

The background of the cover features a composite image. On the left, a hand in a blue nitrile glove is adjusting the focus of a white microscope. The microscope's lens is positioned over a petri dish containing green plant leaves. To the right, a small green plant is visible. Overlaid on the right side are several chemical structures, including a complex polycyclic molecule with an HO group and a CH2 group, and a simpler structure with a carbonyl group (C=O) and a methyl group (CH3).

**Conceitos e metodologias
de integração em**
ciências biológicas
e da saúde 2

Daniela Reis Joaquim de Freitas
(Organizadora)

 **Atena**
Editora
Ano 2022

A grayscale background image featuring a microscope on the left, a pair of forceps on the right, and several chemical structures overlaid. One structure is a complex polycyclic ring system with a hydroxyl group (HO-), another is a carboxylate group (O=C-CH3) attached to a chain, and a third is a simple alkene (H-C=C-H).

**Conceitos e metodologias
de integração em**
ciências biológicas
e da saúde 2

Daniela Reis Joaquim de Freitas
(Organizadora)

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



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

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

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

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

Conselho Editorial**Ciências Biológicas e da Saúde**

Profª Drª Aline Silva da Fonte Santa Rosa de Oliveira – Hospital Federal de Bonsucesso

Profª Drª Ana Beatriz Duarte Vieira – Universidade de Brasília

Profª Drª Ana Paula Peron – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília

Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás



Prof. Dr. Cirênio de Almeida Barbosa – Universidade Federal de Ouro Preto
Prof^o Dr^a Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí
Prof^o Dr^a Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof^o Dr^a Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina
Prof^o Dr^a Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Prof^o Dr^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof^o Dr^a Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra
Prof^o Dr^a Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia
Prof^o Dr^a Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. José Aderval Aragão – Universidade Federal de Sergipe
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^o Dr^a Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás
Prof^o Dr^a Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Prof^o Dr^a Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof^o Dr^a Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins
Prof^o Dr^a Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Prof^o Dr^a Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino
Prof^o Dr^a Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará
Prof^o Dr^a Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense
Prof^o Dr^a Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí
Prof^o Dr^a Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^o Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^a Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



Conceitos e metodologias de integração em ciências biológicas e da saúde 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Daniela Reis Joaquim de Freitas

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C744 Conceitos e metodologias de integração em ciências biológicas e da saúde 2 / Organizadora Daniela Reis Joaquim de Freitas. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-258-0306-7

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.067220807>

1. Saúde - Pesquisa - Metodologia. 2. Biologia. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.

CDD 610.72

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

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



DECLARAÇÃO DA EDITORA

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



APRESENTAÇÃO

O conhecimento da área biológica é rico e vasto, permeando a área ambiental, industrial, médica, e de saúde. E é na área de saúde que este conhecimento adquire um olhar mais interessante: desde a triagem e descoberta de novos compostos biológicos para fabricação de medicamentos a métodos diagnóstico de doenças, bem como a importante contribuição a Educação em Saúde para prevenção e controle de doenças.

A obra “Conceitos e metodologias de integração em ciências biológicas e da saúde 2” está focada em discutir a formação do conhecimento que permeia as Ciências Biológicas e a área da Saúde, dando ao leitor uma visão plural e ampla sobre o que está se produzindo atualmente. Esta obra possui onze capítulos compostos por artigos científicos originais baseados em trabalhos de pesquisa e trabalhos de revisão bibliográfica.

Os trabalhos descritos neste livro abordam caracterização de moléculas presentes em veneno de serpentes, ou aspectos farmacológicos e etnobotânicos da flor de algodão do México, a trabalhos envolvendo alcoolismo durante a gestação e lactação a eficiência de biopolímeros na conservação de rizobactérias e aplicações de realidade virtual e realidade aumentada na saúde; etc.

Temos certeza de que esta obra enriquecerá seu conhecimento e será uma leitura muito prazerosa. A Atena Editora, prezando pela qualidade, possui diversos revisores de universidades renomadas do país para revisar suas obras. Por isto, tenha certeza de que você está com um trabalho de excelente qualidade em mãos. Esperamos que você faça bom proveito de sua leitura!

