Redonda, UniFOA, Brasil
E-mail: eng.jpaf@gmail.com
Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0822793648407303>

Diego Sebastian Carvalho de Souza

Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental, PUC-RJ
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: dscs.gp@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-3440-8302>

Thiago Sebastian Carvalho de Souza

Graduado em Administração, Universidade Veiga de Almeida
Universidade Federal Fluminense
E-mail: tsebastian@id.uff.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4825-227X>

Danielle Marçal Vilameá de Souza

Graduado em Arquitetura, Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Universidade do Estado do Rio de Janeiro
E-mail: danielle.marcal.souza@uerj.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4288-760X>

RESUMO

Este estudo avalia o desempenho de pisos de concreto reforçados com macrofibra sintética, considerando aspectos mecânicos, microestruturais e de compatibilidade físico-química. Foram produzidos concretos com resistências características de 25 MPa e 40 MPa, incorporando macrofibra sintética nos teores de 0,0; 2,25; 4,0 e 6,25 kg·m⁻³. A resistência à compressão axial foi determinada aos 7 e 28 dias, sendo observados, aos 7 dias, incrementos de resistência no concreto de 25 MPa com o aumento do teor de macrofibra, alcançando valores médios próximos a 19 MPa. Aos 28 dias, os concretos mantiveram resistências médias entre 25,4 e 27,3 MPa para o Fck 25 MPa e entre 35,3 e 36,7 MPa para o Fck 40 MPa, indicando que a incorporação da macrofibra não compromete o desempenho mecânico do piso. A análise do coeficiente de variação revelou aumento da dispersão dos resultados em teores elevados de macrofibra, associado à dificuldade de homogeneização. As análises por microscopia eletrônica de varredura evidenciaram melhor

distribuição da macrofibra nas dosagens intermediárias, enquanto teores mais altos apresentaram indícios de segregação. As análises por difração de raios X e o ensaio de expansibilidade não indicaram alterações mineralógicas ou expansões acima dos limites normativos. Conclui-se que a macrofibra sintética é tecnicamente viável para aplicação em pisos de concreto, desde que empregada em dosagens controladas.

Palavras-chave: Pavimentos de concreto; Concreto reforçado com fibras; Microestrutura do concreto.

ABSTRACT

This study evaluates the performance of concrete floors reinforced with synthetic macrofibers, considering mechanical, microstructural, and physicochemical compatibility aspects. Concretes with characteristic strengths F_{ck} of 25 MPa and 40 MPa were produced, incorporating synthetic macrofibers at dosages of 0.0, 2.25, 4.0, and 6.25 kg/m³. Axial compressive strength was determined at 7 and 28 days. At 7 days, resistance increments were observed in the 25 MPa concrete as macrofiber content increased, reaching average values near 19 MPa. At 28 days, average strengths remained between 25.4–27.3 MPa for F_{ck} 25 and 35.3–36.7 MPa for F_{ck} 40, indicating that macrofiber incorporation does not compromise the floor's mechanical performance. Coefficient of variation analysis revealed increased result dispersion at high dosages due to homogenization difficulties. Scanning Electron Microscopy (SEM) evidenced better fiber distribution at intermediate dosages, while higher contents showed signs of segregation. X-ray Diffraction (XRD) and expansibility tests indicated no mineralogical changes or expansions exceeding normative limits. It is concluded that synthetic macrofibers are technically viable for concrete floors when used in controlled dosages.

Keywords: Concrete floors; Fiber-reinforced concrete; Concrete microstructure.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação prática do concreto reforçado com macrofibra sintética em pisos industriais, analisando desempenho mecânico, trabalhabilidade, execução e potencial de substituição parcial das armaduras convencionais.

Os dados experimentais utilizados neste capítulo são provenientes da dissertação de mestrado de João Paulo de Almeida Figueiredo (2022), sendo rerepresentados com autorização e participação do próprio autor, que integra o conjunto de autores desta obra.

No Brasil, por volta de 1980 surgiram as primeiras empresas especializadas na produção de pisos industriais que adotavam novos processos executivos e equipamentos modernos e específicos para a atividade. A produção de pisos industriais no mercado brasileiro vem crescendo em grande proporção,

apresentando bons resultados tanto do ponto de vista econômico como da sustentabilidade pela utilização de menor quantidade de insumos para a obtenção de resultados satisfatório.

Devido à heterogeneidade da matriz cementícia, as estruturas de concreto tendem a manifestar fissuras de forma inevitável. Entretanto, conforme aponta Santos (2020), essa condição pode evoluir para patologias graves caso a abertura das fissuras facilite a entrada de agentes agressivos, colocando em risco a vida útil e a estabilidade da edificação diante das condições de exposição.

Segundo Wendland (2022) a concepção de pisos industriais impõe desafios singulares à engenharia de estruturas devido à sua geometria desfavorável, caracterizada por uma elevada relação entre a área superficial e a reduzida espessura da placa. Essa configuração torna o elemento extremamente suscetível a tensões de tração e variações térmicas, o que justifica a necessidade de estudos rigorosos para evitar a ocorrência de manifestações patológicas severas.

No cenário das principais incidências patológicas que comprometem essas superfícies, destaca-se o surgimento de fissuras por retração plástica e secagem, que atuam como portas de entrada para agentes agressivos. Somam-se a isso a baixa resistência à abrasão e o desgaste superficial contínuo, decorrentes do tráfego intenso de empilhadeiras e maquinários pesados.

Um ponto crítico reside no fraturamento do concreto junto às bordas e juntas de dilatação. Nestas regiões, a concentração de tensões é maior, e a ausência de um reforço adequado resulta em esborcinamento, o que prejudica severamente não apenas o valor estético, mas, sobretudo, a funcionalidade operacional. A integridade do piso é vital para a segurança logística; portanto, a introdução de macrofibras sintéticas surge como uma solução estratégica para aumentar a tenacidade do material e garantir o controle efetivo da fissuração desde as primeiras idades do concreto.

Conforme preconizado por Figueiredo (2011), a incorporação de fibras ao concreto atua diretamente na integridade da matriz cementícia, promovendo uma durabilidade superior frente a agentes degradantes. Ao controlar a abertura de fissuras e permitir uma distribuição de cargas mais homogênea, o reforço fibroso minimiza falhas patológicas recorrentes. Daí a necessidade de estudar a aplicação da macrofibra no concreto e melhorar sua capacidade de resposta ao desafio de manter a qualidade dos pisos industriais.

2 METODOLOGIA

A escolha pelo reforço com macrofibras sintéticas nesta metodologia fundamenta-se nas vantagens técnicas observadas em aplicações de pisos industriais. Conforme apontam Costa (2015) e Rodrigues e Montardo (2002), estas fibras desempenham papel análogo ao da malha soldada, garantindo a integridade da matriz de concreto mesmo após episódios de fissuração intensa.

Sob a ótica executiva, o uso de fibras mitiga erros críticos de canteiro, como o posicionamento incorreto da armadura por ausência de espaçadores ou o amassamento do aço devido ao tráfego de operários. Por estarem distribuídas homogeneamente em toda a seção da laje, as macrofibras minimizam a probabilidade de falhas localizadas.

Complementarmente, Pedroso (2025) enfatiza que a adição de fibras é uma estratégia eficaz para o controle patológico, uma vez que altera propriedades fundamentais da matriz, tais como trabalhabilidade, tenacidade, resistência aos diversos esforços (compressão, tração e impacto) e, primordialmente, a inibição da propagação de fissuras.

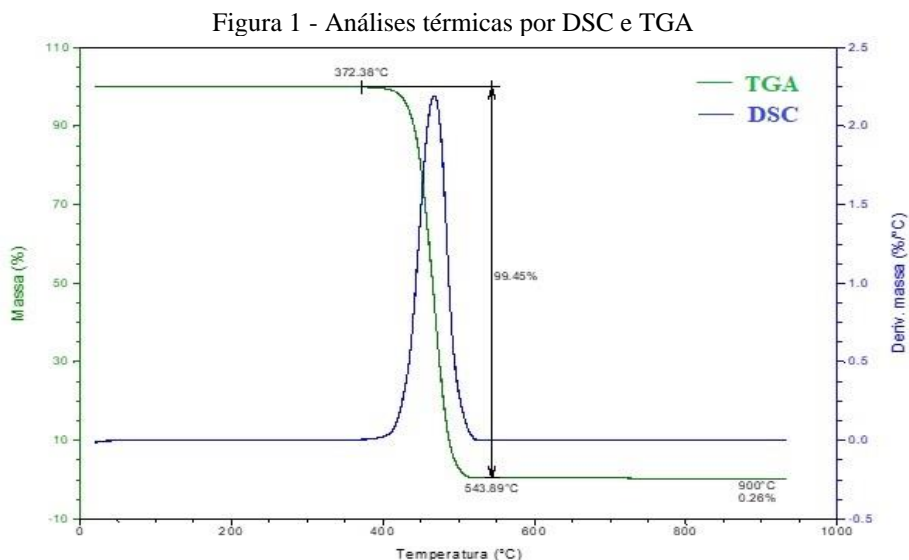
O estudo foi desenvolvido a partir da caracterização da macrofibra sintética e da avaliação do desempenho mecânico e microestrutural de concretos com diferentes teores de incorporação da fibra, visando sua aplicação em pisos de concreto. Inicialmente, a macrofibra sintética foi caracterizada por análises térmicas de calorimetria exploratória diferencial (DSC) e análise termogravimétrica (TGA), realizadas em atmosfera de nitrogênio, com taxa de aquecimento de $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ e faixa de temperatura entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $950\text{ }^{\circ}\text{C}$, com o objetivo de avaliar sua estabilidade térmica. A morfologia da macrofibra foi investigada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), com ampliações de $200\times$.

Para a caracterização do compósito, foram produzidos concretos com resistências características de 25 MPa e 40 MPa, incorporando macrofibra sintética nos teores de 0,0; 2,25; 4,0 e 6,25 $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. A consistência dos concretos no estado fresco foi avaliada por meio do ensaio de abatimento do tronco de cone, conforme a ABNT NBR 16889:2020. Corpos de prova cilíndricos com dimensões de 100 mm \times 200 mm foram moldados, adensados manualmente e curados por imersão em água à temperatura controlada, sendo ensaiados à compressão axial aos 7 e 28 dias, conforme a ABNT NBR 5739.

Após os ensaios de compressão axial, realizados em 80 corpos de prova cilíndricos moldados para oito traços distintos, foram selecionados fragmentos de um corpo de prova rompido aos 28 dias de cada traço, totalizando oito corpos de prova analisados, para as análises microestruturais e mineralógicas. Essas análises foram conduzidas no Laboratório da UniFOA (unidade de Três Poços) por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e difração de raios X (DRX), com o objetivo de avaliar a microestrutura, a homogeneidade da matriz cimentícia e possíveis alterações mineralógicas associadas à incorporação da macrofibra sintética. Adicionalmente, a compatibilidade entre a macrofibra sintética e o cimento Portland foi verificada por meio do ensaio de expansibilidade pelo método de Le Chatelier, conforme a ABNT NBR 11582, utilizando amostras do cimento empregado no estudo associadas à macrofibra nas mesmas proporções adotadas nos traços de concreto.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

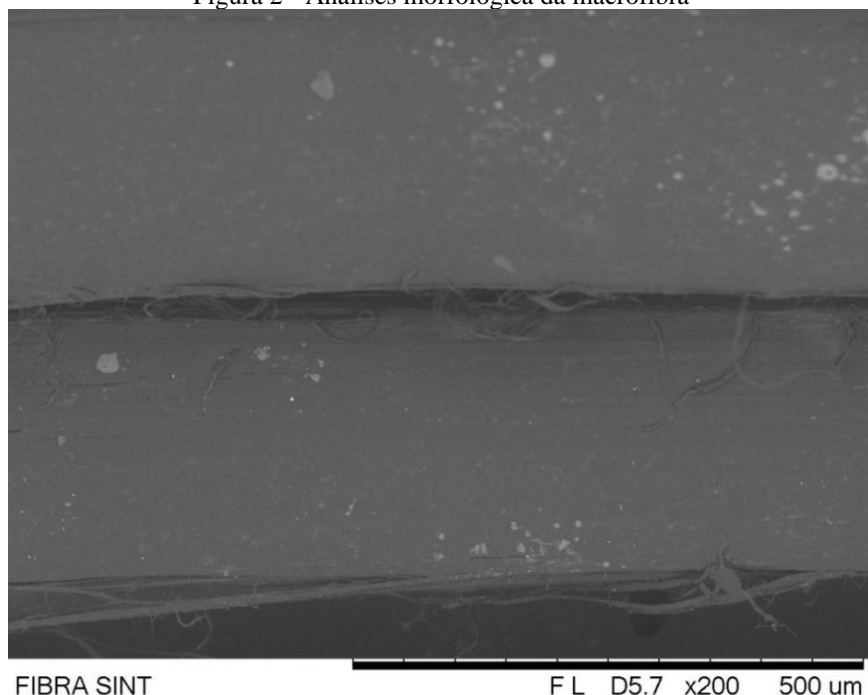
Os resultados obtidos demonstram que a macrofibra sintética apresenta comportamento compatível com sua aplicação em pisos de concreto, tanto do ponto de vista físico-químico quanto mecânico. As análises térmicas por DSC e TGA evidenciaram que a macrofibra possui elevada estabilidade térmica, mantendo-se íntegra até temperaturas superiores a 300 °C, com ocorrência de um único evento de degradação, conforme observado na Figura 1.



Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

Esse comportamento confirma que a fibra não sofre alterações durante os processos de mistura, lançamento e cura do concreto, condições típicas da execução de pisos. A análise morfológica da macrofibra, apresentada na Figura 2, revelou superfície contínua e geometria regular, características que favorecem a interação física com a matriz cimentícia e contribuem para o controle da abertura de fissuras, aspecto fundamental em pisos sujeitos a retração e variações térmicas.

Figura 2 - Análises morfológica da macrofibra



Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

No que se refere ao desempenho mecânico, os resultados de resistência à compressão axial aos 7 e 28 dias, apresentados nas Tabelas 1 e 2, indicam que a incorporação de macrofibra sintética não compromete a resistência do concreto destinado a pisos.

Tabela 1 - Compressão axial dos CP's, Fck 25 e 40 MPa aos 7 dias

Fck (MPa)	Identificação: kg/m³ de Macrofibra Sintética no Concreto	Média (MPa)	Coefficiente de Variação(%)
25	0,0	16,53	4,85
	2,25	17,13	4,04
	4,0	18,94	2,86
	6,25	18,96	2,60
40	0,0	20,49	7,83
	2,25	25,47	14,54
	4,0	22,10	12,65
	6,25	22,90	10,89

Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

Tabela 2 - rompimentos dos CP's, Fck 25 e 40 MPa aos 28 dias

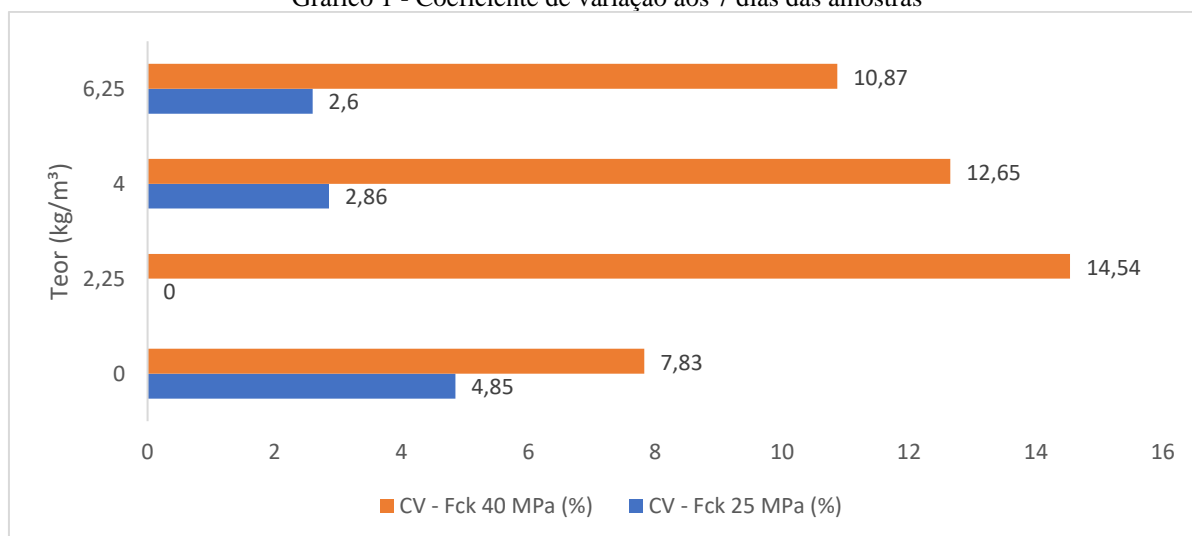
Fck (MPa)	Identificação: kg/m ³ de Marcofibra Sintética no Concreto	Média (MPa)	Coefficiente de Variação(%)
25	0,0	27,29	4,95
	2,25	26,41	5,76
	4,0	25,41	6,49
	6,25	25,56	9,72
40	0,0	35,86	2,40
	2,25	36,45	6,02
	4,0	35,31	8,93
	6,25	36,74	10,29

Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

Para o concreto com resistência característica de 25 MPa, observou-se, aos 7 dias, tendência de incremento da resistência média com o aumento do teor de macrofibra, especialmente nas dosagens de 4,0 e 6,25 kg·m⁻³, sugerindo atuação da fibra no controle de microfissuras iniciais. Aos 28 dias, os valores de resistência permaneceram próximos ao concreto de referência, evidenciando que a presença da macrofibra não interfere negativamente na capacidade resistente final do material. Comportamento semelhante foi observado para o concreto de 40 MPa, cujos valores médios se mantiveram dentro da faixa esperada para aplicações em pisos, ainda que com variações atribuídas às condições de mistura e distribuição da fibra.

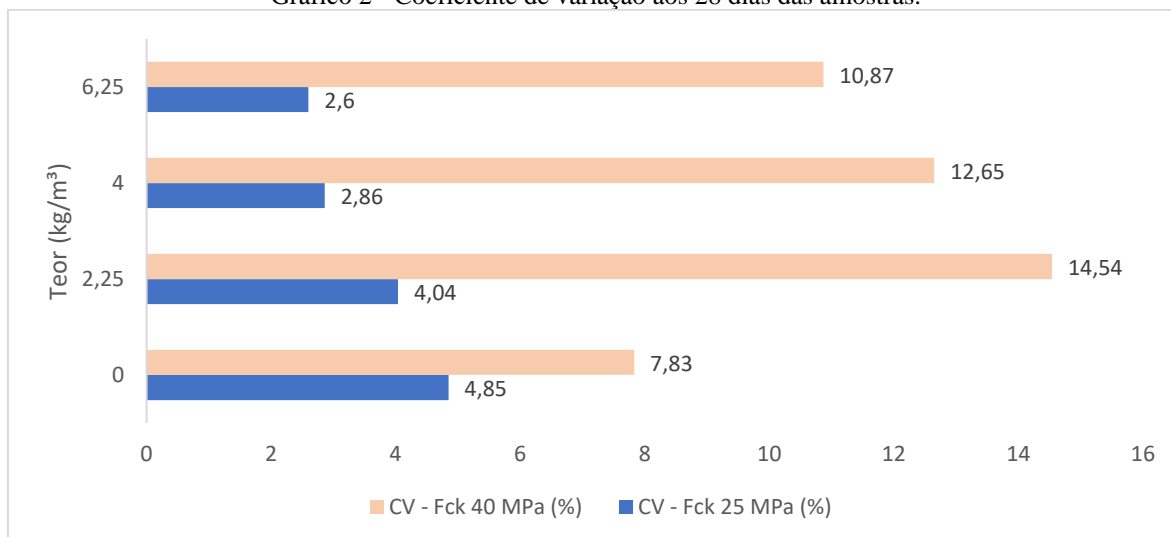
A análise do coeficiente de variação dos resultados, apresentada nos Gráficos 1 e 2, evidenciou aumento da dispersão dos valores à medida que se elevou o teor de macrofibra sintética, sobretudo nas maiores dosagens. Em pisos de concreto, essa variabilidade é um aspecto crítico, pois influencia a uniformidade do desempenho mecânico ao longo da placa.