Daniela Reis Joaquim de Freitas

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

PRINCIPAIS FÁRMACOS DESENVOLVIDOS A PARTIR DA EXTRAÇÃO DO VENENO DE SERPENTES BRASILEIRAS E SUAS APLICABILIDADES EM MEDICINA HUMANA E VETERINÁRIA

Pablo Mota Borges
Sônia de Avila Botton
Tônia Magali Moraes Brum
Lucas Lignane Bini
Talita Helena Sibata
Érika Mendes Palmieri
Júlia de Carvalho Martins
Valessa Lunkes Ely
Lara Baccarin Ianiski
Daniela Isabel Brayer Pereira
Luís Antonio Sangioni

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0672208071>

CAPÍTULO 2..... 13

POTENCIAL TERAPÊUTICO DE FOSFOLIPASES A₂ ISOLADAS DE PEÇONHAS DE SERPENTES: EFEITO ANTITUMORAL E ANTIANGIOGÊNICO EM DIFERENTES LINHAGENS DE CÉLULAS TUMORAIS

Ketleen Lucas do Carmo
Vinícius Queiroz Oliveira
Leonardo Oliveira Silva Bastos Andrade
Luísa Carregosa Santos
Jéssica Santos de Oliveira
Samuel Cota Teixeira
Veridiana de Melo Rodrigues
Cristiani Baldo da Rocha
Daiana Silva Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0672208072>

CAPÍTULO 3..... 25

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ASPECTOS ETNOBIOLÓGICOS E FARMACOLÓGICOS DE *Gossypium hirsutum* L.: UMA REVISÃO

Naiza Saraiva Farias
Andressa Brandão de Souza
Fernanda Santos Sousa Costa
Maria Elenilda Paulino da Silva
Mariana dos Santos Santana
Monisya Oliveira Ferreira Brandão
Luciene Ferreira de Lima
Maria Flaviana Bezerra Morais-Braga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0672208073>

CAPÍTULO 4..... 46

MANUAL DE ABORDAGEM DA SOBRECARGA HEPÁTICA DISMETABÓLICA DE FERRO EM PACIENTES COM OBESIDADE

Rafael Nascimento de Jesus
Elinton Adami Chaim
Everton Cazzo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0672208074>

CAPÍTULO 5..... 52

CONSUMO CRÔNICO DE ÁLCOOL DURANTE A GESTAÇÃO E LACTAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE O TIMO E BAÇO DA PROLE

Yasmim Barbosa dos Santos
Bruno José do Nascimento
Érique Ricardo Alves
Laís Caroline Silva dos Santos
Maria Vanessa da Silva
Anthony Marcos Gomes dos Santos
Ismaela Maria Ferreira de Melo
Álvaro Aguiar Coelho Teixeira
Valéria Wanderley Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0672208075>

CAPÍTULO 6..... 65

EFICIÊNCIA DE BIOPOLÍMEROS NA CONSERVAÇÃO DE CÉLULAS DE RIZOBACTÉRIAS

Manuella Costa Sousa
Lillian França Borges Chagas
Kellen Ângela Oliveira de Sousa
Celso Afonso Lima
Ana Licia Leão Ferreira
Milena Barreira Lopes
Dalilla Moreira de Oliveira Moura
Pablo Timoteo da Silva
Letícia Bezerra de Almeida
Aloísio Freitas Chagas Junior

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.0672208076>

CAPÍTULO 7..... 83

IMPACTO DOS METAIS PESADOS PARA AMBIENTES AQUÁTICOS E PARA SAÚDE HUMANA

Joaquim Alexandre Moreira Azevedo
Alexandre Bomfim Barros
Aline de Moraes Amaral Barros
Velber Xavier Nascimento
Paulo Rogério Barbosa de Miranda
Maria Cristina Simões Barbosa
Camila Calado de Vasconcelos

CAPÍTULO 8..... 90

AS APLICABILIDADES E INOVAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA COM ENFOQUE EM SAÚDE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Caio Jorge Martins da Silva
Juliana Raissa Oliveira Ricarte
Xênia Maia Xenofonte Martins
Thaynan dos Santos Dias
Matheus Aragão Dias Firmino
Géssica de Souza Martins
Eumara Yana de Oliveira Ricarte