Gráfico 1 - Coeficiente de variação aos 7 dias das amostras



Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

Gráfico 2 - Coeficiente de variação aos 28 dias das amostras.



Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

Os maiores coeficientes de variação observados estão associados, principalmente, à dificuldade de homogeneização da fibra quando a mistura não é realizada em caminhão betoneira, reforçando a necessidade de controle rigoroso do processo executivo para garantir desempenho uniforme do piso.

As análises microestruturais por microscopia eletrônica de varredura, realizadas em fragmentos dos corpos de prova rompidos aos 28 dias, permitiram avaliar a distribuição da macrofibra na matriz cimentícia. Conforme observado nas Figura 3 (a) (b) e (c), as dosagens de 2,25 e 4,0 kg·m⁻³ apresentaram distribuição mais homogênea da macrofibra, condição desejável para pisos de concreto, uma vez que favorece a redistribuição de tensões e o controle da fissuração.

Figura 3 – Análises por microscopia eletrônica de varredura (MEV): (a) morfologia da macrofibra sintética; (b) distribuição homogênea da macrofibra na matriz cimentícia; (c) aglomeração e segregação da macrofibra em altas dosagens

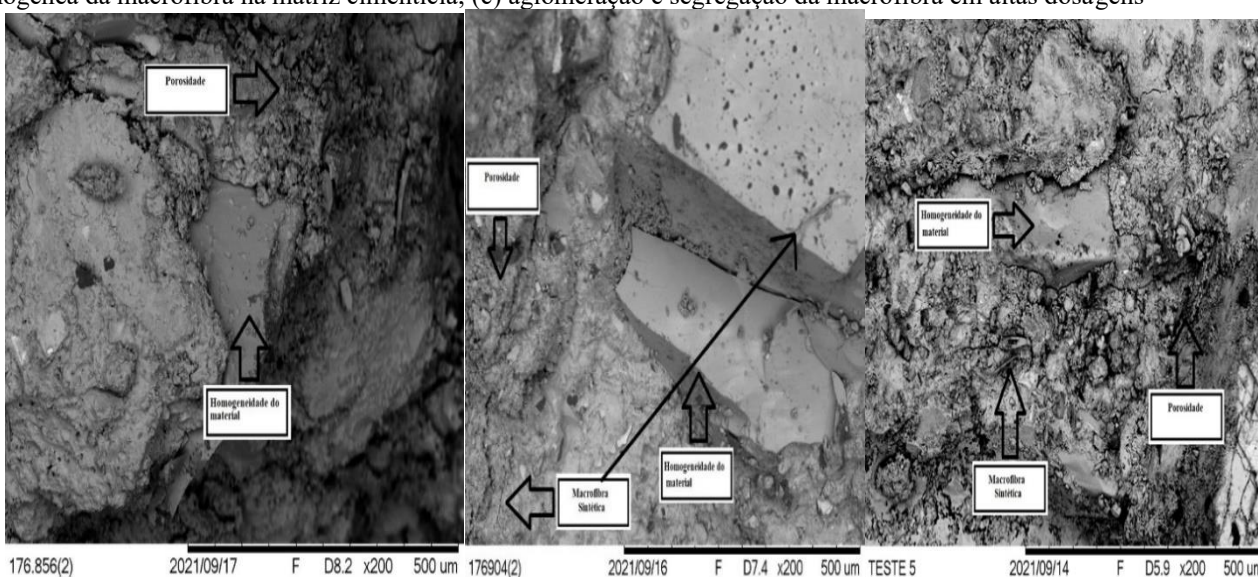


Figura (a)

Figura (b)

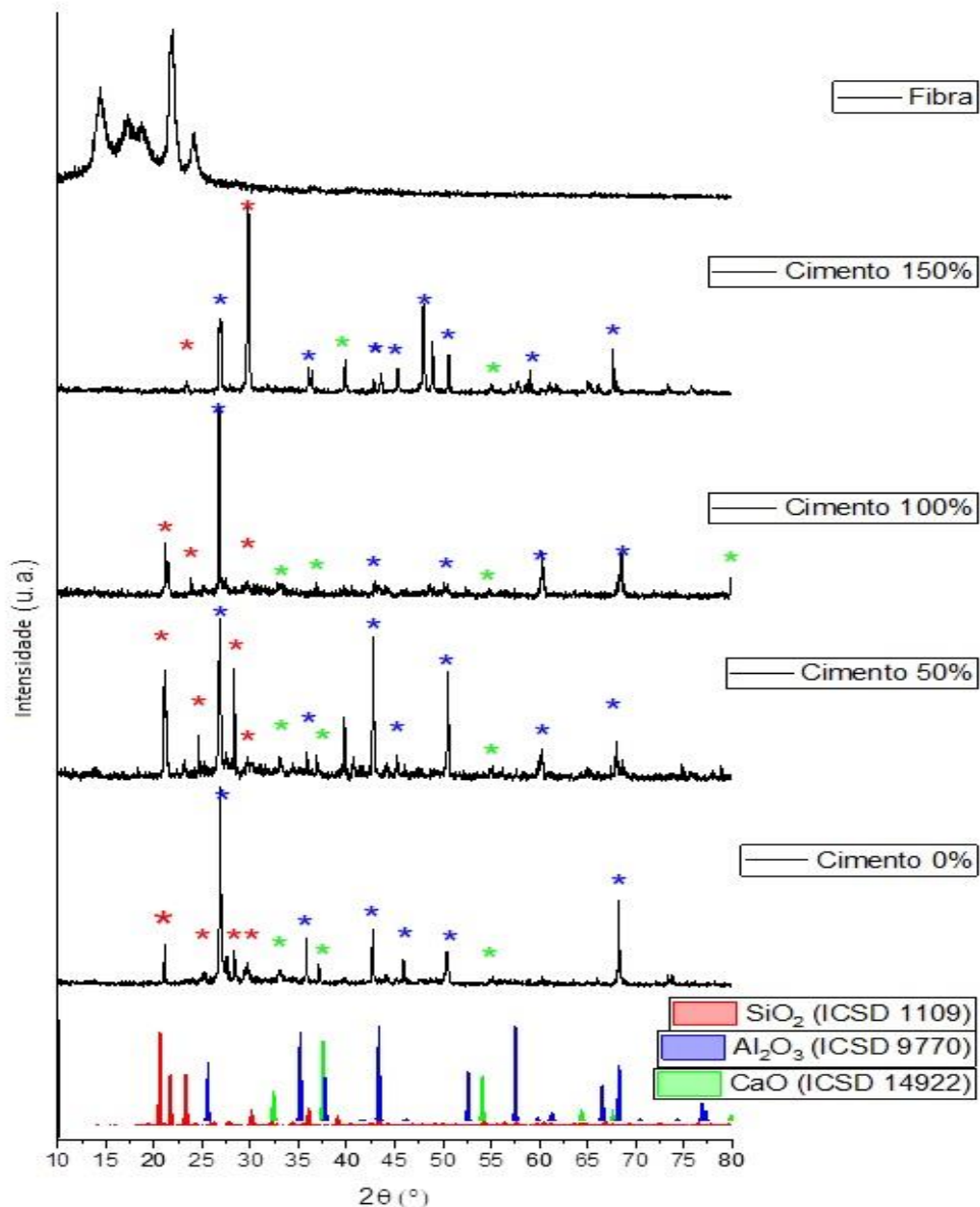
Figura (c)

Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

Por outro lado, na dosagem de $6,25 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$, ilustrada na Figura 3(c), foram identificados indícios de aglomeração e segregação da macrofibra, o que pode comprometer tanto o desempenho mecânico quanto o acabamento superficial do piso, especialmente em condições de execução sem mistura mecanizada adequada.

A análise por difração de raios X, apresentada na Figura 5, indicou que a incorporação da macrofibra sintética não promoveu alterações significativas na composição mineralógica do concreto, sendo identificados picos característicos de sílica, alumina e cal, comuns em matrizes cimentícias.

Figura 5 - Difratoformas de raios X das amostras de concreto,



Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

A ausência de mudanças relevantes nos difratogramas reforça a compatibilidade do material polimérico com o concreto. Complementarmente, o ensaio de expansibilidade pelo método de Le Chatelier, ilustrado na Figura 6, demonstrou que a presença da macrofibra, mesmo nas maiores dosagens estudadas, não resultou em expansões superiores aos limites normativos, confirmando a estabilidade físico-química do sistema cimento–macrofibra para aplicação em pisos de concreto.

Figura 6 - Ensaio de expansibilidade pelo método de Le Chatelier



Fonte: Dados experimentais obtidos em Figueiredo (2022)

4 CONCLUSÃO

A investigação sobre o emprego de macrofibras sintéticas em pisos industriais demonstra que esta tecnologia é tecnicamente viável e oferece um desempenho estrutural superior no controle da fissuração e na manutenção da integridade da matriz cementícia.

Os resultados experimentais obtidos nas amostras de Figueiredo (2011) revelaram que o comportamento do compósito é sensível tanto à classe de resistência do concreto quanto ao teor de reforço aplicado.

No que tange ao coeficiente de variação aos 7 dias, observou-se que o concreto de fck 25 MPa apresentou maior estabilidade, com redução na dispersão conforme o aumento do teor de fibra (de 4,85% para 2,60%), enquanto o concreto de fck 40 MPa exibiu oscilação acentuada, atingindo seu pico de variabilidade (14,54%) na dosagem de 2,25 kg/m³. Ao atingir a maturidade aos 28 dias, os dados indicaram uma tendência de crescimento na dispersão para ambas as classes de concreto em teores elevados, culminando em coeficientes de variação próximos a 10% para a dosagem de 6,25 kg/m³, o que evidencia a necessidade de rigor nos processos de mistura para garantir a homogeneidade da distribuição das fibras.

Este fenômeno corrobora as diretrizes de Rodrigues e Montardo (2002), que salientam a importância da distribuição das fibras em toda a espessura da laje para garantir a eficácia do reforço após a fissuração.


Sob a ótica da execução, a viabilidade técnica do sistema é ratificada pela capacidade das macrofibras de mitigarem falhas típicas de armaduras convencionais, como o posicionamento incorreto ou amassamento de telas, conforme destacado por Costa (2015), permitindo a construção de pavimentos mais esbeltos sem comprometer a durabilidade estrutural. Tais benefícios, aliados à melhoria nas propriedades de tração e tenacidade mencionadas por Cruz (2015), consolidam o uso do concreto reforçado com fibras como uma alternativa de alto desempenho. Em suma, a utilização das macrofibras atende aos requisitos de projeto e execução, validando a teoria de Figueiredo (2011) sobre o ganho de ductilidade e capacidade de redistribuição de esforços, resultando em estruturas mais otimizadas e com menor incidência de manifestações patológicas severas.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: Concreto - Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: Concreto - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15530: Fibras de aço para concreto - Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
- FIGUEIREDO, João Paulo de Almeida. Desenvolvimento de concreto reforçado com macrofibra sintética para aplicação em piso industrial. 2022. 72 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Materiais) – Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), Fundação Oswaldo Aranha, Volta Redonda, 2022
- FIGUEIREDO, Antônio Domingues de. Concreto com Fibras. In: Livro Concreto: Ciência e Tecnologia. [S. l.]: Instituto Brasileiro do Concreto, 2011. cap. 37, p. 36.
- PEDROSO, Fábio Luís. Concreto reforçado com fibras: aplicabilidade, dosagem e controle. Concreto e Construção 2025.
- SANTOS, L. C. D. et al. Inverse Analysis of Constitutive Models Applied to steel Fiber 302 Reinforced concrete. CILAMCE 2020. Proceedings of the XLI Ibero-Latin-American Congress on Computational Methods in Engineering, ABMEC., p. 16–19, 2020
- WENDLAND, Matheus Henrique. POLESELLO, Eduardo. Análise da influência de macrofibras no desempenho mecânico do concreto para piso industrial. Brazilian Journal of Development. Curitiba, v.8, n.5, p. 36849-36869, maio., 2022

O PAPEL DO MÉDICO VETERINÁRIO NA CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES AMEAÇADAS

THE ROLE OF THE VETERINARIAN IN THE CONSERVATION OF ENDANGERED SPECIES

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-007>

Mario Augusto Tremante

Doutor em Biotecnologia e Inovação em Saúde

Anhanguera - UNIAN

Lattes: 7203262828662301

RESUMO

O médico veterinário desempenha papel estratégico na conservação de espécies ameaçadas, atuando de forma integrada na saúde animal, no manejo populacional e na preservação da biodiversidade. Este capítulo tem como objetivo analisar a contribuição da medicina veterinária para a conservação da fauna silvestre, destacando suas ações em contextos *in situ* e *ex situ*. A metodologia adotada consistiu em uma revisão narrativa da literatura científica nacional e internacional, com base em publicações de autores consagrados nas áreas de conservação biológica, medicina da conservação e saúde única. Os resultados evidenciam que a atuação veterinária é essencial no monitoramento sanitário de populações silvestres, no controle de zoonoses, na reprodução assistida, na reabilitação e reintrodução de animais, além do suporte técnico a políticas públicas ambientais. Constatou-se que a integração entre veterinários, biólogos e gestores ambientais potencializa estratégias de conservação, reduzindo riscos sanitários e genéticos às espécies ameaçadas. Conclui-se que o médico veterinário é um agente fundamental na conservação da fauna, contribuindo não apenas para a sobrevivência das espécies, mas também para o equilíbrio dos ecossistemas e a promoção da saúde ambiental.

Palavras-chave: Conservação da biodiversidade; Espécies ameaçadas; Medicina da conservação; Medicina veterinária; Saúde única.

ABSTRACT

Veterinarians play a strategic role in the conservation of endangered species by integrating animal health, population management, and biodiversity preservation. This chapter aims to analyze the contributions of veterinary medicine to wildlife conservation, emphasizing actions developed in *in situ* and *ex situ* contexts. The methodology consisted of a narrative review of national and international scientific literature, based on publications by recognized authors in the fields of biological conservation, conservation medicine, and One Health. The results demonstrate that veterinary professionals are essential for health monitoring of

wildlife populations, zoonotic disease control, assisted reproduction programs, animal rehabilitation and reintroduction, as well as technical support for environmental public policies. The findings also highlight that collaboration between veterinarians, biologists, and environmental managers strengthens conservation strategies and minimizes sanitary and genetic risks to endangered species. It is concluded that veterinarians are fundamental agents in wildlife conservation, contributing not only to species survival but also to ecosystem balance and the promotion of environmental health.

Keywords: Biodiversity conservation; Conservation medicine; Endangered species; One Health; Veterinary medicine.

1 INTRODUÇÃO

A crescente perda da biodiversidade e o aumento do número de espécies ameaçadas de extinção configuram um dos principais desafios ambientais do século XXI. A intensificação das atividades antrópicas, como o desmatamento, a fragmentação de habitats, a caça ilegal, a poluição e as mudanças climáticas, tem comprometido de maneira significativa a sobrevivência de diversas populações animais. Nesse contexto, a conservação da fauna silvestre exige abordagens multidisciplinares capazes de integrar conhecimentos biológicos, sanitários, ecológicos e sociais, destacando-se o papel do médico veterinário como profissional essencial nesse processo.

O problema de pesquisa que norteia este capítulo consiste em compreender de que maneira a atuação do médico veterinário contribui efetivamente para a conservação de espécies ameaçadas, considerando suas intervenções na prevenção de doenças, no manejo reprodutivo, na reabilitação de animais silvestres e no suporte técnico a programas de conservação *in situ* e *ex situ*. Apesar do reconhecimento crescente dessa atuação, ainda se observa a necessidade de maior valorização e integração do profissional veterinário nas estratégias de conservação da biodiversidade.

O objetivo geral deste capítulo é analisar o papel do médico veterinário na conservação de espécies ameaçadas, evidenciando suas contribuições para a manutenção da saúde animal, ambiental e ecossistêmica. Como objetivos específicos, busca-se: compreender a relação entre medicina veterinária e conservação biológica; identificar as principais áreas de atuação do médico veterinário em programas de conservação; discutir a importância do controle sanitário e das zoonoses na preservação da fauna silvestre; e destacar a relevância do conceito de Saúde Única na proteção das espécies ameaçadas.

A justificativa para o desenvolvimento deste capítulo fundamenta-se na necessidade de ampliar a compreensão sobre a medicina veterinária como área estratégica na conservação da biodiversidade. A atuação desse profissional ultrapassa o cuidado individual com os animais, abrangendo ações que impactam diretamente o equilíbrio dos ecossistemas e a saúde humana. Assim, discutir esse papel

contribui para o fortalecimento de políticas públicas, práticas conservacionistas e formação acadêmica voltada à sustentabilidade ambiental.

Do ponto de vista teórico, este estudo dialoga com os pressupostos da biologia da conservação, da medicina da conservação e do conceito de Saúde Única (*One Health*), que reconhece a interdependência entre a saúde animal, humana e ambiental. Autores como Primack, Daszak e Aguirre destacam que a vigilância sanitária da fauna silvestre e o manejo adequado das populações animais são elementos-chave para a conservação de espécies ameaçadas, reforçando a importância do médico veterinário como agente integrador entre ciência, conservação e sociedade.

2 METODOLOGIA

2.1 TIPO DE PESQUISA

O presente capítulo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza qualitativa, de caráter exploratório e descritivo. Essa abordagem foi adotada por permitir uma análise aprofundada sobre o papel do médico veterinário na conservação de espécies ameaçadas, possibilitando a interpretação crítica de conceitos, práticas e evidências científicas já consolidadas na literatura. A pesquisa qualitativa mostra-se adequada para estudos que envolvem fenômenos complexos e multidisciplinares, como a conservação da biodiversidade e a saúde da fauna silvestre.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos basearam-se na realização de uma revisão narrativa da literatura científica, contemplando produções nacionais e internacionais relevantes à temática. Foram analisados artigos científicos, livros, capítulos de livros, documentos técnicos e relatórios de organizações reconhecidas na área de conservação ambiental e saúde animal.

A seleção das fontes ocorreu a partir da leitura crítica dos materiais, priorizando publicações de autores de referência nas áreas de biologia da conservação, medicina da conservação e Saúde Única, assegurando rigor científico e consistência teórica na construção da discussão.

2.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Como técnica de coleta de dados, utilizou-se a pesquisa bibliográfica, realizada em bases de dados científicas amplamente reconhecidas, como Scopus, Web of Science, PubMed, SciELO e Google Scholar. Os descritores empregados incluíram termos relacionados à medicina veterinária, conservação de espécies ameaçadas, fauna silvestre e Saúde Única, combinados por operadores booleanos para ampliar a abrangência da busca.

O instrumento de coleta consistiu em fichamentos analíticos, nos quais foram sistematizadas

informações sobre objetivos, métodos, resultados e conclusões dos estudos selecionados. Essa sistematização possibilitou a comparação entre diferentes abordagens e a identificação de convergências teóricas e práticas.

2.4 AMOSTRA E CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

A amostra do estudo foi composta por publicações científicas relevantes para a temática, selecionadas com base em critérios previamente estabelecidos. Foram incluídos estudos publicados em português, inglês e espanhol, sem restrição temporal rígida, desde que apresentassem contribuição significativa para a compreensão do papel do médico veterinário na conservação de espécies ameaçadas.

Foram excluídos materiais sem respaldo científico, publicações duplicadas ou estudos que não abordassem diretamente a interface entre medicina veterinária e conservação da fauna. Esses critérios garantiram a qualidade e a pertinência do material analisado.

2.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A análise dos dados foi realizada por meio de leitura interpretativa e análise temática, permitindo a organização dos conteúdos em categorias analíticas, tais como: atuação veterinária na saúde da fauna silvestre, manejo sanitário e reprodutivo, prevenção de zoonoses e integração da medicina veterinária às estratégias de conservação.

A discussão fundamentada ocorreu a partir do confronto entre os achados da literatura e os referenciais teóricos da biologia da conservação e da medicina da conservação. Esse procedimento possibilitou uma compreensão crítica sobre os avanços, desafios e perspectivas da atuação do médico veterinário na conservação de espécies ameaçadas, reforçando a importância de abordagens interdisciplinares e integradas para a preservação da biodiversidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da análise da literatura científica demonstram que o médico veterinário exerce papel fundamental nas estratégias de conservação de espécies ameaçadas, como avaliação do estado sanitário de populações silvestres, identificação de fatores de risco associados à perda de biodiversidade — como doenças infecciosas, degradação de habitats e pressões antrópicas — e implementação de medidas de manejo que visam à redução da mortalidade e ao aumento da viabilidade populacional e compreensão dos processos ecológicos e evolutivos que sustentam as populações naturais, incluindo diversidade genética, dinâmica populacional e interações interespecíficas. O monitoramento sanitário, o diagnóstico de enfermidades e a avaliação do impacto de patógenos emergentes sobre espécies vulneráveis constituem ferramentas essenciais para subsidiar estratégias de conservação *in situ* e *ex situ*,

contribuindo para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e para a preservação da biodiversidade; de forma integrada à biologia da conservação, à ecologia e à saúde pública com aumento do risco de zoonoses associadas à interface entre fauna silvestre, animais domésticos e populações humanas. A veterinária contribui significativamente para a manutenção da saúde das populações silvestres, fator determinante para a sobrevivência de espécies em risco de extinção.

A atuação do médico veterinário no monitoramento sanitário da fauna silvestre; consiste em: planejamento e execução de programas de vigilância epidemiológica, envolvendo monitoramento passivo e ativo de doenças em animais de vida livre; realização de exames clínicos, a avaliação do estado corporal e a identificação de sinais compatíveis com enfermidades constituem atividades fundamentais para o diagnóstico situacional da saúde das populações silvestres, especialmente em espécies ameaçadas ou submetidas a pressões ambientais; coleta padronizada de amostras biológicas, como sangue, fezes, secreções e tecidos, assegurando a biossegurança e a confiabilidade dos resultados laboratoriais. Essas análises subsidiam o diagnóstico de doenças infecciosas, parasitárias e tóxicas relevantes para a fauna e para a saúde humana; monitoramento de agentes zoonóticos presentes na fauna silvestre, contribuindo para a avaliação de riscos sanitários na interface entre animais silvestres, animais domésticos e populações humanas, fortalecendo ações preventivas em saúde pública; fornece dados sanitários essenciais para o planejamento de estratégias de manejo *in situ* e *ex situ*, reintrodução de espécies, programas de reprodução assistida e avaliação da viabilidade populacional, considerando os impactos das doenças sobre a conservação das espécies; desenvolvimento de protocolos técnicos voltados à contenção de riscos sanitários, ao manejo adequado da fauna silvestre e à proteção das equipes envolvidas em atividades de campo, centros de triagem e instituições de conservação; construção e alimentação de sistemas de informação em saúde silvestre, fornecendo dados técnicos que subsidiam a formulação de políticas públicas, planos de contingência e estratégias intersetoriais de vigilância sanitária e ambiental; capacitação de equipes multidisciplinares e ações de educação sanitária, promovendo a disseminação de conhecimentos sobre riscos biológicos, conservação da fauna e prevenção de doenças emergentes. Conforme discutido por Daszak *et al.*, a condição sanitária das populações de fauna silvestre constitui um componente estrutural da estabilidade ecológica, uma vez que alterações no estado de saúde desses organismos podem comprometer o funcionamento dos ecossistemas.

A participação do médico veterinário em programas de conservação *ex situ*, como zoológicos e centros de reprodução, avaliação clínica periódica dos animais, o estabelecimento de protocolos de prevenção, controle e tratamento de enfermidades infecciosas, parasitárias e metabólicas, bem como a aplicação de medidas rigorosas de biossegurança; é responsável pela coleta e interpretação de dados sanitários, identificação de agentes patogênicos emergentes e avaliação de riscos associados à manutenção de animais de diferentes origens em um mesmo ambiente, esses dados subsidiam decisões técnicas

relacionadas ao isolamento, quarentena, movimentação de animais e intercâmbio entre instituições, práticas amplamente recomendadas em programas conservacionistas baseados em evidências científicas; avaliação da condição reprodutiva dos indivíduos, no acompanhamento fisiológico e hormonal, e na aplicação de biotecnologias reprodutivas, como inseminação artificial, criopreservação de gametas e embriões e manejo de neonatos; avalia indicadores fisiológicos, comportamentais e sanitários, contribuindo para a adequação das condições de manejo, nutrição, enriquecimento ambiental e redução do estresse, fatores diretamente relacionados à saúde e ao sucesso reprodutivo das espécies mantidas em zoológicos e centros de conservação.

O manejo reprodutivo, a reprodução assistida e o controle genético são estratégias indispensáveis para o sucesso de programas de manejo e conservação animal, contribuindo para a preservação da diversidade biológica e para a sustentabilidade das populações sob manejo científico. O manejo reprodutivo envolve o planejamento sistemático dos acasalamentos, o monitoramento fisiológico e o controle das condições sanitárias e nutricionais, com o objetivo de maximizar o sucesso reprodutivo. Um exemplo relevante dessa prática é o controle do período reprodutivo por meio do acompanhamento do ciclo estral e do estado corporal de fêmeas em programas conservacionistas, o que permite aumentar as taxas de prenhez e reduzir perdas gestacionais. As técnicas de reprodução assistida ampliam as possibilidades reprodutivas, especialmente em populações reduzidas ou com limitações comportamentais. A inseminação artificial, por exemplo, tem sido amplamente utilizada em programas de conservação de espécies ameaçadas para viabilizar a reprodução entre indivíduos geograficamente distantes, promovendo o intercâmbio genético sem a necessidade de deslocamento físico dos animais, o que reduz riscos sanitários e estresse. O controle genético é essencial para a manutenção da diversidade genética e para a prevenção dos efeitos negativos da consanguinidade. Um exemplo de sua aplicação é o uso de análises de parentesco e coeficientes de endogamia em populações mantidas em zoológicos, permitindo o planejamento de cruzamentos que maximizem a heterozigosidade e assegurem maior resiliência genética e adaptativa das populações ao longo das gerações.

A reabilitação de animais silvestres compreende um conjunto de procedimentos técnicos destinados à recuperação da saúde e da funcionalidade dos indivíduos, frequentemente provenientes de situações de tráfico ilegal, atropelamentos, queimadas, perda de habitat ou manutenção inadequada em cativeiro. Essa etapa envolve avaliação clínica inicial, diagnóstico de enfermidades, tratamento médico-veterinário, manejo nutricional e acompanhamento contínuo do estado sanitário garantindo que os indivíduos apresentem condições sanitárias adequadas para retornar ao ambiente natural sem causar desequilíbrios ecológicos; a reabilitação comportamental representa um aspecto crítico do processo de animais silvestres submetidos a longos períodos de cativeiro, que podem apresentar alterações comportamentais que comprometem sua sobrevivência no ambiente natural. A reintrodução consiste na

devolução planejada e monitorada de indivíduos reabilitados ao seu habitat natural ou a áreas ecologicamente adequadas. Esse processo deve ser precedido por rigorosa avaliação sanitária, genética e ecológica, garantindo que os animais estejam aptos à sobrevivência e que sua soltura não represente riscos à fauna local ou à saúde humana, a importância da seleção criteriosa das áreas de soltura, considerando fatores como disponibilidade de recursos, conectividade de habitats e ausência de ameaças significativa e práticas de manejo que minimizam o contato humano, estimulam comportamentos naturais de forrageamento, caça e fuga de predadores, e promovem a adaptação gradual às condições ambientais, são essenciais para o sucesso de programas conservacionistas baseados em evidências científicas

A saúde animal, a saúde humana e a integridade ambiental constituem sistemas interdependentes, cujas interações exercem influência direta sobre a ocorrência, a dinâmica e a disseminação de agravos sanitários, alterações em qualquer um desses componentes podem repercutir de forma significativa nos demais, evidenciando a necessidade de estratégias integradas de vigilância e intervenção. A compreensão dessa interdependência é fundamental para o enfrentamento de desafios sanitários complexos, especialmente aqueles relacionados às zoonoses emergentes e reemergentes, à degradação ambiental e à intensificação das interações entre populações humanas, animais domésticos e fauna silvestre. A incorporação do conceito de Saúde Única nas análises e interpretações dos resultados reforça a importância de abordagens interdisciplinares e intersetoriais, capazes de integrar conhecimentos da medicina veterinária, da saúde pública e das ciências ambientais.

A discussão dos resultados evidencia consonância com o conceito de Saúde Única (*One Health*), amplamente abordado por Aguirre, que reconhece a interdependência entre saúde animal, humana e ambiental. Dessa forma, a medicina veterinária assume papel estratégico não apenas na conservação das espécies ameaçadas, mas também na promoção do equilíbrio ecológico e da saúde global. Assim, os achados reforçam que a inclusão do médico veterinário em equipes multidisciplinares é indispensável para o sucesso das ações de conservação da biodiversidade.

4 CONCLUSÃO

Este capítulo teve como objetivo analisar o papel do médico veterinário na conservação de espécies ameaçadas, destacando sua atuação na promoção da saúde da fauna silvestre, no manejo populacional e na preservação dos ecossistemas. A partir da revisão da literatura científica, foi possível atender aos objetivos propostos, evidenciando a relevância da medicina veterinária como área estratégica para a conservação da biodiversidade.

Os principais resultados demonstraram que o médico veterinário exerce funções essenciais no monitoramento sanitário de populações silvestres, no controle de zoonoses, no manejo reprodutivo e genético, bem como na reabilitação e reintrodução de animais em seus habitats naturais. Observou-se

ainda que sua atuação é fundamental tanto em estratégias de conservação *in situ* quanto *ex situ*, contribuindo para a redução de riscos sanitários e para o aumento da viabilidade das populações ameaçadas.

Como contribuição, esta pesquisa reforça a compreensão da medicina veterinária como um campo interdisciplinar indispensável às ações conservacionistas, especialmente quando integrada aos princípios da biologia da conservação e da Saúde Única. O estudo também destaca a importância da atuação conjunta entre médicos veterinários, biólogos e gestores ambientais no fortalecimento de políticas públicas e programas de conservação.

Por fim, sugere-se que pesquisas futuras aprofundem análises empíricas sobre a atuação do médico veterinário em projetos de conservação específicos, especialmente no contexto da fauna brasileira, bem como avaliem os impactos de longo prazo das intervenções sanitárias e reprodutivas na manutenção da biodiversidade.

REFERÊNCIAS


- AGUIRRE, A. A.; OSTFELD, R. S.; TABOR, G. M.; HOUSE, C.; PEARL, M. C. Conservation medicine: ecological health in practice. New York: Oxford University Press, 2002.
- AUGUSTO, L. G. S.; FREITAS, C. M. Saúde única, saúde ambiental e saúde coletiva. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 12, p. 4569–4578, 2020.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano de ação nacional para a conservação de espécies ameaçadas de extinção. Brasília: MMA, 2018.
- DASZAK, P.; CUNNINGHAM, A. A.; HYATT, A. D. Emerging infectious diseases of wildlife: threats to biodiversity and human health. *Science*, Washington, v. 287, n. 5452, p. 443–449, 2000.
- FOWLER, M. E.; MILLER, R. E. Zoo and wild animal medicine. 8. ed. St. Louis: Elsevier, 2015.
- GARCIA, R. C. M.; CALDERÓN, N. A. Zoonoses and wildlife conservation. *Veterinary Research Communications*, Dordrecht, v. 39, n. 1, p. 1–10, 2015.
- IUCN. Guidelines for reintroductions and other conservation translocations. Gland: International Union for Conservation of Nature, 2013.
- MURRAY, D. L.; FULLER, M. R. A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. *Research Techniques in Animal Ecology*, New York, v. 42, p. 15–64, 2000.
- OIE. Terrestrial animal health code. Paris: World Organisation for Animal Health, 2021. PRIMACK, R. B. Essentials of conservation biology. 6. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2014.
- RYLANDS, A. B.; BRANDON, K. Brazilian protected areas. *Conservation Biology*, Washington, v. 19, n. 3, p. 612–618, 2005.

SOULÉ, M. E. What is conservation biology? *BioScience*, Washington, v. 35, n. 11, p. 727–734, 1985.

WOODFORD, M. H. Quarantine and health screening protocols for wildlife prior to translocation and release into the wild. Paris: IUCN, 2001.

**PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DA ÁGUA: INTERFERÊNCIA NA PULVERIZAÇÃO
AGRÍCOLA**

**PHYSICAL-CHEMICAL PARAMETERS OF WATER: INTERFERENCE IN AGRICULTURAL
SPRAYING**

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-008>

Bruna de Jesus Souza

Graduanda em Farmácia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: b.brunadejesussouza@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5985-2948>

Carla Micaela Ripke Ferreira

Bacharel em Agronomia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: carlripke@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6606-0116>

Luana Gabrielly Onishi Saito

Graduanda em Farmácia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: luanaonishisaito@icloud.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4520-2576>

Isadora Sanches Scuisato

Graduanda em Engenharia de Alimentos
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: Isa.scuisato@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1184-7286>

Mauricio Naoki Tago

Graduando em Química Licenciatura
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: tago.mauricio@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0429-2547>

Augusto César Ferreira Monteiro

Mestrando em Química
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: Augusto.cesarfm4@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9216-6726>

Fernanda Medeiros

Mestranda em Química
Universidade Estadual de Maringá, Maringá-Paraná
E-mail: fer.medeiros@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009000295761859>

Maria Fernanda Miriani Vignoto

Mestre em Biociências e Fisiopatologia
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: mariafmvignoto@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8699-5456>

Oscar Oliveira Santos

Doutor em Química
Universidade Estadual de Maringá, Maringá – Paraná
E-mail: oosjunior@uem.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>

RESUMO

A qualidade da água utilizada nas manipulações de caldas pode afetar a atividade dos produtos fitossanitários, podendo reduzir sua solubilidade, aumentar a degradação no tanque de pulverização ou ocasionar a formação de complexos insolúveis, reduzindo assim a absorção, a translocação e o consequente controle do alvo biológico. Algumas estratégias e ferramentas podem ser adotadas pelos produtores com o objetivo de minimizar as perdas de eficácia dos agroquímicos e garantir maior sucesso nas aplicações. Nesse sentido, este capítulo evidenciou que as perdas físico-químicas podem ser reduzidas por meio da realização de análises prévias à preparação das misturas em tanque, permitindo o ajuste do pH da água às exigências do produto selecionado e a quantificação dos íons presentes na amostra, especialmente aqueles relacionados à dureza total. Essas medidas contribuirão para reduzir o risco de incompatibilidades químicas na calda, prevenindo processos de degradação, complexação ou precipitação que possam comprometer o desempenho agronômico.

Palavras-chave: pH; Dureza total; Tecnologia de aplicação agrícola.

ABSTRACT

The quality of water used in the preparation of spray mixtures can affect the activity of pesticides, potentially reducing their solubility, increasing degradation in the spray tank, or causing the formation of insoluble complexes, thus reducing absorption, translocation, and consequent control of the biological target. Several strategies and tools can be adopted by producers to minimize losses in the effectiveness of agrochemicals and ensure greater success in applications. In this sense, this chapter showed that physicochemical losses can be reduced by performing analyses prior to the preparation of tank mixtures,

allowing the adjustment of the water pH to the requirements of the selected product and the quantification of ions present in the sample, especially those related to total hardness. These measures will contribute to reducing the risk of chemical incompatibilities in the spray mixture, preventing degradation, complexation, or precipitation processes that could compromise agronomic performance.

Keywords: pH; Total hardness; Agricultural application technology.

1 INTRODUÇÃO

Pela definição da Lei nº 15.070/2024 “agrotóxicos são produtos e agentes de processos físicos ou químicos isolados ou em mistura com biológicos destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens ou na proteção de florestas plantadas, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos” (Brasil, 2024).

Mundialmente, o uso de defensivos agrícolas tem grande relevância na proteção das culturas, auxiliando no controle de insetos-pragas, fitopatógenos, nematóides e plantas invasoras, estes organismos são capazes de causar danos severos e grandes perdas no rendimento nas lavouras. O uso indiscriminado, caracterizado pela aplicação sem critérios técnicos adequados quanto à dose, momento e condições ambientais, pode causar grande impacto ambiental, contaminando reservatórios de água, rios, recursos hídricos e bacias fluviais, interferindo na fauna e flora aquáticas (Sousa et al., 2016; Vieira et al., 2016). Além disso, pode provocar alterações significativas na dinâmica das populações de organismos não alvo, especialmente daqueles responsáveis pela decomposição da matéria orgânica e pela ciclagem de nutrientes, reduzindo a biodiversidade e causando desequilíbrios ecológicos (Belchior et al., 2014; Contiero; Biffe; Catapan, 2018).

No contexto da pulverização agrícola, as perdas correspondem à fração do produto aplicado que não atinge efetivamente o alvo biológico, comprometendo a eficiência do controle e aumentando os riscos ambientais. Essas perdas podem ser classificadas em físicas e químicas de acordo com Antuniassi (2009). Pode-se dizer que, as perdas físicas são decorrentes de deriva, evaporação, escoamento das gotas pela chuva. Já as perdas químicas decorrem da alteração da estabilidade ou da disponibilidade do princípio ativo na calda ou após a aplicação, podendo ocorrer pela inativação dos ativos em função da presença de colóides e cátions na água, pela degradação dos ativos em condições de pH inadequado, pela fotodegradação induzida pela radiação solar e por incompatibilidades em misturas de tanque, resultando em fenômenos como decantação, floculação e antagonismo entre produtos (Antuniassi, 2009).

Visando minimizar tais perdas, atestar a qualidade da água a ser utilizada para as aplicações de defensivos agrícolas torna-se essencial, pois, a água é o solvente mais utilizado nos tanques de pulverização,

devido ao baixo custo e fácil obtenção agregado (Jungert; Helving, 2022). Em especial, os parâmetros de potencial hidrogeniônico (pH) e a dureza total da água são fundamentais no sistema de plantio e controle de agentes indesejados para uma aplicação eficiente e segura (Neto et al., 2024). Neste âmbito, a revisão bibliográfica abordada neste capítulo busca aprimorar o entendimento sobre como o efeito da qualidade da água afeta o sistema de pulverização agrícola, auxiliando assim, a preencher as lacunas literárias existentes sobre o tema.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO NAS PULVERIZAÇÕES AGRÍCOLAS

Segundo Azevedo e Freire (2006), a tecnologia de aplicação consiste na utilização de um equipamento adequado para aplicar um produto químico de forma a garantir o controle do alvo biológico no momento oportuno, de maneira econômica, eficiente e segura, minimizando os riscos de contaminação do homem e do meio ambiente. Sendo assim, a aplicação correta deve unir eficiência no controle, economia de produto e segurança operacional, fatores fundamentais para uma agricultura sustentável e de alta performance.