CAPÍTULO 9..... 103

CLIMA ORGANIZACIONAL: CONCEITO-FERRAMENTA PARA A GESTÃO DA QUALIDADE

Flávia Christiane de Azevedo Machado
Suelen Ferreira de Oliveira
Janete Lima de Castro

CAPÍTULO 10..... 128

EFEITOS DO *POWERBREATHE* NO TREINAMENTO DA MUSCULATURA RESPIRATÓRIA DE ATLETAS DE BASQUETEBOL EM CADEIRA DE RODAS

Nayane Magalhães de Andrade Oliveira
Juliana Ribeiro Gouveia Reis

CAPÍTULO 11..... 140

FEIRA DE ASTRONOMIA REALIZADA NO COLÉGIO ESTADUAL BERTHOLDO CIRILO DOS REIS

Irineu Santos
Antonio Delson Conceição de Jesus

SOBRE O ORGANIZADOR..... 157

ÍNDICE REMISSIVO..... 158

CAPÍTULO 1

PRINCIPAIS FÁRMACOS DESENVOLVIDOS A PARTIR DA EXTRAÇÃO DO VENENO DE SERPENTES BRASILEIRAS E SUAS APLICABILIDADES EM MEDICINA HUMANA E VETERINÁRIA

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 09/05/2022

Júlia de Carvalho Martins

UFSM, CCR, Medicina Veterinária
Santa Maria – RS

Valessa Lunkes Ely

UFSM, CCR, DMVP, PPGMV
Santa Maria – RS

<http://lattes.cnpq.br/3600223194807131>

Lara Baccarin Ianiski

UFSM, Centro de Ciências da Saúde (CCS),
Departamento de Microbiologia e Parasitologia
(DEMIP/CCS), Programa de Pós-graduação em
Ciências Farmacêuticas (PPGCF)
Santa Maria – RS

<http://lattes.cnpq.br/8874675662403044>

Daniela Isabel Brayer Pereira

Universidade Federal de Pelotas (UFPEL),
Instituto de Biologia, Departamento de
Microbiologia e Parasitologia, Programa
de Pós-graduação em Microbiologia e
Parasitologia (PPGMPAR)
Capão do Leão – RS

<http://lattes.cnpq.br/3382450720179401>

Luís Antonio Sangioni

UFSM, CCR, DMVP, PPGMV
Santa Maria – RS

<http://lattes.cnpq.br/8056805667740451>

Pablo Mota Borges

Universidade de Caxias do Sul, Departamento
de Ciências da Vida, Medicina Veterinária
Caxias do Sul – RS
<http://lattes.cnpq.br/9742195207619482>

Sônia de Avila Botton

Universidade Federal de Santa Maria
(UFSM), Centro de Ciências Rurais (CCR),
Departamento de Medicina Veterinária
Preventiva (DMVP), Programa de Pós-
graduação em Medicina Veterinária (PPGMV) e
de Ciências Farmacêuticas (PPGCF)
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/0814772095155945>

Tônia Magali Moraes Brum

UFSM, CCR, Departamento de Educação
Agrícola e Extensão Rural
Santa Maria - RS
<http://lattes.cnpq.br/6670578627131711>

Lucas Lignane Bini

UFSM, CCR, Medicina Veterinária
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/7013393782470790>

Talita Helena Sibata

UFSM, CCR, Medicina Veterinária
Santa Maria – RS
<http://lattes.cnpq.br/9719078525737354>

Érika Mendes Palmieri

UFSM, CCR, Medicina Veterinária
Santa Maria – RS

RESUMO: No Brasil são descritas 69 espécies de serpentes peçonhentas. O ofidismo caracteriza-se como um sério problema de saúde pública no País. Contudo, as serpentes não são apenas causadoras de injúrias, uma vez que há mais de um século, diferentes fármacos têm sido desenvolvido, a partir da peçonha desses animais.

Além de constituírem toxinas mortíferas, os venenos de ofídios possuem componentes de grande importância terapêutica. Pesquisas demonstram uma grande diversidade funcional e estrutural de componentes destes venenos, capazes de serem utilizados para fins médicos e farmacológicos. Neste contexto, esta revisão bibliográfica narrativa propõe apresentar os principais usos terapêuticos dos venenos das serpentes e demonstrar a importância que essas toxinas e seus derivados farmacológicos possuem para a saúde pública. A coleta de dados foi feita por meio de artigos e periódicos em plataformas como Scielo, Periódicos CAPES, Google Scholar e PubMed. Constatou-se que dentre os diversos fármacos desenvolvidos alguns se destacam, sendo amplamente utilizados: o soro antiofídico, o medicamento captopril e a cola de fibrina. O soro antiofídico é uma solução de imunoglobulinas específicas purificadas, obtidas a partir do plasma de equídeos hiperimunizados, contra o veneno da espécie-específica. A soroterapia, configura-se como o único tratamento eficaz nos casos de acidentes ofídicos. O Captopril é um agente hipotensivo baseado na estrutura de um peptídeo isolado do veneno da serpente *Bothrops jararaca*, sendo um dos medicamentos anti-hipertensivos mais utilizados mundialmente. A cola de fibrina provém do veneno da serpente *Crotalus durissus*, sendo um crioprecipitado enriquecido com fibrinogênio bovino e uma fração tipo trombina do veneno da serpente. Este fármaco é utilizado em aplicações hemostáticas primárias e como selante cirúrgico em diversos procedimentos clínico-cirúrgicos. Ressalta-se que essas toxinas são de grande importância na fabricação de variados fármacos, utilizados no tratamento de envenenamentos, em medicamentos e procedimentos médicos no tratamento de diversas enfermidades humanas e animais.

PALAVRAS-CHAVE: Captopril; Cola-de-fibrina; Soro-antiofídico; Toxinas-animais; Venenos.

MAIN PHARMACEUTICALS DEVELOPED FROM THE EXTRACTION OF VENOM FROM BRAZILIAN SNAKES AND THEIR APPLICABILITIES IN HUMAN AND VETERINARY MEDICINE

ABSTRACT: In Brazil, 69 species of venomous snakes are described. Ophidism is characterized as a serious public health problem in the country. However, snakes are not only the cause of injuries, since for more than a century, different drugs have been developed from the venom of these animals. In addition, the snake venoms, mostly deadly toxins, have components of great therapeutic importance. Research shows a great functional and structural diversity of components of these venoms, capable of being used for medical and pharmacological purposes. In this context, this narrative literature review proposes to present the main therapeutic uses of snake venoms and demonstrate the importance that these toxins and their pharmacological derivatives have for public health. Data collection was done through articles and journals on platforms such as Scielo, Periódicos CAPES, Google Scholar, and PubMed. It was found that among the various drugs developed, some stand out, being widely used: the antivenom serum, the captopril (medicine) and fibrin glue. Antivenom serum is a solution of purified specific immunoglobulins, obtained from the plasma of hyperimmunized equines, against species-specific venom. Serotherapy is the only effective treatment in cases of snakebites. Captopril is a hypotensive agent based on the structure of a peptide isolated from the venom of *Bothrops jararaca* snake and is one of the most widely used antihypertensive drugs worldwide. Fibrin glue comes from the venom of *Crotalus durissus* snake, being a cryoprecipitate enriched with bovine fibrinogen and a thrombin-like fraction of

snake venom. This drug is used in primary hemostatic applications and as a sealant in several clinical-surgical procedures. It is noteworthy that these toxins are of great importance in the manufacture of various drugs, used in the treatment of poisoning, in pharmacological products and medical procedures for the treatment of various human and animal disorders.

KEYWORDS: Animal-toxins; Captopril; Fibrin-glue; Poisons; Snake-antivenom.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil são descritas cerca de 69 espécies de serpentes peçonhentas, representadas pelos seguintes gêneros: *Bothrops*, *Crotalus*, *Lachesis* e *Micrurus* de maior relevância médica no País (TOKARNIA & PEIXOTO, 2006; SILVA, 2008). Devido à alta ocorrência e gravidade dos acidentes com esses animais, o ofidismo é considerado um sério problema de saúde pública no Brasil (OLIVEIRA, 2013). No País, anualmente, são notificados cerca de 30.000 casos de acidentes envolvendo serpentes. Somente nos anos, 2020 e 2021, foram registrados, respectivamente, cerca de 31.395 e 29.100 acidentes ofídicos, sendo que destes, mais de 80% foram causados por serpentes peçonhentas (DATASUS, 2022).