As perdas podem reduzir a dose real dos defensivos agrícolas aplicados sobre os alvos e podem ser divididas em perdas físicas e químicas. As perdas físicas incluem deriva e evaporação, escorrimento e rebote das gotas, além da lavagem do produto pela chuva. Já as perdas químicas envolvem a inativação dos princípios ativos devido à presença de cátions e colóides na água, degradação por pH inadequado e fotodegradação por raios UV, além de problemas decorrentes de misturas de tanque mal formuladas, como decantação, floculação e antagonismo entre os produtos. Essas perdas comprometem a eficácia do tratamento e aumentam os riscos de impactos ambientais (Antuniassi, 2006; Contiero; Biffe; Catapan, 2018).

As perdas químicas representam um ponto crítico na eficiência das aplicações dos agroquímicos, pois ocorrem mesmo quando a aplicação é operacionalmente correta, relacionando-se diretamente à qualidade da água e à estabilidade das formulações. Desse modo, variações nesses parâmetros podem acelerar reações de degradação, favorecer interações indesejáveis entre compostos e reduzir a disponibilidade do princípio ativo, tornando o manejo adequado da qualidade da água e da formulação da calda um fator decisivo para o sucesso no controle do alvo (Queiroz; Martins; Cunha, 2008).

Diante desse cenário, a incompatibilidade química pode ocorrer, por exemplo, na presença de concentrações elevadas de cálcio, magnésio, ou outros íons presentes na água dura, que podem interagir com o ingrediente ativo, formando complexos menos solúveis ou precipitados, resultando em sua inativação parcial ou total. Também há grande relevância nas misturas em tanque a faixa de pH adequada, pois não existe um pH ideal para todas as aplicações, o mesmo exerce grande influência na degradação dos produtos.

O pH é dependente de cada produto que será aplicado, por isso é importante seu monitoramento antes e após o preparo da calda final (Gazziero et al., 2021).

2.2 QUALIDADE DA ÁGUA NO PREPARO DE CALDAS

A água é um recurso natural indispensável para a sobrevivência dos seres humanos, animais, e as plantas, influenciando diretamente o funcionamento da economia global (Dey et al., 2024). Sua qualidade constitui-se como um dos principais fatores para a eficiência e segurança no tratamento fitossanitário (Neto et al., 2024). Simultaneamente, Daramola *et al.* (2022) ressaltam que, este recurso hídrico é o principal utilizado na aplicação agrícola para plantas daninhas assegurando uma dispersão homogênea de frações adequadas em grande área da propriedade através da pulverização.

Nesse contexto, analisar a qualidade da água torna-se essencial, visto que fatores como o pH, a dureza total, além da concentração e natureza dos sais e íons dissolvidos, entre outros, influenciam diretamente a qualidade química final (Daramola et al., 2022). Estes componentes podem interferir na estabilidade da calda de aplicação, causando alteração no desempenho dos produtos (Contiero; Biffe; Catapan, 2018; Spadoni, 2019).

Na aplicação agrícola, o potencial hidrogeniônico (pH) influencia a disponibilidade de íons em suspensão, que podem reagir com o ingrediente ativo, afetando assim, a estabilidade físico-química da calda. Em ambientes ácidos, pode ocorrer a degradação de alguns componentes ativos ou alterações nas propriedades físicas de certas formulações. Já em pH elevado, há o risco de hidrólise alcalina, quebrando a molécula dos ingredientes ativos e formando compostos inativos, comprometendo a eficácia do produto (Contiero; Biffe; Catapan, 2018; Pereira; Moura; Pinheiro, 2015).

De acordo com Vargas e Roman (2006), águas mais alcalinas favorecem a dissociação das moléculas, o que significa que caldas de aplicação com pH elevado enfrentam maior dificuldade de serem absorvidas pela planta, reduzindo, ao final, a eficácia do produto. Sob essa perspectiva, um pH próximo de 5 de modo geral é o adequado para a aplicação de herbicidas, inseticidas e fungicidas (Queiroz; Martins; Cunha, 2008)

Grzanka *et al.* (2021) corroboram com o exposto acima, indicando que o valor de pH deve ser ajustado corretamente dependendo da composição do produto fitossanitário alvo. Este fato, determina a absorção e a translocação do ingrediente ativo dos herbicidas pelas plantas daninhas levando ao controle ideal na produtividade agrícola.

No que se refere à dureza total é reconhecida como a concentração de íons alcalino-terrosos dissolvidos, expressa em equivalente de carbonato de cálcio (CaCO_3), sendo representada principalmente pelos cátions cálcio (Ca^{2+}) e magnésio (Mg^{2+}) dissolvidos na água, geralmente provenientes de carbonatos, bicarbonatos, cloretos e sulfatos (Mendonça; Flores, 2017; Pereira; Moura; Pinheiro, 2015). Em tal

situação, estas características físico-química podem comprometer a eficiência das caldas de pulverização, uma vez que esses íons tendem a interagir com determinados princípios ativos, formando complexos menos solúveis ou precipitados, como consequência, ocorre redução da disponibilidade do ingrediente ativo na solução e diminuição da eficácia biológica do produto aplicado (Prado et al., 2011).

Além disso, a dureza da água é vista como uma propriedade química que indica a concentração de íons dissolvidos exercendo grande interferência na absorção e translocação dos defensivos agrícolas, devido a reações entre as cargas negativas e positivas presentes na calda que quando se combinam com outros minerais e compostos formam sais que influenciarão várias propriedades da água, como sabor, seu uso doméstico, aplicação industrial, e, até sua interação com produtos químicos podendo reduzir a eficácia de defensivos agrícolas (Neto et al., 2024).

É válido ressaltar que, os níveis de dureza podem ser influenciados pela localização geográfica e o tipo de captação da água, podendo resultar em variações significativas na concentração de CaCO_3 (Dey et al., 2024; Mirzaei et al., 2023). Assim, a dureza total é expressa em mg L^{-1} de equivalente de CaCO_3 , e sua classificação varia de acordo com o grau de dureza apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da dureza da água.

Tipo de água	Dureza total (mg L^{-1} de CaCO_3)
Macia	0-50
Moderadamente macio	50-100
Ligeiramente dura	100-150
Moderadamente dura	150-250
Duro	250-350
Muito dura	>350

Fonte: Adaptado de Shariat-Rad; Heidari (2020).

Níveis indesejados no teor de dureza traz inúmeros efeitos indesejados, em ampla faixa de aplicações, como por exemplo, as altas concentrações para tubulações e equipamentos podem ocasionar problemas de incrustações. Já em espécies de peixes como os alevinos águas com baixa dureza podem ser prejudiciais para o desenvolvimento das espécies, visto que, necessitam do recurso hídrico para a absorção de minerais indispensáveis na fase inicial de desenvolvimento, bem como estão relacionadas ao aumento no risco de doenças (Astrofsky; Bullis; Sagerstrom, 2002; Buker *et al.*, 2021).

2.3 MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE PH E DUREZA TOTAL

O conhecimento físico-químico da água permite a identificação e quantificação dos componentes e das espécies iônicas ali presentes que elucidam interações diretas no meio ambiente, bem como na estabilidade, reatividade e desempenho de insumos agrícolas (Jungert; Helving, 2022). Conforme mencionado anteriormente, o pH e a dureza total são parâmetros que exercem elevada interferência sobre a qualidade final da aplicação dos produtos agrícolas. Interligados, a dureza decorrente do nível de cálcio associada ao bicarbonato que resultam na formação de carbonato de cálcio podem acelerar a degradação do defensivo agrícola, além de que, interfere na variação do pH, que somado a isso, influenciam a constante de dissociação das moléculas dos constituintes do produto impactando o processo na absorção pelos tecidos vegetais (Nogueira *et al.*, 2022).

2.3.1 Potencial Hidrogeniônico e Dureza Total

O pH representa a concentração de íons H^+ no analito, indicando o grau de acidez, neutralidade ou basicidade da amostra. Também exerce influência no grau de solubilidade de diversas substâncias, podendo determinar níveis de toxicidade (Xavier; Quadros; Silva, 2022; Rabelo, 2015). Habitualmente, o pH pode ser determinado por dois métodos principais, sendo o método colorimétrico e o método eletrométrico. O primeiro, baseia-se na leitura utilizando tiras de papel com indicadores, enquanto o segundo utiliza potenciômetro equipado com eletrodo de vidro (Caenn, 2011).

Apesar da simplicidade no emprego, métodos colorimétricos apresentam algumas limitações relacionadas à subjetividade na leitura. Isto se deve ao fato de que, durante a análise são utilizados tiras de papel indicador com corantes orgânicos que variam de coloração dependendo do nível de pH. Comumente, o papel entra em contato com a amostra até a estabilização da cor e há uma comparação do resultado com uma escala de cores que auxilia o usuário a determinar a faixa de pH. No entanto, elevadas concentrações de sal podem modificar a cor desenvolvida pelos corantes tornando a medida do pH imprecisa (Allan; Heacock, 2017; Caenn, 2011).

Já os métodos potenciométricos para leitura do pH baseiam-se na medição da diferença de potencial elétrico entre o eletrodo indicador e o eletrodo de referência, permitindo a quantificação da atividade dos íons hidrogênio na solução. Para essa determinação, podem ser utilizados diferentes reagentes e soluções de calibração, como a solução de cloreto de potássio, empregada no eletrodo de referência, além de soluções tampão padrão de pH 4,0; 7,0 e 10,0. Também podem ser utilizadas soluções certificadas como Materiais de Referência Certificados (MRC) de pH 4,0; 7,0 e 10,0, garantindo maior rastreabilidade e confiabilidade metrológica às medições. Contudo, são considerados métodos considerados mais caros que requerem calibração, e, em muitos casos, tornam-se inviáveis em ambientes com infraestrutura limitada ou em atividades de campo (Caenn, 2011; Sánchez *et al.*, 2025).

Nesse contexto, a análise de pH por diferentes métodos é um parâmetro mundialmente utilizado em diversas áreas incluindo a biotecnologia, química, ciências farmacêuticas, ciências dos alimentos, ciências agrárias, na medicina, e, muito mais haja visto o impacto significativo na vida humana, dos animais e das plantas desde contextos de pesquisa quanto aplicados (Allan; Heacock, 2017; Gonzáles-Gonzáles *et al.*, 2025; Sánchez *et al.*, 2025).

Com relação a determinação da dureza da água, é necessária a análise da dureza cálcica realizada em laboratório. O método padrão para a determinação desse parâmetro é caracterizado por uma execução complexa, relativamente demorada, mas é amplamente empregado por ser um método simples, de baixo custo e boa confiabilidade baseando-se na titulometria com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) no qual fazendo uso de indicadores como o Eriocromo Negro T, é possível determinar conjuntamente as concentrações de cálcio e magnésio, (Shariati-Rad; Heidari, 2020).

Entretanto, outras técnicas analíticas mais sofisticadas além do procedimento clássico podem ser empregadas permitindo determinar a concentração de um composto em solução de modo eficaz. Podem-se citar a técnica de espectrometria de absorção atômica, métodos potenciométricos e cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS), bem como abordagens mais recentes, como a colorimetria baseada em imagens digitais, relacionando a concentração de Ca^{2+} com os valores de cor do sistema RGB e o a intensidade do sinal obtido espectrofotometria na região do UV-visível, o uso da espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) e, outras que podem ser aplicadas quando há um interesse em uma maior sensibilidade, automação ou análise específica, especificando que diferentes abordagens são viáveis para a quantificação da dureza da água critério fundamental nos sistemas de caldas para pulverização (Bulut *et al.*, 2010; Damasceno *et al.*, 2016; Shariati-Rad; Heidari, 2020).

3 CONCLUSÃO

A tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas constitui elemento fundamental para a eficiência no manejo fitossanitário de pragas, doenças e plantas invasoras que comprometem resultados satisfatórios de produtividade nas lavouras, ademais para a redução de impactos ambientais. A correta seleção de equipamentos, o preparo adequado das caldas e a consideração das condições ambientais são determinantes para minimizar perdas físicas e químicas, assegurando maior deposição do produto no alvo biológico.

Desse modo, a qualidade da água utilizada na pulverização assume papel central, especialmente no que se refere ao pH e à dureza. Pois, esses parâmetros influenciam diretamente a estabilidade das formulações e a funcionalidade do princípio ativo utilizado. Assim, a adoção de métodos analíticos confiáveis para a determinação do pH e da dureza da água é essencial para o manejo adequado da calda, contribuindo para aplicações mais seguras e eficazes, concomitantemente reduzindo os impactos ao meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ALLAN, D.; HEACOCK, H. Determining the accuracy of colorimetric pH testing compared to potentiometric methods. **Environmental Public Health Journal**, v. 1, n. 1, p. 1–9, 2017.
- ANTUNIASSI, U. R. Conceitos básicos da tecnologia de aplicação de defensivos para a cultura da soja. **Boletim de Pesquisa de Soja**, v. 13, p. 299-317, 2009.
- ANTUNIASSI, U. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. **Revista Plantio Direto**, v. 15, p. 17-22, 2006.
- ASTROFSKY, Keith M.; BULLIS, Robert A.; SAGERSTROM, Charles G. Chapter 19 – Biology and management of the zebrafish. In: American college of laboratory animal medicine. **Laboratory Animal Medicine**, 2. ed. San Diego: Academic Press p. 861–883, 2002.
- AZEVEDO, F. R. de; FREIRE, F. C. O. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2006. 47 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 102).
- BRASIL. **Lei nº 15.070, de 23 de dezembro de 2024. Brasília: Diário Oficial da União**, 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/lei/115070.htm. Acesso em 10 dez. 2025.
- BELCHIOR, Diana Cléssia Viana *et al.* Impactos de agrotóxicos sobre o meio ambiente e a saúde humana. In: **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. v. 34 p. 135–151, 2014.
- BUKER, O., STOLT, K., KRONER, C., BENKOVA, M., PAVLAS, J., & SEYPKA, V. Investigations on the influence of total water hardness and pH value on the measurement accuracy of domestic cold water meters. **Water**, v. 13, n.19, 2021.
- BULUT, V. N., ARSLAN, D., OZDES, D., Soylak, M., & TUFEKCI, M. Preconcentration, separation and spectrophotometric determination of aluminium (III) in water samples and dialysis concentrates at trace levels with 8-hydroxyquinoline–cobalt (II) coprecipitation system. **Journal of Hazardous Materials**, v. 182, p.331-336, 2010.
- CAENN, Ryen. Equipment and procedures for evaluating drilling fluid performance. In: *Composition and properties of drilling and completion fluids*. **Oxford: Elsevier**, p. 91–135, 2011.
- CONTIERO, Robinson Luiz; BIFFE, Denis Fernando; CATAPAN, Valdenir. Tecnologia de Aplicação. In: **Hortaliças-fruto**, p. 401–449, 2018.
- DAMASCENO, Deangelis, et al. "CompVis: a novel method for drinking water alkalinity and total hardness analyses." **Analytical Methods**, v.8. n.43, p.7832-7836, 2016.
- DARAMOLA, O. S. et al. Spray water quality and herbicide performance: A review. **Weed Technology**, v. 36, n. 1, p. 758–767, 2022.
- DEY, S. et al. Removal of chlorides and hardness from contaminated water by using various biosorbents: A comprehensive review. **Water-Energy Nexus**, v. 7, n. 1, p. 39–76, 2024.
- GAZZIERO, Dionísio Luiz Pisa *et al.* Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos

e afins Manual técnico para subsidiar a mistura em tanque de agrotóxicos e afins. **Embrapa Soja**, n. 1, p. 1–24, 2021.

GRZANKA, M. et al. Herbicides Efficacy against Volunteer Oilseed Rape as Influenced by Spray Solution pH. **Agronomy**, v. 11, n. 887, p. 1–11, 2021.

GONZÁLEZ-GONZÁLEZ, M. et al. Development and evaluation of colorimetric pH determination methods as a potential tool for biomarkers monitoring. **Journal of Chemical Technology Biotechnology**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2025.

JUNGERT, Alex; HELVIG, Enelise Osco. **Análise da eficiência de adjuvantes no pH e dureza da água de pulverização**. Guarapuava: Centro Universitário Campo Real, 2022. Disponível em: <https://repositorio.camporeal.edu.br/index.php/engagro/article/view/204/203>. Acesso em: 05 nov. 2025.

MENDONÇA, Jean Karlo Acosta; FLORES, Jéssica Soares. Desenvolvimento de uma metodologia simples para determinação da dureza da água. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS**, p. 133–142, 2017.

MIRZAEI, M. et al. Effects and mitigation of poor water quality on herbicide performance: A review. **Willey**, v. 63, n. 1, p. 139–152, 2023.

NETO, Roberto Costa Avila *et al.* pH and water hardness on the efficiency of auxin mimics herbicides. **Ciência Rural**, v. 54, p. 1–12, 2024.

NOGUEIRA, N. A. A. et al. Caracterização do pH em função do tempo de preparo da calda e tipos de adjuvantes. **AGRARIAN ACADEMY**, v. 9, n. 17, p. 26–34, 2022.

PEREIRA, Ricardo Borges; MOURA, Alexandre Pinho De; PINHEIRO, Jadir Borges. Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos em Cultivo Protegido de Tomate e Pimentão. **Embrapa Instrumentação Agropecuária**, n. 1, p. 1–20, 2015.

PRADO, Evandro Pereira *et al.* Influência da dureza e potencial hidrogeniônico da calda de pulverização sobre o controle do ácaro-da-leprose em frutos de laranja doce. **Bragantia**, v. 70, p. 389–396, 2011.

QUEIROZ, Angélica Araujo; MARTINS, Juliana Araújo Santos; CUNHA, João Paulo Arantes Rodrigues da. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Biosci. J**, v. 24, n. 1, p. 8–19, 2008.

RABELO, M. C. & DANNA, L. Avaliação da qualidade da água: parâmetros químicos e físicos da sub-bacia do rio tamanduteí e da micro-bacia hidrográfica parque do pedroso. **Águas Subterrâneas**, 2015.

SÁNCHEZ, A. A. et al. Paper-Based Colorimetric pH Test Strip Using Bio-Derived Dyes. **Biosensors**, v. 15, n. 816, p. 1–17, 2025.

SHARIATI-RAD, Masoud; HEIDARI, Saeideh. Classification of and determination of total hardness of water using silver nanoparticles. **Talanta**, p. 1–29, 2020.

SOUSA, Anayla S. *et al.* Estimated Levels of Environmental Contamination and Health Risk Assessment for Herbicides and Insecticides in Surface Water of Ceara, Brazil. *In*: **Bull Environ Contam Toxicol**. p. 90–95, 2016.

SPADONI, Ana Beatriz Dilena. Propriedades físico-químicas e primórdios da perda de estabilidade de calda inseticida em misturas com fungicidas e adjuvantes. p. 1–68, 2019.


VARGAS, L.; ROMAN, E. S. Herbicidas e a qualidade química da água usada como diluente. **Passo Fundo: Embrapa Trigo**, 2006.

VIEIRA, danielle Cristina *et al.* Chemosphere Ecological risk analysis of pesticides used on irrigated rice crops in southern Brazil. **Chemosphere**, v. 162, p. 48–54, 2016.

XAVIER, M. das V. S., QUADROS, H. C. & SILVA, M. S. S. da. Parâmetros de potabilidade da água para o consumo humano: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v.11, e42511125118- e42511125118, 2022.