As peçonhas das serpentes são misturas complexas ricas em toxinas, enzimas e peptídeos biologicamente ativos que podem apresentar diversos efeitos sobre os mecanismos homeostáticos de suas presas, incluindo coagulação, fibrinólise, alteração na função plaquetária, necrose, hemorragia, paralisia, entre outros (BASTOS, 2007; RANGEL, BERNARDES, 2021). No entanto, as serpentes peçonhentas não são apenas causadoras de injúrias ao ser humano e demais animais, há mais de um século vêm se desenvolvendo diferentes fármacos a partir de seus venenos. Estas substâncias, apesar de causar efeitos deletérios, possuem componentes de grande importância terapêutica (CALVETE, 2011). Diversas pesquisas vêm demonstrando a grande diversidade funcional e estrutural desses componentes, capazes de serem empregados para fins farmacológicos, incluindo: analgésicos (YINGXIA et al., 2012); antimicrobianos (LEE et al., 2011); anti-hipertensivos (LAMEU et al., 2010); antivirais (MULLER et al., 2012); antiparasitários (PAIVA et al., 2011); antitumorais (BREGGE-SILVA et al., 2012), entre outros.

Devido à insuficiência de estudos reunindo os principais usos das peçonhas de serpentes no Brasil, justifica-se a presente revisão bibliográfica narrativa que visa compilar, de forma simples e objetiva, as informações dos usos terapêuticos dos venenos de serpentes peçonhentas no Brasil de importância à saúde humana e animal.

A coleta de dados foi obtida por meio da pesquisa em artigos científicos publicados em periódicos indexados em plataformas digitais e websites incluindo Scielo, Periódicos CAPES, Google Scholar e PubMed.

2 | DESENVOLVIMENTO

Os produtos de origem natural são relevantes fontes para o desenvolvimento de novos biofármacos, possuindo em sua composição uma complexidade de substâncias, com inúmeras funções biológicas, químicas e farmacológicas, podendo ser empregados contra uma diversidade de patógenos e em vários tratamentos médicos (HARVEY, 2000; QUEIROZ, 2010).

As peçonhas oriundas de diversas serpentes são secreções ricas em toxinas, sintetizadas e armazenadas em glândulas especializadas, e injetadas em suas vítimas através de presas ou dentes para que possam exercer suas atividades biológicas. Essas toxinas animais constituem uma das mais ricas fontes de substâncias biologicamente ativas encontradas na natureza. Estudos realizados nas últimas décadas, têm demonstrado a grande diversidade de constituintes nos venenos de serpentes, incluindo: proteínas com atividade enzimática, toxinas, peptídeos, aminas bioativas, dentre outros compostos (DOS SANTOS et al., 2017). Embora estas substâncias possam ocasionar emergências médicas, estas mesmas moléculas, uma vez purificadas e caracterizadas, podem constituir importantes substâncias terapêuticas (NNTRC, 2013).

O médico e pesquisador Vital Brazil com suas descobertas, no ano de 1894, sobre a especificidade dos soros antiofídicos desenvolveu as bases da imunologia mundial. As pesquisas desse pesquisador foram um divisor de águas nesta área e os resultados científicos e técnicos de seus estudos passaram a ser utilizados mundialmente na produção de soros antivenenos (CUNHA, 2017). Em 1901, Vital Brazil criou o Instituto Butantan, que dirigiu durante 20 anos, estando a frente das pesquisas realizadas na instituição, as quais foram protagonistas para instigar novas pesquisas relacionadas à peçonha de serpentes em âmbito nacional e mundial, possibilitando assim os mais variados usos de suas propriedades para fins médicos e farmacológicos (TEIXEIRA, 2015). O estudo dos compostos presentes nesses venenos tem se mostrado uma importante ferramenta servindo de base para o desenvolvimento de novos agentes terapêuticos (KUMAR et al., 2013). Dentre os fármacos desenvolvidos a partir do veneno ofídico de serpentes brasileiras destacam-se o soro antiofídico, o medicamento captopril e a cola de fibrina.

2.1 Soro antiofídico

Os acidentes causados por serpentes peçonhentas, constituem um grande problema de saúde pública no Brasil, quer pela quantidade ou pela gravidade (QUEIROZ, 2005). Cerca de 82% dos casos são causados por serpentes *Bothrops spp.*; 8% de *Crotalus spp.*; 3% de *Lachesis spp.*; e cerca de 1% provocados por *Micrurus spp.* (VAZ, et al, 2020). Anteriormente à produção e distribuição do soro antiofídico havia uma letalidade de 25% entre as vítimas de acidentes ofídicos no estado de São Paulo (BRAZIL, 1901). Contudo, a partir de 1906 houve uma redução de cerca de 50% dos óbitos. E, posteriormente, na década de 40, a letalidade referente a esses acidentes reduziu para 2,6% a 4,6%

(BARROSO, 1944; WEN 2003), diminuindo drasticamente para aproximadamente 0,45% nos anos seguintes (PINHO, et al, 2004).

Desenvolvida pelo médico e pesquisador Vital Brazil, a soroterapia antiveneno permanece, na sua essência, a mesma na contemporaneidade. Todavia, ao longo dos anos, foram desenvolvidas melhorias tecnológicas nos processos de produção, nos protocolos de controle de qualidade e regulação, com o objetivo de garantir maior segurança e eficácia no seu uso (CUNHA, 2017). Desde então, vários estudos têm demonstrado o valor indispensável dos antivenenos na terapêutica dos acidentes por serpentes peçonhentas (WEN, 2003).

O soro antiofídico é uma solução de imunoglobulinas específicas purificadas, obtidas a partir do plasma de equídeos hiperimunizados, contra o veneno da espécie-específica (BRASIL, 1996). Para a obtenção desse soro são utilizados animais de grande porte, pois fornecem um grande volume de produto em cada ciclo de produção. As espécies utilizadas variam de acordo com o país (THEAKSON & WARRELL, 1991), sendo que no Brasil, tem-se utilizado equinos (*Equus caballus*) para a produção do soro antiofídico (BRASIL, 1996). Ressalta-se que a produção de soros antiofídicos ainda é baseada nos métodos originalmente descritos, onde, cavalos são imunizados com venenos de uma ou mais espécies de serpentes (CARDOSO et al., 2003). O soro desses animais contém os anticorpos com a capacidade de neutralizar as toxinas desses venenos, mas, para que o soro seja realmente eficiente, na neutralização dos efeitos sistêmicos e locais desses venenos, é necessário que contenha anticorpos específicos contra as principais toxinas responsáveis por sua ação. Sendo assim, a escolha dos antígenos utilizados na imunização dos animais é de extrema importância na obtenção dos produtos ativos (DE FREITAS OLIVEIRA, 2017).

O tratamento contra os envenenamentos somente é possível quando se emprega as imunoglobulinas, que são os anticorpos específicos produzidos nos soros sanguíneos contra as proteínas existentes nos venenos. Essas imunoglobulinas inativam e bloqueiam a ação dessas proteínas, impedindo que atuem no corpo da vítima. Cada cavalo produz, em média, 4 litros de plasma por procedimento de coleta e obtenção do soroantiofídico. A cada litro deste imunobiológico gera aproximadamente 15 ampolas de soro antiofídico. Estima-se que cada cavalo produza soro hiperimune suficiente para tratar aproximadamente 50 indivíduos no período de um ano (FUNEDAS, 2019).