O USO DO ROBLOX NA EDUCAÇÃO ESCOLAR E SUAS POTENCIALIDADES E FRAGILIDADES NO DESENVOLVIMENTO DOS ESTUDANTES

THE USE OF ROBLOX IN SCHOOL EDUCATION AND ITS POTENTIAL AND WEAKNESSES IN STUDENT DEVELOPMENT

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-009>

Eva Aparecida dos Santos Gonçalves

Especialista em Alfabetização e Letramento
Secretaria de Educação do Estado de Mato Grosso do Sul
E-mail: eva.goncalves@edu.mt.gov.br

Hevelynn Franco Martins

Doutora em Biotecnologia
Universidade Estadual de Feira de Santana
E-mail: hevelynn_martins@hotmail.com

Cícera Evangelista da Silva Sousa

Mestra em Letras
Universidade de Pernambuco
E-mail: meciaeangelista@gmail.com

Telmo Rosa Nogueira

Mestre em Educação Inclusiva
Universidade do Estado de Minas Gerais
E-mail: telmo.nogueira.uemg.t5@gmail.com

Creilson de Jesus Conceição

Mestre em Matemática
Universidade Federal de Sergipe
E-mail: creilson santos@hotmail.com

Rose Cristina Veiga

Mestranda em Ciências da Saúde
Ivy Enber Christian University
E-mail: rosecveiga@gmail.com

Kayo Armando Alves Guimarães

Mestrando em Ensino de Computação para Educação Básica
Universidade Federal do Maranhão
E-mail: kayoarmando@hotmail.com

José Wilton de Almeida Júnior

Especialista em Didática e Metodologia do Ensino Básico e Superior
Centro Universitário UniFatecie
E-mail: juniorjw100@gmail.com

Oscar Ferreira da Silva Netto

Especialista em Educação Especial: Transtorno do Espectro Autista
Secretaria Municipal de Educação de Marabá
E-mail: oscarnetto1988@gmail.com

Nídia Nascimento Moraes

Especialista em Controladoria
Centro Universitário Leonardo da Vinci
E-mail: nidiamorais25@gmail.com

Luiz Carlos do Nascimento Borges

Licenciado em Matemática
Universidade Federal do Pará
E-mail: lcnb1984@gmail.com

Ivanildo Gomes da Silva

Graduado em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Centro Universitário Leonardo da Vinci
E-mail: ivanildo99gomes@gmail.com

RESUMO

O uso de tecnologias digitais no contexto educacional tem se intensificado, especialmente a partir da inserção de plataformas baseadas em jogos digitais como estratégias pedagógicas inovadoras. Nesse cenário, o Roblox destaca-se como um ambiente virtual amplamente utilizado por crianças e adolescentes, despertando o interesse de educadores quanto às suas possibilidades educativas. Contudo, paralelamente às suas potencialidades pedagógicas, emergem preocupações relacionadas às fragilidades da plataforma, sobretudo no que se refere à segurança digital e aos riscos de exposição de menores de idade a interações inadequadas. Diante desse contexto, o problema que motivou esta pesquisa consiste em compreender de que maneira o uso do Roblox na educação escolar pode contribuir para o desenvolvimento dos estudantes, considerando tanto seus benefícios pedagógicos quanto seus limites e riscos. O objetivo geral do estudo foi analisar as potencialidades e fragilidades do uso do Roblox na educação escolar e suas implicações no desenvolvimento cognitivo, social e socioemocional dos estudantes, a partir de uma revisão de literatura. Para alcançar esse propósito, a pesquisa adotou uma abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo, fundamentada em uma revisão de literatura realizada nas bases de dados Google Acadêmico e SciELO. O corpus analisado foi composto por publicações no período de 2021 a 2025, incluindo um resumo simples, um resumo expandido, seis artigos científicos, dois artigos em língua inglesa, um livro e uma tese de doutorado, selecionados a partir de critérios de relevância temática e rigor científico. Os resultados indicam convergência entre os autores quanto ao potencial do Roblox para promover engajamento, aprendizagem significativa, criatividade, colaboração e desenvolvimento do pensamento lógico, especialmente quando utilizado de forma planejada e mediada por professores. Entretanto, a literatura

também aponta fragilidades importantes, como a formação insuficiente dos docentes, o uso excessivo de telas, desigualdades de acesso às tecnologias e, de forma expressiva, os riscos relacionados à segurança digital, incluindo situações de aliciamento de menores em ambientes virtuais. Tais achados evidenciam que os benefícios educacionais da plataforma não são automáticos e dependem de mediação pedagógica, supervisão adulta e práticas educativas voltadas à proteção digital. Conclui-se que o Roblox pode constituir um recurso pedagógico relevante no contexto escolar, desde que seu uso seja crítico, ético e seguro. O estudo contribui para o campo educacional ao sistematizar conhecimentos sobre o tema e reforçar a necessidade de políticas educacionais, formação docente e estratégias de proteção digital que assegurem o desenvolvimento integral dos estudantes em ambientes digitais.

Palavras-chave: Educação escolar; Jogos digitais; Roblox; Segurança digital.

ABSTRACT

The use of digital technologies in the educational context has intensified, especially since the inclusion of platforms based on digital games as innovative pedagogical strategies. In this scenario, Roblox stands out as a virtual environment widely used by children and adolescents, sparking the interest of educators regarding its educational possibilities. However, alongside its pedagogical potential, concerns emerge related to the platform's weaknesses, particularly regarding digital security and the risks of exposing minors to inappropriate interactions. Given this context, the problem that motivated this research is to understand how the use of Roblox in school education can contribute to student development, considering both its pedagogical benefits and its limitations and risks. The overall objective of the study was to analyze the strengths and weaknesses of Roblox use in school education and its implications for the cognitive, social, and socio-emotional development of students, based on a literature review. To achieve this purpose, the research adopted a qualitative, exploratory, and descriptive approach, based on a literature review conducted in the Google Scholar and SciELO databases. The analyzed corpus consisted of publications from 2021 to 2025, including one simple abstract, one extended abstract, six scientific articles, two articles in English, one book, and one doctoral thesis, selected based on criteria of thematic relevance and scientific rigor. The results indicate convergence among the authors regarding the potential of Roblox to promote engagement, meaningful learning, creativity, collaboration, and the development of logical thinking, especially when used in a planned and teacher-mediated manner. However, the literature also points to important weaknesses, such as insufficient teacher training, excessive screen time, inequalities in access to technologies, and, significantly, risks related to digital security, including situations of child grooming in virtual environments. These findings demonstrate that the educational benefits of the platform are not

automatic and depend on pedagogical mediation, adult supervision, and educational practices focused on digital safety. It is concluded that Roblox can be a relevant pedagogical resource in the school context, provided its use is critical, ethical, and safe. This study contributes to the educational field by systematizing knowledge on the subject and reinforcing the need for educational policies, teacher training, and digital safety strategies that ensure the comprehensive development of students in digital environments.

Keywords: School education; Digital games; Roblox; Digital safety.

1 INTRODUÇÃO

A incorporação de tecnologias digitais no contexto educacional tem provocado mudanças significativas nas práticas pedagógicas, especialmente no que se refere às metodologias de ensino que dialogam com a realidade cotidiana dos estudantes. Ambientes virtuais interativos e plataformas baseadas em jogos digitais têm sido progressivamente explorados como recursos educacionais, por possibilitarem experiências de aprendizagem mais dinâmicas, participativas e contextualizadas. Nesse cenário, a plataforma Roblox destaca-se por permitir a criação e exploração de mundos virtuais colaborativos, nos quais os estudantes podem interagir, resolver problemas e desenvolver habilidades cognitivas e sociais.

O uso do Roblox na educação escolar tem sido discutido como uma alternativa metodológica capaz de ampliar o engajamento discente e favorecer aprendizagens significativas, uma vez que articula elementos lúdicos, criativos e tecnológicos. Essa plataforma aproxima o processo educativo das linguagens digitais já presentes no cotidiano dos estudantes, contribuindo para o desenvolvimento de competências como colaboração, criatividade, pensamento lógico e autonomia. Assim, o tema apresenta relevância social e educacional ao dialogar com as demandas contemporâneas da escola e com os desafios da formação integral dos alunos.

Entretanto, a inserção do Roblox no ambiente escolar não se limita apenas às suas potencialidades pedagógicas, exigindo também uma análise crítica de suas fragilidades. A ausência de mediação adequada, a formação insuficiente de professores e os riscos associados ao uso de ambientes virtuais abertos constituem desafios relevantes. Entre esses riscos, destaca-se a crescente preocupação com a segurança digital de crianças e adolescentes, especialmente diante de denúncias e investigações relacionadas a práticas de aliciamento de menores em plataformas de jogos on-line.

A situação do aliciamento de menores de idade em ambientes virtuais como o Roblox evidencia a necessidade de refletir sobre os limites éticos, pedagógicos e institucionais do uso dessas tecnologias na educação escolar. Embora a plataforma possua mecanismos de controle e moderação, estudos e reportagens recentes apontam fragilidades que podem expor os estudantes a interações inadequadas, o que reforça a

responsabilidade da escola, da família e do poder público na promoção de uma cultura de proteção, orientação e uso consciente das tecnologias digitais.

Diante desse contexto, o problema que orienta este estudo reside na necessidade de compreender de que maneira o uso do Roblox pode contribuir para o desenvolvimento dos estudantes no ambiente escolar, ao mesmo tempo em que se identificam suas fragilidades, especialmente no que se refere à segurança digital e à proteção de crianças e adolescentes. Tal problemática evidencia uma lacuna na literatura quanto à análise equilibrada entre potencial educativo e riscos associados ao uso da plataforma no contexto pedagógico.

A escolha do tema justifica-se pela crescente presença de jogos digitais no cotidiano escolar e pela urgência de aprofundar o debate sobre práticas pedagógicas mediadas por tecnologias digitais seguras, éticas e inclusivas. A análise das potencialidades e fragilidades do Roblox, incluindo questões relacionadas ao aliciamento de menores, torna-se fundamental para subsidiar decisões pedagógicas mais conscientes e responsáveis, contribuindo para a construção de ambientes educativos digitais mais protegidos.

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar, por meio de uma revisão de literatura, as potencialidades e fragilidades do uso do Roblox na educação escolar, considerando suas contribuições para o desenvolvimento cognitivo, social e criativo dos estudantes, bem como os riscos associados à segurança digital. Espera-se que este estudo contribua para o campo educacional, oferecendo subsídios teóricos para educadores, gestores e pesquisadores interessados em integrar tecnologias digitais ao ensino de forma crítica, planejada e segura.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, do tipo revisão de literatura, com abordagem exploratória e descritiva, tendo como objetivo analisar as potencialidades e fragilidades do uso do Roblox na educação escolar e seus impactos no desenvolvimento dos estudantes. Esse tipo de estudo foi escolhido por possibilitar a sistematização e a análise crítica de produções científicas já existentes, permitindo compreender como o tema vem sendo abordado no campo educacional e quais contribuições e desafios têm sido apontados pela literatura especializada.

A seleção dos materiais foi realizada a partir de buscas nas bases de dados Google Acadêmico e SciELO, considerando publicações no período de 2021 a 2025, nos idiomas português e inglês. Foram incluídos no corpus da pesquisa um resumo simples, um resumo expandido, seis artigos científicos, dois artigos em língua inglesa, um livro e uma tese de doutorado, todos relacionados ao uso de jogos digitais, gamificação, Roblox, educação escolar e segurança digital. Como critérios de inclusão, consideraram-se estudos que abordassem o uso pedagógico do Roblox ou de jogos digitais em contextos educacionais,

enquanto foram excluídos trabalhos repetidos, estudos sem relação direta com o tema e produções que não apresentassem rigor científico ou acesso ao texto completo.

O processo de análise dos dados fundamentou-se na análise temática, permitindo a organização dos resultados em eixos centrais, como potencialidades pedagógicas, mediação docente, desenvolvimento dos estudantes e fragilidades relacionadas à segurança digital. As informações extraídas dos estudos foram analisadas de forma crítica e comparativa, buscando identificar convergências e divergências entre os autores e responder ao problema de pesquisa proposto. No que se refere às considerações éticas, respeitou-se a integridade intelectual das obras analisadas, garantindo a fidedignidade das informações e o correto reconhecimento das autorias. Como limitação do estudo, destaca-se a ausência de dados empíricos, o que restringe as conclusões ao campo teórico, indicando a necessidade de futuras pesquisas que investiguem a aplicação prática do Roblox em contextos escolares específicos.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Araújo, Paes e França (2024), o Roblox tem sido investigado como um recurso pedagógico inovador na educação básica por possibilitar a criação de ambientes virtuais interativos que estimulam a aprendizagem ativa, a experimentação e a resolução de problemas, favorecendo a construção do conhecimento de forma contextualizada e alinhada às competências digitais previstas nos documentos curriculares nacionais, desde que sua utilização esteja associada a objetivos pedagógicos claros, planejamento didático estruturado e mediação docente contínua, evitando que o uso da plataforma se restrinja apenas ao entretenimento desvinculado de intencionalidade educativa.

Conforme Taly *et al.* (2024), a gamificação aplicada ao contexto educacional, especialmente por meio de plataformas digitais como o Roblox, contribui para a aprendizagem significativa ao integrar desafios, recompensas e narrativas interativas que aumentam o engajamento discente, favorecendo a motivação intrínseca, a autonomia e a participação ativa dos estudantes, além de estimular habilidades cognitivas como o raciocínio lógico, a tomada de decisões e a persistência diante de dificuldades, desde que o jogo seja utilizado como meio pedagógico e não como fim em si mesmo.

Segundo Silva (2024), o Roblox configura-se como um espaço propício para o desenvolvimento de narrativas digitais e multiletramentos, pois possibilita que crianças e adolescentes atuem como produtores de conteúdo, construindo histórias, cenários e personagens que articulam linguagem verbal, visual e digital, o que amplia as formas de expressão e comunicação, ao mesmo tempo em que favorece a compreensão crítica das linguagens contemporâneas e o desenvolvimento de competências necessárias à participação ativa em ambientes digitais complexos.

De acordo com Trindade, Meira e Zimmermann (2023), a presença de marcas e práticas de consumo no Roblox evidencia que a plataforma também atua como um espaço de socialização mercadológica, no

qual crianças e adolescentes são expostos a estratégias publicitárias que influenciam comportamentos, desejos e valores, tornando necessário que a escola promova reflexões críticas sobre consumo consciente, ética digital e leitura crítica das mídias, de modo a minimizar os impactos negativos dessas dinâmicas no desenvolvimento infantil.

Na visão de Campagnaro e Garcia (2023), o uso do Roblox pode contribuir para o desenvolvimento cognitivo e socioemocional de crianças ao estimular habilidades como atenção, memória, cooperação e resolução de problemas, além de favorecer a interação social em ambientes virtuais colaborativos, desde que haja supervisão adulta e mediação pedagógica adequada, considerando os limites do tempo de exposição às telas e a necessidade de equilíbrio entre experiências digitais e presenciais.

Conforme Araújo, Paes e França (2024), a mediação docente é elemento central para que o Roblox seja efetivamente utilizado como ferramenta educacional, uma vez que o professor assume o papel de orientador do processo de aprendizagem, organizando atividades, propondo desafios alinhados aos conteúdos curriculares e promovendo reflexões críticas sobre as experiências vivenciadas no ambiente virtual, garantindo que o uso da plataforma contribua para o desenvolvimento integral dos estudantes.

Segundo Monteze e Pereira (2021), os jogos digitais exercem influência significativa no cotidiano das crianças, interferindo em rotinas, formas de socialização e processos de aprendizagem, o que torna imprescindível compreender como plataformas como o Roblox impactam o desenvolvimento infantil, tanto no aspecto educacional quanto comportamental, reforçando a necessidade de uso equilibrado, orientado e contextualizado no ambiente escolar e familiar.

Conforme Côrtes e Paixão (2023), a formação docente constitui um dos principais desafios para a inserção de jogos digitais como o Roblox na educação básica, pois muitos professores não se sentem preparados para integrar essas tecnologias às práticas pedagógicas, o que evidencia a necessidade de programas de formação continuada que abordem aspectos técnicos, pedagógicos e éticos do uso de ambientes virtuais no processo educativo.

De acordo com Calbusch, Contini e Fagundes (2022), o uso do Roblox Studio como ferramenta educacional favorece o desenvolvimento do pensamento computacional ao permitir que estudantes criem jogos e simulações, compreendendo conceitos de lógica, programação e design digital de forma prática e contextualizada, o que contribui para a aprendizagem de conteúdos tecnológicos e para o estímulo à criatividade e à resolução de problemas complexos.

Segundo Fu *et al.* (2025), a personalização de avatares e as interações sociais no Roblox influenciam diretamente a construção da identidade e a expressão social de crianças e adolescentes, uma vez que esses ambientes permitem experimentar papéis, pertencimentos e formas de comunicação, o que pode favorecer

o desenvolvimento social, mas também exige atenção quanto a padrões estéticos, comparações sociais e exposição excessiva.

Conforme Souza, Sousa e Jucá (2025) o Roblox apresenta potencial para a aprendizagem interdisciplinar ao integrar conteúdos de diferentes áreas do conhecimento em experiências lúdicas e interativas, permitindo que os estudantes relacionem conceitos científicos, matemáticos e linguísticos em atividades práticas, o que favorece a compreensão global dos conteúdos e estimula o pensamento crítico e criativo no contexto escolar.

De acordo com Choi, Choi e Seering (2025), as comunidades colaborativas de jovens desenvolvedores no Roblox favorecem a aprendizagem social e o desenvolvimento de competências colaborativas, uma vez que os participantes compartilham conhecimentos, resolvem problemas em conjunto e constroem projetos coletivos, embora também enfrentem desafios relacionados à segurança, à moderação e à convivência em ambientes digitais.

Consoante Silva (2024), a participação de estudantes em plataformas digitais como o Roblox pode contribuir para o desenvolvimento da competência digital crítica, desde que a escola promova reflexões sobre uso consciente, ética digital e impactos sociais das tecnologias, possibilitando que os alunos compreendam não apenas como utilizar essas ferramentas, mas também como analisá-las criticamente no contexto educacional e social.

Segundo Moura (2025) o Roblox tem enfrentado denúncias relacionadas ao aliciamento de menores e à atuação de usuários mal-intencionados na plataforma, o que evidencia fragilidades nos mecanismos de segurança e reforça a necessidade de ações educativas, políticas de proteção digital, supervisão adulta e conscientização escolar para garantir a segurança, o bem-estar e os direitos de crianças e adolescentes em ambientes virtuais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da literatura evidenciou que o uso do Roblox na educação escolar tem sido abordado predominantemente sob a perspectiva de seu potencial pedagógico, especialmente no que se refere ao engajamento dos estudantes e à promoção de aprendizagens ativas. Os estudos analisados convergem ao apontar que a plataforma favorece a motivação, a participação e a autonomia discente, uma vez que possibilita experiências interativas, colaborativas e alinhadas às linguagens digitais presentes no cotidiano dos alunos, contribuindo para a aproximação entre escola e cultura digital.

Um dos principais eixos identificados nos trabalhos refere-se ao desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais por meio do uso pedagógico do Roblox. Os autores destacam avanços relacionados ao pensamento lógico, à resolução de problemas, à criatividade e à colaboração, especialmente quando as atividades são mediadas por professores e integradas aos objetivos curriculares. Nesse aspecto,

observa-se convergência entre os estudos ao afirmar que a plataforma pode contribuir para o desenvolvimento integral dos estudantes, desde que utilizada de forma planejada e intencional.

Outro eixo recorrente na literatura diz respeito à gamificação e à aprendizagem significativa, evidenciando que elementos lúdicos presentes no Roblox favorecem o envolvimento dos estudantes com os conteúdos escolares. Os resultados indicam que a aprendizagem mediada por jogos digitais pode tornar o processo educativo mais atrativo e contextualizado, ampliando a participação discente. Contudo, alguns autores alertam que a ausência de mediação pedagógica pode comprometer os resultados esperados, configurando um ponto de divergência quanto à eficácia do uso autônomo da plataforma.

A formação docente e a mediação pedagógica configuram-se como elementos centrais nos estudos analisados, sendo apontadas tanto como potencialidades quanto como fragilidades. Os resultados demonstram consenso entre os autores de que o professor exerce papel fundamental na condução das atividades, na definição de objetivos e na promoção de reflexões críticas sobre o uso da plataforma. Ao mesmo tempo, a literatura aponta a insuficiência de formação específica como um obstáculo para a efetiva integração do Roblox ao contexto escolar.