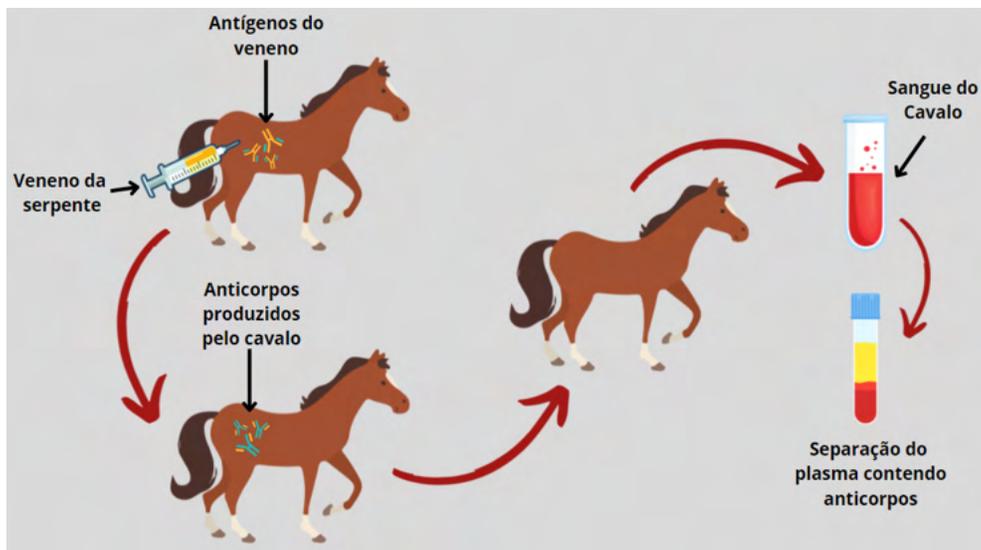


Figura 1. Ilustração simplificada da produção do soro antiofídico.

Na produção dos anticorpos contra o veneno da serpente, o cavalo é inoculado com pequenas doses do veneno numa quantidade que não afete sua saúde. Após, aproximadamente 30 dias, são retirados de 6 a 8 litros de sangue do cavalo em intervalos de 48 horas. Posteriormente, o plasma é separado do sangue do animal para obtenção dos anticorpos para produção do soro e as hemácias (glóbulos vermelhos) são transfundidas ao animal de origem (DUARTE, 2001; FUNEAS, 2019).

Fonte: Figura elaborada pelos autores.

A produção de soros antiofídicos nacional é de aproximadamente 400 mil ampolas (CUNHA, 2017). Os soros produzidos para uso humano são fabricados em quatro centros de pesquisas: Instituto Butantan (SP); Fundação Ezequiel Dias (MG); Instituto Vital Brazil (RJ) e Centro de Produção e Pesquisa em Imunobiológicos (PR). A produção desses soros é adquirida pelo Ministério da Saúde e enviada às Secretarias Estaduais para ser distribuída nas unidades de saúde (QUEIROZ, 2005).

A soroterapia é o único tratamento eficiente capaz de neutralizar a ação dos venenos das serpentes peçonhentas. Consiste em administrar no paciente o soro antiveneno contendo anticorpos específicos que, se aplicado corretamente e em tempo hábil, pode evitar ou reverter a maioria dos efeitos dos envenenamentos, desempenhando um papel crucial na redução da morbidade e mortalidade. Portanto, para o sucesso do tratamento é fundamental a qualidade na sua produção, na distribuição e no acesso do soro antiveneno para a população, que é garantido pelo SUS através do programa nacional de imunizações (FUNASA, 2001).

2.2 Captopril

Os venenos das serpentes são combinações complexas de proteínas, glicoproteínas, peptídeos e outros componentes de baixo peso molecular, como serotonina e histamina

(VARANDA & GIANNINI, 1999), além de outros componentes destituídos de efeito tóxico (OWNBY et al, 1999). Os peptídeos bioativos têm uma grande importância nesses venenos, sendo que alguns têm a atividade miotóxica (LOMONTE, 2003), outros atuam inibindo enzimas plasmáticas da vítima e provocando a queda da pressão arterial. Estudos desse efeito de peptídeos de *Bothrops jararaca* levaram ao desenvolvimento do medicamento Captopril (SILVA, et al. 2008), que foi o primeiro fármaco desenvolvido com sucesso terapêutico, a partir de uma toxina isolada do veneno de serpente. O captopril é um agente hipotensivo baseado na estrutura do peptídeo potenciador de bradicinina (do inglês, *bradykinin potentiating peptide* – BPP), isolado do veneno dessa serpente brasileira (FERREIRA, 1965).

Os atributos farmacológicos e moleculares das toxinas de serpentes não só levaram à descoberta de moléculas bioativas essenciais associadas ao equilíbrio da pressão arterial, bem como permitiram a identificação da enzima conversora da angiotensina (ECA), uma enzima vasoconstritora que é inibida pela ação do medicamento captopril (QUEIROZ, 2010). O captopril foi primeiro medicamento anti-hipertensivo da classe de inibidores da enzima conversora de angiotensina (SELLS, 2003).