No que se refere às fragilidades, a literatura destaca preocupações relacionadas ao uso excessivo de telas, à superficialidade da aprendizagem quando o jogo não está alinhado ao currículo e às desigualdades de acesso às tecnologias. Esses aspectos revelam divergências quanto ao alcance dos benefícios educacionais do Roblox, especialmente em contextos escolares com limitações estruturais, reforçando a necessidade de políticas educacionais que promovam equidade no acesso às tecnologias digitais.

Um eixo de destaque nos resultados refere-se à segurança digital e à proteção de crianças e adolescentes em ambientes virtuais. Os estudos analisados indicam crescente preocupação com situações de exposição a conteúdos inadequados, interações indevidas e casos de aliciamento de menores em plataformas on-line, incluindo o Roblox. Há convergência entre os autores quanto à necessidade de ações preventivas, como supervisão adulta, educação digital crítica e fortalecimento de mecanismos institucionais de proteção no contexto escolar.

De modo geral, os resultados evidenciam que o uso do Roblox na educação escolar apresenta potencial significativo para contribuir com o desenvolvimento dos estudantes, mas também impõe desafios que não podem ser negligenciados. A literatura analisada permite responder ao problema de pesquisa ao indicar que os benefícios pedagógicos da plataforma estão diretamente condicionados à mediação docente, ao planejamento pedagógico e à adoção de práticas educativas voltadas à segurança digital, reforçando a importância de um uso crítico e responsável da tecnologia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta revisão de literatura permitem afirmar que o objetivo geral da pesquisa foi alcançado, uma vez que foi possível analisar de forma crítica as potencialidades e fragilidades do uso do Roblox na educação escolar. A síntese dos estudos evidencia que a plataforma pode favorecer o engajamento, a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais, desde que integrada ao currículo e mediada por práticas pedagógicas planejadas.

Em resposta ao problema de pesquisa, conclui-se que o uso do Roblox pode contribuir positivamente para o desenvolvimento dos estudantes, mas apresenta limitações importantes, especialmente relacionadas à formação docente, ao uso excessivo de tecnologias digitais e aos riscos associados à segurança on-line. A literatura analisada indica que os benefícios educacionais da plataforma não são automáticos, dependendo diretamente da mediação pedagógica, da supervisão adulta e da promoção de uma cultura de uso consciente e seguro das tecnologias no ambiente escolar.

Como limitações do estudo, destaca-se o fato de a pesquisa basear-se exclusivamente em revisão de literatura, não contemplando dados empíricos provenientes de contextos escolares específicos. Assim, sugere-se que futuras investigações explorem estudos de campo, análises comparativas e experiências práticas com o uso do Roblox em diferentes níveis de ensino, bem como pesquisas que aprofundem estratégias de proteção digital e formação docente, contribuindo para aplicações pedagógicas mais seguras, críticas e eficazes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, F. C. dos S.; PAES, E. D.; FRANÇA, J. B. S. Explorando o Potencial Pedagógico do Roblox na Educação Básica. *In: Simpósio Brasileiro de Computação na Educação Básica (SBC-EB)*, 1. , 2024, Porto Alegre/RS. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024 . p. 80-84. DOI: 10.5753/sbceb.2024.1682. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbceb/article/view/28660>. Acesso em: 5 fev. 2026.
- CALBUSCH, L. F. de Á.; CONTINI, D.; FAGUNDES, L. K.. Uso da plataforma Roblox Studio no desenvolvimento de jogos. **Anais da Semana de Formação Acadêmica e Científica e Cultural e Humanística (FACCHU-IFC Campus Brusque)-e-ISSN 2763-8286**, v. 4, n. 1, 2022. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/facchu/article/view/4892>. Acesso em: 5 fev. 2026.
- CAMPAGNARO, J. F. G.; GARCIA, A. S. Roblox: Um aliado no Desenvolvimento Comportamental Infantil na terceira infância. **Revista Científica Foz**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 17, 2023. Disponível em: <https://revista.ivc.br/index.php/revistafoz/article/view/267>. Acesso em: 04 fev. 2026.
- CHOI, Y.; CHOI, J.; SEERING, JOSEPH. Leveling Up Together: Fostering Positive Growth and Safe Online Spaces for Teen Roblox Developers. **Human-Computer Interaction**, CHI '25, April 26-May 1, 2025, Yokohama, Japan. DOI: 10.48550/arXiv.2502.18120. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2502.18120v1>. Acesso em: 6 fev. 2026.

CÔRTEZ, A. J. M. da R.; PAIXÃO, E. do S. de B. Uso de jogos digitais na educação básica: Análise das abordagens sobre aplicações no contexto escolar nos anos de 2017 a 2020. **Revista Inter-Ação**, Goiânia, v. 48, n. 3, p. 1013–1024, 2023. DOI: 10.5216/ia.v48i3.75883. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/interacao/article/view/75883>. Acesso em: 5 fev. 2026.

FU, Y. *et al.* Understanding Children's Avatar Making in Social Online Games. **Human-Computer Interaction**, CHI '25, April 26-May 1, 2025, Yokohama, Japan. DOI: 10.1145/3706598.3713262. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3706598.3713262>. Acesso em: 5 fev. 2026.

MONTEZE, N. L.; PEREIRA, A. A. de S. Os jogos digitais educativos: A influência da tecnologia no cotidiano das crianças. **Revista Científica UNIFAGOC - Multidisciplinar**, v. 6, n. 1, 2021. DOI: 10.61224/2525-488X.2021.670. Disponível em: <https://revista.unifagoc.edu.br/index.php/multidisciplinar/article/view/670>. Acesso em: 05 fev. 2026.

MOURA, Christian Simão Rodrigues et al. Jogos online e o aliciamento de crianças: Entre a diversão e a radicalização. **Revista de Direito**, v. 1, n. 01, p. 1-14, 2025. Disponível em: <https://periodicos.fanese.com.br/index.php/direito/article/view/83>. Acesso em: 6 fev. 2026.

SILVA, J. G. S. de L. **As narrativas digitais em plataformas de jogos on-line, na perspectiva dos multiletramentos: A produção no Roblox**. 2024. Tese (Doutorado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.


SOUZA, L. P.; SOUSA, K. F.; JUCÁ, S. C. S. Gamificação e realidade aumentada como ferramentas pedagógicas para o ensino: uma agenda de pesquisa. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, SP, v. 27, n. 00, p. e025020, 2025. DOI: 10.20396/etd.v27i00.8674840. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8674840>. Acesso em: 6 fev. 2026.

TALY, E. B. R. et al. Tecnologia na educação: gamificação e Roblox. **EduCAPES**, 2024. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1131106>. Acesso em: 04 fev. 2026.

TRINDADE, E.; MEIRA, K.; ZIMMERMANN, D. D. Playgrounds digitais: affordances, cultura do consumo infantil e a presença das marcas na Roblox. **Contracampo**, Niterói, v. 42, n. 3, set/2023-dez/2023, pp. 01-22, 2023. DOI: 10.22409/contracampo.v42i3.59590. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/contracampo/article/view/59590>. Acesso em: 04 fev. 2026.

AS CONEXÕES NO ÂMBITO DA MOTRICIDADE ORAL E VOZ

THE CONNECTIONS IN THE CONTEXT OF ORAL MOTOR SKILLS AND VOICE

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-010>

Joseval Evangelista de J. Oliveira Filho

Doutor em Ciências da Educação

Universidade Leonardo da Vinci

RESUMO

Este estudo tem como finalidade explorar as conexões entre a Motricidade Oral e a Voz, analisando as modificações no sistema motor oral em casos de disfonias funcionais. Informações relevantes sobre as relações anatomofisiológicas entre o sistema estomatognático e o aparelho responsável pela produção de voz permitem uma avaliação da relevância desses aspectos na análise e no tratamento de pessoas com condições patológicas relacionadas a essas duas especialidades da Fonoaudiologia.

Palavras-chave: Motricidade; Musculatura; Oral; Vocal.

ABSTRACT

This study aims to explore the connections between Oral Motor Skills and Voice, analyzing the modifications in the oral motor system in cases of functional dysphonia. Relevant information on the anatomical and physiological relationships between the stomatognathic system and the apparatus responsible for voice production allows for an assessment of the relevance of these aspects in the analysis and treatment of people with pathological conditions related to these two specialties of Speech-Language Pathology.

Keywords: Motor Skills; Muscles; Oral; Vocal.

1 INTRODUÇÃO

O ser humano mesmo sem órgão específico para o desempenho desta função, aprendeu a utilizar componentes dos aparelhos digestivo e respiratório na incrível arte de se comunicar. Comunicar, estabelecimento do convívio; forma de manter o entendimento com o outro; de pôr em contato; de relacionar; de propagar-se; de transmitir-se; grande objeto de estudo da Fonoaudiologia.

Fonoaudiologia, ciência onde o sistema estomatognático e a voz são estudados na forma mais subjetiva no caso de sua importância na comunicação, como também de maneira mais objetiva por meio de

duas grandes áreas de especialização: Motricidade Oral, especialidade que tem como objetivo a prevenção, o diagnóstico funcional e o tratamento dos problemas do sistema estomatognático, e Voz, especialidade que tem como objetivo a prevenção, o diagnóstico funcional e o tratamento das disfonias e disodias.

Ambas normalizadas, em 1996 pelo Conselho Federal de Fonoaudiologia - C.F.Fa, que instituiu a especialidade e o título de especialista. O título de especialista, nasce devido a necessidade de um maior conhecimento em um determinado campo de atuação, caminho seguido anteriormente por outras ciências como a Medicina e a Engenharia. Nota-se também uma tendência ao que pode-se chamar de sobreespecializações.

Exemplo desse fato é o especialista em Motricidade Oral que pode centralizar sua atuação em pacientes com alteração na articulação têmporo-mandibular ou o especialista em Voz que atende exclusivamente cantores líricos. O que embora seja bastante rico para o crescimento da Fonoaudiologia, pode contribuir para os mesmos questionamentos de outras ciências. Os questionamentos das outras ciências são observados principalmente quando dividem e subdividem seus objetos de estudo em partes que mesmo tendo relação entre si são esquecidos pelos especialistas.

Na Fonoaudiologia os profissionais que parecem se centralizar em suas áreas de especialização, correm o risco de esquecerem da globalidade do indivíduo. O mais grave é que "todo o resto", pode interferir naquela parte em tratamento. No caso específico da Motricidade Oral e da Voz, quantas e quantas vezes são interrogados das relações existentes entre causa e efeito ligando uma a outra área.

Nos pacientes com disfonia associada a alterações oromiofuncionais, sem investigação mais profunda para esta questão, é indicada fonoterapia específica voltada para queixa inicial. Deixa-se assim de compreender as interrelações presentes nessas duas áreas de especialização. O entendimento das interações no âmbito da Motricidade Oral e Voz é o objetivo desse artigo.

Acredita-se que as conexões entre a anatomia e a fisiologia do Sistema Sensorio Motor Oral e do Aparelho Fonador sejam interligadas, garantindo uma melhor harmonia na função de fala. Dessa forma, sugere-se que indivíduos que relatam disfonia funcional podem apresentar alterações na função orofacial.

2 METODOLOGIA

Ao tratar-se do tipo de pesquisa escolhido para a realização da pesquisa qualitativa enquadra-se como exploratória de cunho investigativo. A qual é realizada em áreas na qual existe pouco conhecimento acumulado e sistematizado. Por sua natureza de sondagem, não comporta hipóteses que, todavia, poderão O presente estudo tomou como fundamento a metodologia qualitativa de pesquisa, de teor exploratório, através do marco teórico desenvolvido e uma pesquisa de campo. Como afirma o autor Gil, (2002, p.44) “com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”.

Utilizou-se também os critérios para a construção de citações de autores específicos para construção do universo estudado, o método de coleta de dados, a maneira de tratamento desses dados e, finalizando, as limitações do método escolhido. Segundo o autor Gil, (2002, p. 41), com base em seus objetivos gerais, a pesquisa pode ser classificada como: exploratória, descritiva ou explicativa. Tendo como base os objetivos dessa pesquisa, esta pode ser classificada como exploratória pois tem a finalidade de “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito”. (Gil, 2002, p.41).

Segundo o autor Minayo (2010, p. 57), o método qualitativo é: “o que se aplica ao estudo da história, das relações, das representações, das crenças, das percepções e das opiniões, produtos das interpretações que os humanos surgem durante ou na finalização da pesquisa. Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 17), o que se quer investigar em detrimento dos resultados é: “a compreensão dos comportamentos a partir da perspectiva do sujeito da investigação”.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Permeando inicialmente a anatomia e a fisiologia ligadas ao tema, Brandi(1990) escreveu sobre a importância dos músculos e órgãos relacionados a laringe. Comenta assim, sobre o controle voluntário das condutas de emissão vocal que só é realizada pela posição da laringe em relação a posição da língua, mandíbula e palato mole; pela configuração geral do canal faringo - oral e acima de tudo, pelas interrelações entre a posição destes órgãos e as configurações dessas cavidades com a maneira como o ar expiratório é dirigido e nelas distribuído.

Cita os músculos extrínsecos da laringe representados pelos supra hióideos (digástrico, estilo-hióideo, milo-hióideo e gênio-hióideo) e infra-hióideos (esterno-hióideo, esternotireóideo, tireo - hióideo e omo-hióideo), como responsáveis pelo posicionamento, pela estabilização ou pela mobilidade para cima e para baixo da laringe. Continua afirmando que o centro do equilíbrio é o osso hióide e que os músculos infra-hióideos respondem não só pela posição da laringe, mas por um infinito número de ajustamentos das cartilagens laríngeas e conseqüentemente, por mudanças do trato vocal.

Estudando esses mesmos músculos, dando enfoque a deglutição, Gray (1988) relata que o grupo supra-hióideos durante o ato de deglutir, eleva o osso hióide e a base da língua; quando o osso está fixado pelos seus depressores, estes músculos abaixam a mandíbula e que durante o primeiro ato da deglutição, quando a massa do alimento está sendo conduzida da boca para a faringe, o osso hióide, e com ele a língua, são tracionados para cima e para a frente pelos ventres anteriores do digástrico, pelos milo-hióideos e pelos gênio-hióideos.

Para Douglas (1994), esta movimentação também vai puxar para cima e para frente a laringe, ou seja, a contração do grupo supra hióide que puxa o osso hióide, contração dos infra hióide, que puxam a

laringe. No segundo ato da deglutição, Gray (1988) continua relatando que quando a massa está passando pela faringe, a elevação direta do osso hióide ocorre pela ação combinada de todos os músculos; e depois que o alimento passa o osso hióide é levado para cima e para trás pelos ventres posteriores dos digástricos e pelos estilohióides que ajudam a impedir o refluxo do alimento para a boca.

O autor descreve ainda a ação do grupo infra-hiódeos que rebaixam a laringe e o hióide, depois que estes são tracionados para cima com a faringe no ato da deglutição e que os omo-hióideos não só abaixam o osso hióide como também o levam em direção dorsal e para um ou outro lado. Relacionado a isso, Brandi (1990), afirma que não se pode esquecer a repercussão que a posição da mandíbula exerce sobre a laringe, bem como na configuração da faringe e do palato mole, em virtude do intrincado complexo muscular que une estas estruturas. Direcionando este mesmo raciocínio para outras estruturas, Boone & McFarlane (1994) explicam que cada músculo extrínseco da língua (estilogosso, geniogosso, hiogosso, palatogosso e condrogosso) ao contraírem-se podem elevar ou abaixar a língua, em sua parte anterior, mediana ou posterior, e estendê-la para frente ou para trás. Já os músculos intrínsecos (longitudinal superior, longitudinal inferior e transversos e vertical), controlam a forma da língua estreitando-a, alargando-a ou encurtando. Esta mobilidade da língua, segundo Brandi (1990), vai exercer influência na qualidade da voz falada.

Seja no abaixamento ou elevação carregando a laringe, como também no recuo da base que obstrui a faringe, ou ainda, na rigidez de seu posicionamento. Podendo assim acarretar distorções vocálicas e consonantais, contribuindo para isso a ligação desse órgão com o palato mole. Observa-se que os músculos do palato mole tem um papel muito importante na voz falada, pois são músculos que asseguram a oposição entre fonemas nasais e orais.

Deles dependem em grande parte a qualidade ressonancial e a projeção da voz. Segundo a autora, na voz falada, não se pode negligenciar importância dos lábios pela sua mobilidade, tonicidade e propriedade articulatória, através dos músculos labiais (orbicular dos lábios, transversos, angulares e verticais) e dos faciais (bucinador, quadrado do lábio superior, zigomático, quadrado do lábio inferior, mentoniano, triangular, canino, incisivo do lábio superior e incisivo do lábio inferior).

Para Colton & Casper (1996), o músculo tiroaritenóideo (intrínseco da laringe), que compõe o corpo das pregas vocais, contrae-se diminuindo o comprimento das pregas vocais, aumentando sua área transversal e diminuindo a tensão longitudinal. Sua ação é um meio de abaixar a frequência. Contraíndo-se vai mudar a configuração das pregas vocais, que afeta o modo de seus movimentos dentro do ciclo vibratório.

Esse mesmo músculo é citado por Douglas (1997) ao comentar que na fase faringo-laringea da deglutição, existe inibição da respiração com o fechamento da laringe. A epiglote descende fechando a entrada as vias aéreas, a glote fecha por contração dos músculos tiroaritenóideos. O autor cita o Bloco

Neuromuscular Pneumo-Traqueal-Laringeo-Faringeano e Bloco Neuromuscular Buco-Labial, dois sistemas neuromusculares utilizados para expressão oral da linguagem.

E que os sistemas piramidal e extrapiramidal, além das fibras coordenadoras de origem cerebelar, participam no controle dos músculos esqueléticos fonoarticuladores. Conclui afirmando que, a regulação da expressão verbal tem origem e vias próprias diversas às da mastigação ou deglutição, mas a partir dos núcleos bulbares motores, existem muitos princípios e fatores comuns para todo sistema estomatognático. Quanto as relações etiológicas e conseqüentemente as observações a serem consideradas na anamnese, Hersan (1992) afirma que na prática clínica, existe uma alta incidência de crianças disfônicas portadoras de alterações miofuncionais, com comprometimento principalmente da deglutição atípica.

Essas crianças podem desencadear alterações de voz pela modificação do posicionamento da laringe no pescoço, decorrente da má - postura da laringe e da língua. Essa inadaptação fônica pode promover a modificação da frequência fundamental da voz e também alteração na ressonância. Compartilhando dessa afirmativa, Behlau & Pontes (1995), esclarecem que os distúrbios bucais, como aftas e estomatites freqüentes, podem interferir na ressonância e na articulação dos sons da fala na cavidade bucal.

Os autores relatam que os problemas oclusais ortodônticos, cáries freqüentes e falhas dentárias normalmente obrigam a uma adaptação sobretudo da musculatura lingual o que refletirá no funcionamento da laringe. A importância das posições inadequadas de cabeça, como fator etiológico de algumas alterações que envolvem Motricidade Oral e Voz, é abordada por Marchesan (1994), salientando que além dessas alterações estarem associadas a lordoses, escolioses ou sífoses, a língua pode sair do arco superior, levando junto a laringe provocando um problema vocal.

Disfagia e disfonia decorrentes de patologia cervical foram amplamente estudadas por Cruz (1990) que resalta o papel etiofisiopatogênico nessas alterações. Levando em consideração esses dados, no que diz respeito a avaliação, Campiotto (1997) sugere que no exame fonoaudiológico em cantores seja observada a postura (enfocando a posição da cabeça e suas relações com ombros, tronco, pernas, joelhos, quadril, posição da face e a mandíbula), e prioriza o aspecto econômico, ou seja, o menor esforço (ausência de tensão, postura de lábios e língua, abertura da boca e posição da laringe).

4 DISCUSSÃO

Sandoval Fonnegra & Ocampo Trujillo (1988) realizaram um estudo com pacientes submetidos a intubação prolongada e observaram que as complicações clínicas mais freqüentes foram a disfonia e disfagia. Em estudos anteriores Silva & Brito (1996), com a preocupação na relação Motricidade Oral e Voz realizaram avaliação fonoaudiológica de uma criança de quatro anos que apresentava síndrome

neurooftálmica (tonic upgaze in infancy), onde além do atraso na aquisição da linguagem foi diagnosticado alterações no sistema sensório-motor-oral e disfonia .

Seguindo os parâmetros acima citados em outro estudo anterior a presente pesquisa, Silva & Nascimento (1997) verificaram as relações entre saúde bucal e a saúde vocal e a importância desses dados na avaliação do disfônico. No tocante às técnicas de tratamento embasadas na relação Motricidade Oral e Voz, Behlau & Pontes (1995), descreveram as técnica de associação de movimentos dos órgãos fonoarticulatórios ou funções reflexo-vegetativas à emissão, que segundo os autores consiste na associação de movimentos articulatórios ou funções reflexo-vegetativas a produção fonatória, utiliza-se para isso o encadeamento de duas ou mais dinâmicas (fonatória, articulatória e/ou vegetativa), em um mesmo exercício, com a finalidade de uma emissão vocal melhor equilibrada.

Os autores relatam que estas técnicas permitem aproveitar vários exercícios de lábios, língua, bochechas, mandíbula e musculatura faríngea, associadas a emissão de diversos sons de apoio. Citam as técnicas de estalo de língua associados ao som nasal, exercício de rotação de língua no vestibulo, técnica de bocejo e método mastigatório.

Chamam atenção para as técnicas de manipulação digital da laringe, deslocamento lingual e deglutição incompleta sonorizada. Gonçalves & Behlau (1997) comentam que nos casos de laringectomias totais qualquer alteração na integridade do mecanismo de deglutição reflete-se negativamente na proposta fonoterapica indicando como um dos piores prognósticos de reabilitação vocal por voz esofágica. Tessitore & Manicardi (1996) descrevem o caso de uma cliente que com queixa principal de distúrbio vocal, mas com alterações miofuncionais recebeu abordagem fonoterapica de Motricidade Oral, além do tratamento odontológico, com evolução positiva as queixas de voz.

Para as autoras ficou claro o quanto o contexto da motricidade oral, tanto no aspecto neuromuscular, como em sua estrutura óssea, comprometeu a fonação desse cliente causando a produção inadequada da voz, demonstrando a preocupação dessas autoras e dos anteriormente citados, na busca das relações entre Motricidade Oral e Voz, dando suporte e embasamento teórico para a presente pesquisa.

A Tabela 1 mostra os valores (%) dos sinais e sintomas apresentados pelos adolescentes. Destes sinais e sintomas, 76,2% dos adolescentes não apresentaram queixa e 23,8% referiram algum sinal ou sintoma. Dos 23,8% que apresentaram algum dos itens descritos, 4% referiram dor cervical, 2,9% sensibilidade nos dentes, 2,8% fadiga muscular, 2,8% sensação de ouvido tampado e 1,9% dor de cabeça.

Tabela 1: Percentual de ausência e presença de sinais e sintomas.

SINAIS E SINTOMAS	Não	%	Sim	%
Dor na musculatura da face	50	81,9	11	18,1
Fadiga na musculatura	30	49,1	31	50,9
Dor nas ATMs	42	68,8	19	31,2
Ruídos na articulação	49	80,3	12	19,7
Dor cervical	16	26,2	45	73,8
Dor de cabeça	20	32,7	21	67,3
Sintomas auditivos	54	88,5	7	11,5
Dor no ouvido	49	80,3	12	19,7
Sensação de ouvido tampado	30	49,1	31	50,9
Zumbido	46	75,4	15	24,6
Dificuldade para mastigar	58	95	3	5
Você sente dificuldade para movimentar a boca	58	95	2	5
Dificuldade para abrir a boca	57	93,4	4	6,6
Dificuldade para fechar a boca	60	98,3	1	1,7
Dificuldade para bocejar	54	88,5	7	11,5
Dificuldade para falar	57	93,4	4	6,6
Dificuldade para engolir	57	93,4	4	6,6
Sensibilidade nos dentes	28	45,9	33	54,1

Na tabela 2 estão representados os escores por severidade destes sinais e sintomas ao acordar. Foram pontuados com escores maiores que representam maior severidade destes sinais e sintomas ao acordar a dor cervical (6,5% - escore 10), plenitude auricular (8,1% - escore 8) e sensibilidade nos dentes (8,1% - escore 10).

Tabela 2: Grau de severidade dos sinais e sintomas ao acordar.

SINAIS E SINTOMAS AO ACORDAR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dor nos músculos da face	42	3	5	3	2	2	1	2	1	-	-
Dor na articulação (ATM)	42	3	2	4	3	4	0	1	1	1	0
Dor cervical	22	5	2	5	5	6	2	1	6	3	4
Ruídos na ATM	44	4	4	4	1	1	0	1	1	1	0
Dor de ouvido	36	3	4	6	5	3	1	1	-	1	1
Zumbido	37	8	6	4	1	2	2	-	1	-	-
Ouvido tampado	24	4	7	8	3	2	4	3	5	-	1
Sensibilidade nos dentes	24	4	4	3	3	7	5	-	4	3	5
Dificuldade para engolir	53	3	1	1	1	2	-	-	-	-	-
Dificuldade para falar	49	4	2	1	1	1	1	1	-	-	1

A associação entre a dor na região cervical e as desordens temporomandibulares foram estudadas em 483 pacientes voluntários, através de questionário sobre suas condições orais, sintomatologia da região temporomandibular e cervical. Os resultados deste estudo indicam uma importante relação entre a dor cervical e as queixas de dor de cabeça e fadiga muscular. Existe uma relação funcional entre a articulação temporomandibular e as regiões crânio cervicais, onde os movimentos da articulação atlanto-occipital e vértebras cervicais ocorrem concomitantes à ativação dos músculos da mastigação e movimento da mandíbula.

5 CONCLUSÃO

Nos últimos anos, a Fonoaudiologia tem se expandido consideravelmente, firmando seu lugar como uma disciplina científica. A Motricidade Oral destaca-se como um dos pilares dessa evolução. Embora exista uma área de sobreposição com outras ciências, tem-se observado uma maior interação entre especialistas em Motricidade Oral e dentistas que atuam em Ortodontia e Cirurgia Buco-Maxilo-Facial. Essa tendência se estende além da Motricidade Oral, pois é comum estabelecer conexões diretas entre Otorrinolaringologistas e Fonoaudiólogos que se especializam em Voz.

É perceptível que alguns profissionais, que felizmente não representam a totalidade, tendem a relacionar as causas das patologias em diferentes áreas de especialização, o que se justifica pela elevada interrelação anatomofisiológica, tema central desta investigação. A pesquisa bibliográfica revelou que, ao abordar o assunto, foram levantadas algumas sugestões sobre os métodos de anamnese, avaliação e tratamento de disfonias e distúrbios oromiofuncionais, que podem estar interconectados. Os autores mencionam as interações dessas patologias de forma isolada, evidenciando assim a urgentíssima necessidade de orientação para fornecer subsídios significativos para a prática clínica.

REFERÊNCIAS

ANELLI, W. – **Atuação Fonoaudiologia na Desordem Temporomandibulares** In: LOPES FILHO, O. C. ed. **Tratado em Fonoaudiologia**. São Paulo. Roca,1997. p.821-28.

BEHLAU, M.S. & PONTES, P. – **Avaliação e Tratamento das Disfonias**. Lovise, 1995. 312p.

BOONE, D.R. & MCFARLANE, S.C. – **A voz e a Terapia Vocal** . 5ª edição. Porto Alegre. Artes Médicas, 1984. 300p.

BRANDI, E.– **Voz Falada**. Rio de Janeiro. Livraria Atheneu Editora, 1990. 224p.

CAMPIOTTO, A.R. – **Voz Profissional – Atuação Fonoaudiológica no Trabalho com Cantores** In: LOPES FILHO, O.C. ed. Paulo. Roca, 1997. p.723-33.
Tratado de Fonoaudiologia. São

COLTON, R. & CASPER, J.K.. – **Compreendendo os Problemas de Voz – Uma perspectiva Fisiológica ao Diagnóstico e ao Tratamento**. Porto Alegre. Artes Médicas, 1996. 386p.

CRUZ, E. - . **Disfagia e disfonia funcionais por patologia cervical degenerativa inicial**. **Folha médica**. São Paulo – 100 Vol.5/6, ilus maio- junho 1990. p.149-53

MARCHESAN, I. Q.; **Aspectos Clínicos da Motricidade Oral**. São Paulo: Editora Guanabara Koogan. 1998, p. 37-49

OLIVEIRA .J.B. – **Voz Profissional – Atuação Fonoaudiológica com Locutores de Rádio** In: LOPES FILHO, O. C. ed **Tratado de Fonoaudiologia** São Paulo. Roca, 1997.p.751-761.

Eva Aparecida dos Santos Gonçalves | Hevelynn Franco Martins | Cícera Evangelista da Silva Sousa | Telmo Rosa Nogueira | Creilson de Jesus Conceição | Rose Cristina Veiga | Kayo Armando Alves Guimarães | José Wilton de Almeida Júnior | Oscar Ferreira da Silva Netto | Nídia Nascimento Moraes | Luiz Carlos do Nascimento Borges | Ivanildo Gomes da Silva

PÉREZ CAZTZIN, F.; HOLM CORZO, A.; ZARETE AGUILAR, A.; GUTIÉRREZ SAMPERIO, C. - 1987 – **Síndrome oculofaríngeo: informe de un paciente** Revista Gastroenterológica. No.52 Vol.01.janeiro-março – p.9-34.

SILVA, H.J. & NASCIMENTO, N.M. – **Saúde Bucal X Saúde Vocal : Existe Correlação?** III Congresso da Fundação Presidente Castelo Branco I Jornada de Integração Fonoaudiologia Nutrição e Odontologia. Recife. Memo,1997.


SOUZA, L.C.M.; CAMPIOTTO, A.R.; FREITAS, R.R. – **Cirurgia Ortognática e Fonoaudiologia** In: LOPES FILHO, O.C. ed **Tratado de Fonoaudiologia**. São Paulo. Roca, p.781-804.

TESSITORE A. & MANACARDI N. A. – **Motricidade Oral e Voz** In: MARCHESAN, I.Q. ed. **Tópicos em Fonoaudiologia**. Vol. III. São Paulo. Lovise,1996.p.621-27.

VIEIRA, D. A. *et al.* **A importância da avaliação postural no paciente com disfunção da articulação temporomandibular**. Instituição: Instituto de ortopedia e traumatologia. Acta Ortopédica Brasileira, São Paulo, v. 12, n 003, p. 155-159, 2004.

OBESIDADE EM CÃES CASTRADOS: REPERCUSSÕES ENDOCRINO-METABÓLICAS E FATORES DE RISCO ASSOCIADOS

OBESITY IN NEUTERED DOGS: ENDOCRINE-METABOLIC REPERCUSSIONS AND ASSOCIATED RISK FACTORS

 <https://doi.org/10.63330/aurumpub.033-011>

Gabriela Camilly de Lima Nogueira

Graduanda em Medicina Veterinária
Faculdade Serra Dourada - SERRA DOURADA, Lorena SP
E-mail: gabrielanogueiro839@gmail.com

Rafael de Paula Valença

Graduando em Medicina Veterinária
Universidade Salgado de Oliveira - UNIVERSO, São Gonçalo RJ
E-mail: rafaeldepaula890@gmail.com

Lívia Rodrigues dos Santos

Graduanda em Medicina Veterinária
Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão SE
E-mail: rodrigueslivia2005@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/3739988161762264>

Wendeson Cordeiro dos Santos

Graduando em Medicina Veterinária
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, São Luís MA
E-mail: wendeson2702@gmail.com
Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9339569007559567>

Bruno Luiz Eleuterio Gurjão

Graduando em Medicina Veterinária
Centro Universitário Facisa - UNIFACISA, Campina Grande PB
E-mail: brunoluiz.magna@gmail.com

Isadora Beatriz de Oliveira Souza

Graduanda em Medicina Veterinária
Centro Universitário Facisa - UNIFACISA, Campina Grande PB
E-mail: isabeatrizbade@gmail.com

Abraham Lincoln Albuquerque Melo

Graduando em Medicina Veterinária
Centro Universitário Facisa - UNIFACISA, Campina Grande PB
E-mail: lincon0073@gmail.com

Thaylyze Andriele Alves Bastos

Graduanda em Medicina Veterinária

Universidade Federal do Pampa - UNIPAMPA, Uruguai RS

E-mail: thaylyze.floresalves@hotmail.com

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/6887446413842210>

RESUMO

A obesidade em cães castrados constitui importante desafio na medicina veterinária contemporânea, sendo reconhecida como condição multifatorial associada a alterações endócrino-metabólicas relevantes. A presente revisão sistemática teve como objetivo analisar as repercussões hormonais e metabólicas da obesidade em cães submetidos à gonadectomia, bem como identificar os principais fatores de risco associados. Evidenciou-se que a redução de hormônios sexuais após a castração promove diminuição do metabolismo basal e alterações no controle da saciedade, favorecendo o balanço energético positivo quando não há ajuste nutricional adequado. O tecido adiposo, por sua vez, atua como órgão endócrino ativo, liberando adipocinas e citocinas pró-inflamatórias que contribuem para resistência à insulina, dislipidemias e estado inflamatório crônico de baixo grau. Tais alterações podem predispor ao desenvolvimento de diabetes mellitus, distúrbios cardiovasculares e comprometimento osteoarticular, impactando negativamente a qualidade de vida dos animais. Além dos fatores fisiológicos, destacam-se aspectos ambientais e comportamentais, como sedentarismo, ingestão calórica excessiva e influência do estilo de vida dos tutores, sob a perspectiva “One Health”. Conclui-se que a castração não representa causa isolada da obesidade, mas fator predisponente que, associado ao manejo inadequado, amplia o risco metabólico. Ressalta-se a necessidade de monitoramento clínico, orientação nutricional individualizada e estratégias preventivas contínuas no período pós-castração.

Palavras-chave: Castração; Distúrbios endócrinos; Metabolismo; Obesidade canina; Síndrome metabólica.

ABSTRACT

Obesity in neutered dogs represents a significant challenge in contemporary veterinary medicine and is recognized as a multifactorial condition associated with important endocrine and metabolic alterations. This systematic review aimed to analyze the hormonal and metabolic repercussions of obesity in dogs subjected to gonadectomy, as well as to identify the main associated risk factors. Evidence indicates that the reduction of sex hormones after neutering leads to decreased basal metabolic rate and alterations in appetite regulation, favoring a positive energy balance when nutritional adjustments are not properly implemented. Adipose tissue acts as an active endocrine organ, releasing adipokines and pro-inflammatory cytokines that contribute to insulin resistance, dyslipidemia, and a chronic low-grade inflammatory state. These changes

may predispose affected animals to diabetes mellitus, cardiovascular disorders, and osteoarticular impairment, negatively impacting quality of life. In addition to physiological mechanisms, environmental and behavioral factors play a crucial role, including sedentary lifestyle, excessive caloric intake, and the influence of the owner's lifestyle, consistent with the "One Health" perspective. It is concluded that neutering should not be considered an isolated cause of obesity, but rather a predisposing factor that, when combined with inadequate management, increases metabolic risk. Continuous clinical monitoring, individualized nutritional guidance, and preventive strategies are essential in the post-neutering period.

Keywords: Canine obesity; Endocrine disorders; Metabolism; Metabolic syndrome; Neutering.

1 INTRODUÇÃO

A obesidade em cães configura-se como uma das principais enfermidades nutricionais da medicina veterinária contemporânea, assumindo caráter multifatorial e crônico, com repercussões significativas na saúde e na longevidade dos animais de companhia. Estudos recentes apontam que a condição ultrapassa a simples alteração estética, sendo reconhecida como uma doença metabólica complexa, associada a desordens endócrinas, inflamatórias e cardiovasculares (Bouze, 2023; Sousa; Silva, 2025). Nesse contexto, a castração tem sido frequentemente relacionada ao aumento da prevalência de obesidade canina, especialmente em razão das alterações hormonais que influenciam o metabolismo energético, o comportamento alimentar e o gasto calórico.

Conforme discutido por (Arroube; Pereira, 2025), a castração é amplamente recomendada na clínica veterinária devido aos seus benefícios populacionais, comportamentais e preventivos, como a redução de neoplasias reprodutivas e de comportamentos indesejados. Entretanto, os autores ressaltam que a remoção das gônadas implica modificações no eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, promovendo redução dos hormônios sexuais, especialmente estrogênio e testosterona, os quais desempenham papel regulador sobre o metabolismo basal e a composição corporal. A diminuição desses hormônios pode resultar em redução do gasto energético e aumento do apetite, favorecendo o balanço energético positivo e, conseqüentemente, o acúmulo de tecido adiposo.

A obesidade em cães castrados envolve, portanto, complexas interações endócrino-metabólicas. Segundo (Horiuk; Kozhyn, 2025), o excesso de tecido adiposo atua como órgão endócrino ativo, secretando adipocinas e citocinas pró-inflamatórias que contribuem para resistência à insulina, dislipidemias e alterações no metabolismo da glicose. Tais mecanismos se assemelham aos observados na síndrome metabólica humana, cuja fisiopatologia também é marcada por interações hormonais e inflamatórias complexas (Islam *et al.*, 2024). Em cães, essas alterações podem predispor ao

desenvolvimento de diabetes mellitus, hipotireoidismo secundário, distúrbios cardiovasculares e alterações hepáticas.

Estudos clínicos reforçam a magnitude dessas repercussões. A análise de parâmetros hormonais e metabólicos realizada por (Silva, 2022) evidenciou que cães obesos apresentam alterações significativas nos níveis de leptina, insulina e perfil lipídico, além de possíveis repercussões cardíacas. De forma complementar, (Santos, 2024) identificou alterações em biomarcadores metabólicos em cães obesos, destacando a importância da avaliação laboratorial para monitoramento e intervenção precoce. Esses achados demonstram que a obesidade pós-castração não se restringe ao ganho ponderal, mas envolve desregulação sistêmica com impacto direto na qualidade de vida do animal.

A literatura também enfatiza a influência de fatores ambientais e comportamentais na gênese da obesidade em cães castrados. Conforme (Calisto, 2021), a prática insuficiente de atividade física, associada ao fornecimento excessivo de alimentos calóricos e à oferta indiscriminada de petiscos, constitui fator determinante para o desenvolvimento da condição. (Santos; Freitas, 2022) complementam que a obesidade interfere diretamente na rotina dos cães, reduzindo mobilidade, tolerância ao exercício e predispondo a doenças osteoarticulares, o que agrava o ciclo de sedentarismo e ganho de peso.

Além dos aspectos individuais do animal, fatores relacionados ao tutor também exercem influência significativa. O estudo conduzido por (Suárez *et al.*, 2022), sob a perspectiva “One Health”, evidenciou associação entre obesidade do tutor e maior risco de obesidade canina, sugerindo que hábitos de vida compartilhados impactam diretamente o estado nutricional do animal. A percepção dos médicos veterinários acerca desses fatores foi investigada por (Silva, 2022), que destacou a necessidade de maior conscientização dos tutores sobre manejo alimentar e controle de peso, especialmente em animais submetidos à castração.

No âmbito clínico, a obesidade figura entre as principais queixas em endocrinologia veterinária. A casuística apresentada por (Ferreira; Gonçalves, 2024), ao analisar atendimentos especializados, evidencia a frequência de distúrbios metabólicos associados ao excesso de peso, reforçando a necessidade de abordagem preventiva e acompanhamento contínuo. Ademais, embora estudos em humanos apontem a influência de disruptores endócrinos sobre fatores cardiometabólicos (Rahimlou *et al.*, 2024), tais achados contribuem para ampliar a compreensão dos mecanismos hormonais que podem também interferir no equilíbrio metabólico em animais.

Diante desse panorama, observa-se que a obesidade em cães castrados resulta da interação entre alterações hormonais decorrentes da gonadectomia, predisposição individual, fatores ambientais, manejo alimentar inadequado e influência comportamental dos tutores. Trata-se de condição de elevada relevância clínica, cujas repercussões endócrino-metabólicas demandam atenção multidisciplinar e estratégias preventivas fundamentadas em evidências científicas. Assim, o presente estudo tem como objetivo analisar

as repercussões endócrino-metabólicas da obesidade em cães castrados, bem como identificar os principais fatores de risco associados, à luz da literatura científica atual.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, desenvolvida com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar evidências científicas acerca das repercussões endócrino-metabólicas da obesidade em cães castrados, bem como os principais fatores de risco associados. A condução metodológica seguiu diretrizes internacionais para revisões sistemáticas, contemplando definição da pergunta norteadora, estratégia de busca estruturada, aplicação de critérios de elegibilidade e análise crítica dos estudos selecionados.

A pergunta norteadora foi elaborada com base na estratégia PICO (População, Intervenção/Exposição, Comparação e Desfecho), sendo definida da seguinte forma: em cães castrados (P), a castração (I) está associada ao aumento da ocorrência de obesidade e alterações endócrino-metabólicas (O), quando comparada a cães não castrados (C)?

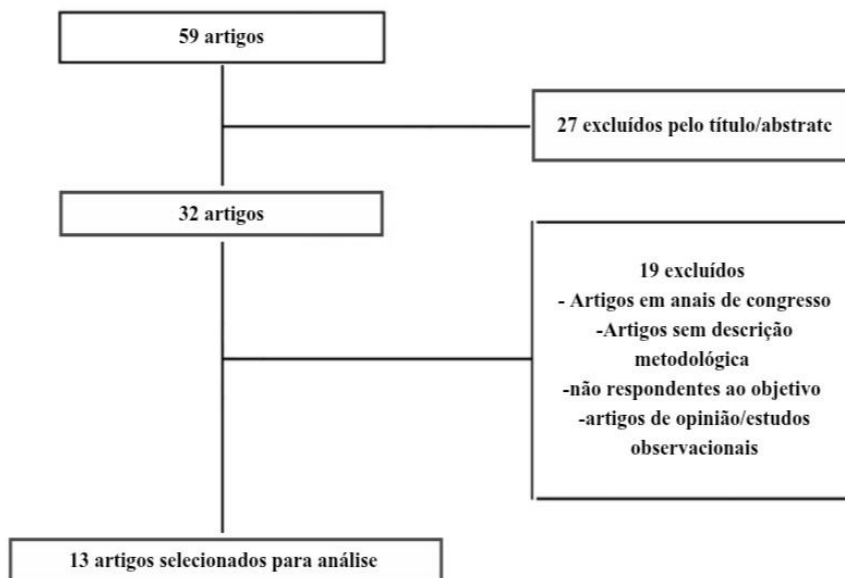
A busca bibliográfica foi realizada nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science e SciELO. Utilizaram-se descritores controlados e não controlados, em português e inglês, combinados com os operadores booleanos AND e OR. Entre os principais termos empregados destacam-se: “obesidade canina”, “cães castrados”, “castração”, “distúrbios endócrinos”, “metabolismo”, “síndrome metabólica”, “adipocinas”, “neutering”, “canine obesity”, “endocrine disorders” e “metabolic alterations”. As estratégias de busca foram adaptadas conforme as especificidades de cada base.

Foram adotados como critérios de inclusão: (1) artigos originais, revisões sistemáticas ou estudos clínicos publicados entre 2021 e 2025; (2) estudos envolvendo cães domésticos (*Canis lupus familiaris*); (3) pesquisas que abordassem obesidade associada à castração ou alterações hormonais e metabólicas decorrentes do excesso de peso; (4) textos disponíveis na íntegra; (5) publicações em português, inglês ou espanhol. Como critérios de exclusão estabeleceram-se: estudos com outras espécies, publicações duplicadas, resumos simples, editoriais, capítulos de livros e artigos que não apresentassem dados suficientes ou que não relacionassem obesidade aos aspectos endócrino-metabólicos.

O processo de seleção ocorreu em duas etapas: triagem por título e resumo, seguida de leitura integral dos estudos elegíveis. Após a remoção de duplicidades, os artigos foram organizados em planilha eletrônica para sistematização das informações. A extração dos dados contemplou autoria, ano, delineamento, amostra, variáveis hormonais e metabólicas analisadas, fatores de risco identificados e principais desfechos clínicos. A análise foi conduzida de forma qualitativa, com categorização temática dos achados em dois eixos: (1) repercussões endócrino-metabólicas da obesidade em cães castrados e (2) fatores

de risco associados.

Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos



Fonte: Autoria própria (2026)

Dessa forma, a presente revisão sistemática foi estruturada com rigor metodológico, assegurando organização, transparência e confiabilidade na síntese das evidências científicas acerca da obesidade em cães castrados e suas implicações endócrino-metabólicas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos estudos selecionados evidenciou que a obesidade em cães castrados apresenta natureza multifatorial, envolvendo alterações hormonais decorrentes da gonadectomia, mudanças comportamentais, fatores ambientais e predisposição metabólica individual. Os achados convergem ao demonstrar que a castração, embora traga benefícios clínicos e populacionais, promove modificações significativas no equilíbrio endócrino que podem favorecer o ganho ponderal quando não acompanhada de manejo nutricional adequado.

Nesse contexto, Arroube e Pereira (2025) destacam que a remoção das gônadas implica redução na produção de hormônios sexuais, especialmente estrogênio e testosterona, os quais exercem papel regulador sobre o metabolismo basal e o controle do apetite. Segundo as autoras, a diminuição desses hormônios pode resultar em menor gasto energético e aumento da ingestão alimentar, criando um cenário propício ao balanço energético positivo. Embora a castração não seja, isoladamente, determinante para a obesidade, ela constitui importante fator predisponente quando associada a sedentarismo e dieta hipercalórica.

Do ponto de vista fisiopatológico, os resultados indicam que o tecido adiposo em cães obesos atua

como órgão endócrino ativo. Horiuk e Kozhyn (2025) descrevem que a expansão do tecido adiposo promove secreção exacerbada de adipocinas pró-inflamatórias, como leptina e citocinas inflamatórias, contribuindo para resistência à insulina, dislipidemias e alterações no metabolismo da glicose. Esse estado inflamatório crônico de baixo grau configura importante elo entre obesidade e distúrbios endócrinos, aproximando a condição canina dos mecanismos observados na síndrome metabólica humana.

Corroborando essa perspectiva, Islam *et al.* (2024) explicam que a síndrome metabólica resulta da interação complexa entre fatores hormonais, inflamatórios e ambientais. Embora o estudo seja direcionado à medicina humana, seus fundamentos fisiopatológicos permitem compreender a obesidade canina como condição sistêmica e não apenas nutricional. Tal entendimento reforça a necessidade de abordagem clínica integrada em cães castrados com excesso de peso.

Os impactos metabólicos foram confirmados por análises laboratoriais. Silva (2022) observou alterações significativas em parâmetros hormonais e cardíacos de cães obesos, incluindo aumento de leptina, alterações no perfil lipídico e possíveis repercussões cardiovasculares. De maneira complementar, Santos (2024) identificou modificações em biomarcadores metabólicos em cães obesos submetidos a diferentes estratégias alimentares, evidenciando que o excesso de tecido adiposo interfere diretamente na homeostase metabólica. Esses achados sugerem que a obesidade pós-castração pode evoluir para quadros clínicos mais complexos, caso não haja intervenção precoce.

No âmbito clínico, a relevância da obesidade como fator associado a distúrbios endócrinos foi evidenciada por Ferreira e Gonçalves (2024), que identificaram elevada frequência de alterações metabólicas em atendimentos especializados em endocrinologia veterinária. Segundo as autoras, o excesso de peso figura entre as principais condições associadas a doenças como diabetes mellitus e hipotireoidismo, reforçando a necessidade de monitoramento contínuo em cães castrados.

Além das repercussões metabólicas, a literatura destaca impactos funcionais e comportamentais. Santos e Freitas (2022) enfatizam que a obesidade compromete a mobilidade, reduz a tolerância ao exercício e favorece doenças osteoarticulares, agravando o ciclo de sedentarismo. Bouze (2023) acrescenta que o excesso de peso em animais de companhia está associado a maior risco de doenças metabólicas crônicas, comprometendo a longevidade e a qualidade de vida.

Sob a perspectiva preventiva, Calisto (2021) ressalta que a obesidade pode ser evitada por meio de estratégias de medicina veterinária preventiva, incluindo ajuste da ingestão calórica após a castração, estímulo à atividade física e acompanhamento periódico do escore de condição corporal. Entretanto, a efetividade dessas medidas depende da conscientização dos tutores.

Nesse sentido, Silva (2022), ao investigar a percepção de médicos veterinários, evidenciou que muitos tutores subestimam o impacto do excesso de peso na saúde animal, dificultando a adesão às

OBESIDADE EM CÃES CASTRADOS: REPERCUSSÕES ENDÓCRINO-METABÓLICAS E FATORES DE RISCO ASSOCIADOS

recomendações profissionais. Complementarmente, Suárez *et al.* (2022) demonstram que a obesidade do tutor constitui fator de risco significativo para obesidade canina, evidenciando a influência dos hábitos compartilhados no ambiente domiciliar. Essa abordagem “One Health” reforça que o controle do peso em cães castrados envolve também mudanças comportamentais no núcleo familiar.

Embora não direcionado especificamente à medicina veterinária, o estudo de Rahimlou *et al.* (2024) aponta que a exposição a disruptores endócrinos está associada a alterações cardiometabólicas em humanos. Tal evidência amplia a discussão sobre possíveis influências ambientais na regulação hormonal, sugerindo que fatores externos podem interagir com alterações fisiológicas decorrentes da castração, potencializando riscos metabólicos.

Quadro 1 – Principais repercussões endócrino-metabólicas e fatores de risco associados à obesidade em cães castrados.

Descrição Técnica das Evidências	Variáveis/Condições Observadas	Descrição Técnica das Evidências	Autor / Ano
Modificações Endócrinas Pós-Gonadectomia	Redução de estrogênio e testosterona	Alteração do eixo hipotálamo-hipófise-gonadal, redução do metabolismo basal e aumento do consumo alimentar, favorecendo balanço energético positivo	Arroube e Pereira (2025)
Modificações Endócrinas Pós-Gonadectomia	Alteração na secreção de leptina	Aumento da leptinemia associado à resistência à leptina e desregulação do controle da saciedade	Horiuk e Kozhyn (2025); Santos (2024)
Alterações Metabólicas Sistêmicas	Resistência à insulina	Redução da sensibilidade periférica à insulina, predisposição ao diabetes mellitus e à síndrome metabólica	Horiuk e Kozhyn (2025); Ferreira e Gonçalves (2024)
Alterações Metabólicas Sistêmicas	Dislipidemias	Elevação de triglicerídeos e colesterol total, com impacto sobre risco cardiovascular	Silva (2022); Bouze (2023)
Alterações Metabólicas	Estado inflamatório crônico	Produção aumentada de	Horiuk e Kozhyn (2025);

Sistêmicas		citocinas pró-inflamatórias pelo tecido adiposo, caracterizando inflamação de baixo grau	Islam <i>et al.</i> (2024)
Repercussões Clínicas Associadas	Comprometimento cardiovascular	Alterações em parâmetros cardíacos relacionadas ao excesso de peso corporal	Silva (2022)
Repercussões Clínicas Associadas	Redução da mobilidade e intolerância ao exercício	Sobrecarga osteoarticular e diminuição da qualidade de vida	Santos e Freitas (2022); Sousa e Silva (2025)
Fatores de Risco Ambientais e Comportamentais	Ingestão calórica excessiva	Manutenção de dieta hipercalórica após castração, sem ajuste energético	Calisto (2021); Silva (2022)
Fatores de Risco Ambientais e Comportamentais	Sedentarismo	Correlação entre obesidade do tutor e maior prevalência de obesidade em cães	Calisto (2021)
Fatores de Risco Ambientais e Comportamentais	Influência do tutor	Possível interferência na regulação hormonal e nos fatores cardiometabólicos	Suárez <i>et al.</i> (2022)
Fatores Ambientais Potenciais	Exposição a disruptores endócrinos	Alterações em parâmetros cardíacos relacionadas ao excesso de peso corporal	Rahimlou <i>et al.</i> (2024)

Fonte: Autoria própria (2026)

O Quadro 1 sintetiza de forma sistematizada as principais repercussões endócrino-metabólicas associadas à obesidade em cães castrados, bem como os fatores de risco que contribuem para sua instalação e progressão. Observa-se que as alterações hormonais decorrentes da gonadectomia constituem ponto de partida relevante, especialmente pela redução dos hormônios sexuais e consequente impacto sobre o metabolismo basal e o controle da saciedade. Tais modificações, quando associadas à secreção exacerbada de adipocinas e ao desenvolvimento de resistência à insulina, favorecem a instalação de um estado inflamatório crônico de baixo grau, com repercussões sistêmicas importantes.

A síntese dos achados demonstra que as principais repercussões incluem resistência à

insulina, alterações lipídicas, aumento de leptina, predisposição a diabetes mellitus, alterações cardiovasculares e comprometimento da mobilidade. Entre os fatores de risco associados destacam-se: redução do metabolismo basal pós-castração, ingestão calórica excessiva, sedentarismo, influência comportamental dos tutores e ausência de acompanhamento veterinário regular.

Dessa forma, os resultados indicam que a obesidade em cães castrados não deve ser interpretada como consequência inevitável da gonadectomia, mas como resultado da interação entre alterações hormonais e fatores ambientais modificáveis. A discussão evidencia a necessidade de protocolos clínicos específicos para monitoramento metabólico após a castração, bem como estratégias educativas direcionadas aos tutores. A compreensão das repercussões endócrino-metabólicas associadas à obesidade permite intervenção precoce, prevenção de comorbidades e promoção de maior qualidade e expectativa de vida aos cães de companhia.

4 CONCLUSÃO

A presente revisão sistemática permitiu evidenciar que a obesidade em cães castrados configura-se como condição multifatorial, resultante da interação entre alterações hormonais decorrentes da gonadectomia e fatores ambientais modificáveis. A redução dos hormônios sexuais, especialmente estrogênio e testosterona, promove alterações no metabolismo basal e no controle do apetite, criando um cenário fisiológico favorável ao balanço energético positivo quando não há ajuste nutricional adequado.

As repercussões endócrino-metabólicas identificadas ultrapassam o simples aumento do escore de condição corporal, envolvendo resistência à insulina, dislipidemias, alterações na secreção de adipocinas e estabelecimento de estado inflamatório crônico de baixo grau. Tais alterações aproximam a obesidade canina do conceito de síndrome metabólica, evidenciando que o excesso de tecido adiposo atua como órgão endócrino ativo, com impactos sistêmicos relevantes.

Observou-se, ainda, que as consequências clínicas da obesidade em cães castrados incluem predisposição ao diabetes mellitus, alterações cardiovasculares, comprometimento osteoarticular e redução da mobilidade, fatores que impactam diretamente a qualidade e a expectativa de vida dos animais de companhia. Dessa forma, a condição assume relevância não apenas estética, mas sobretudo clínica e prognóstica.

A análise também destacou a influência determinante de fatores comportamentais e ambientais, como ingestão calórica excessiva, sedentarismo e hábitos compartilhados entre tutores e animais. A abordagem sob a perspectiva “One Health” reforça que o controle da obesidade canina está intimamente relacionado ao estilo de vida do núcleo familiar, exigindo intervenções educativas e acompanhamento veterinário contínuo após a castração.

Diante dos achados, conclui-se que a castração não deve ser compreendida como causa isolada da

obesidade, mas como fator predisponente que, associado ao manejo inadequado, potencializa o risco de alterações metabólicas. Assim, torna-se imprescindível a implementação de protocolos clínicos específicos para monitoramento do peso corporal, ajustes dietéticos individualizados e incentivo à prática regular de atividade física no período pós-operatório.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se o desenvolvimento de estudos longitudinais controlados que avaliem, de forma prospectiva, os parâmetros hormonais, metabólicos e inflamatórios em cães antes e após a castração, correlacionando-os com diferentes estratégias nutricionais e níveis de atividade física. Investigações dessa natureza poderão contribuir para o estabelecimento de diretrizes baseadas em evidências, favorecendo intervenções preventivas mais eficazes e personalizadas na prática da medicina veterinária.

REFERÊNCIAS

ARROUBE, Ana; PEREIRA, Ana. Dog neuter, yes or no? A summary of the motivations, benefits, and harms, with special emphasis on the behavioral aspect. *Animals*, v. 15, 2025.

BOUZE, Auriane Marie Margaux. A obesidade nos animais de companhia e o impacto nas doenças metabólicas. 2023.

CALISTO, Paula Alves. Obesidade em cães: medicina veterinária preventiva. 2021.

FERREIRA, Rafaela Drielli Bueno; GONÇALVES, Thayná de Fátima Cesare. Casuística em endocrinologia veterinária: análise dos atendimentos de 263 casos de cães e gatos durante o ano de 2023. *Pubvet*, v. 18, n. 6, p. e1615-e1615, 2024.

HORIUK, Viktoriia; KOZHYN, Volodymyr. Metabolic and endocrine disorders in obesity in dogs. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 2025.

ISLAM, Mohammad; WEI, Peng; SUZAUDDULA, Mohammad; NIME, Iftekhar; FERROZ, Farhana; ACHARJEE, Mita; PAN, Feng. The interplay of factors in metabolic syndrome: understanding its roots and complexity. *Molecular Medicine*, v. 30, 2024.

RAHIMLOU, Mahsa; MOUSAVI, Mohammad; CHITI, Hadi; PEYDA, Mahdieh; MOUSAVI, Seyed. Association of maternal exposure to endocrine disruptor chemicals with cardio-metabolic risk factors in children during childhood: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, v. 16, 2024.

SANTOS, Flaviani Emília. Biomarcadores metabólicos de cães obesos tratados com alimentação natural. 2024.

SANTOS, Wanda Lorrany Ferreira; FREITAS, Thais Miranda Silva. Obesidade e seus efeitos na rotina de cães. *Pubvet*, v. 16, p. 182, 2022.

SILVA, Ayna Arramis Apolinario. Obesidade em cães: análise de parâmetros cardíacos, hormonais e

metabólicos. 2022.

SILVA, Joelson Gomes da. Estudo da percepção de médicos veterinários sobre fatores associados à obesidade em cães e gatos. 2022.

SOUSA, Rafaela Lopes Queiroz Vieira de; SILVA, Ingrid Rodrigues e. Impactos da obesidade na saúde dos cães de companhia. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 11, n. 11, p. 8789-8801, 2025.

SUÁREZ, Laura; BAUTISTA-CASTAÑO, Iballa; ROMERA, Cristina; MONTOYA-ALONSO, José; CORBERA, Juan. Is dog owner obesity a risk factor for canine obesity? A “One-Health” study on human–animal interaction in a region with a high prevalence of obesity. Veterinary Sciences, v. 9, 2022.

REALIZAÇÃO:

Aurum
EDITORA

CNPJ: 589029480001-12
contato@aurumeditora.com
(41) 98792-9544
Curitiba - Paraná
www.aurumeditora.com