As doenças cardiovasculares, como, hipertensão arterial, doenças coronarianas, insuficiência cardíaca, angina e infarto do miocárdio são distúrbios patológicos que acometem o coração e os vasos sanguíneos (WESTER MEIER et al., 2015). A hipertensão arterial é uma das afecções mais comuns e atinge, em média, 26% da população adulta, com projeções crescentes (KEARNEY, et al., 2005). O tratamento da hipertensão deve conter estratégias terapêuticas que previnam complicações, como, infarto agudo do miocárdio e acidente vascular cerebral (HEYDE, 2004; OMS, 2013). Sendo assim, o captopril é um dos medicamentos anti-hipertensivos mais utilizados do mundo (GUERREIRO, 2009). Desde a sua descoberta, este fármaco vem contribuindo para uma melhor qualidade de vida de pacientes hipertensos que fazem uso do medicamento, além de ajudar a combater o aparecimento de demais complicações sistêmicas em decorrência da hipertensão arterial.

2.3 Cola de fibrina

A cola de fibrina provém do veneno da serpente *Crotalus durissus* (cascavel), sendo constituída por um crioprecipitado enriquecido com fibrinogênio bovino ou bubalino e uma fração tipo trombina do veneno da serpente (VITERBO et al., 1993; LUAN et al., 1995). A trombina degrada o fibrinogênio em fibrina que auxilia no selamento da ferida cirúrgica (AMRANI et al, 2001). O uso do adesivo biológico de fibrina é conhecido desde que Bergel, em 1909, documentou o efeito hemostático do pó de fibrina. Todavia, foi apenas em 1944 que pesquisadores combinaram o fibrinogênio e a trombina para o uso na fixação de enxertos de pele (SALTZ, 1991). Os selantes de fibrina, por serem biocompatíveis, não estão associados aos processos de inflamação e necrose, podendo ser empregados em diversos procedimentos cirúrgicos (MORIKAWA, 2001).

Na utilização de enxertos livres, ocorre a formação de uma rede de fibrina, a qual

desempenha importante fator no processo cicatricial (OLIVEIRA, 2001). Esse adesivo de fibrina tende a aderir os tecidos em toda a extensão da área cirúrgica, sem apresentar complicações no decorrer ou após o procedimento (PETERSEN & DENMARK, 1985).

Os selantes de fibrina são indicados na aplicação hemostática primária e como selante cirúrgico, com o objetivo principal de estagnar o sangramento, causando mínima reação inflamatória e estimulando uma cicatrização precoce (AMRANI et al, 2001). Estes fármacos também são empregados na cirurgia dermatológica para fixação de enxertos, pois proporciona hemostasia instantânea e adesão imediata, com menores tempos cirúrgicos quando comparado ao grupo de enxertos suturados (MORAES et al, 1998; STOLF, 1998). Na atualidade, estes medicamentos são amplamente utilizados em procedimentos cirúrgicos, odontológicos, oftalmológicos e na medicina veterinária.

3 | CONCLUSÃO

Com o desenvolvimento deste estudo, foi possível verificar que há mais de um século o veneno de serpentes tem sido amplamente empregado na fabricação de relevantes produtos farmacológicos, destacando-se o soro antiofídico, anti-hipertensivo e adesivos cirúrgicos, produtos estes com importantíssimo reconhecimento de aplicações para a saúde pública mundial. Esses fármacos desenvolvidos a partir de uma substância bioativa oriunda de serpentes brasileiras apresentam uma ampla variedade de compostos químicos de grande importância para a pesquisa científica, diagnósticos clínicos, produção de soros, desenvolvimento de novos tratamentos e biofármacos para uso clínico-cirúrgico em humanos e animais.

Ressalta-se que as serpentes, ainda são vistas como espécies inimigas dos seres humanos e potenciais predadores de animais; contudo, possuem um relevante papel ecológico. Adicionalmente, os venenos ofídicos têm alta aplicabilidade no desenvolvimento de fármacos de emprego na saúde pública. Neste contexto, sugere-se que sejam desenvolvidos projetos que tenham por objetivo informar e educar a população sobre a importância das serpentes.

REFERÊNCIAS

AMRANI, D. L.; DIORIO, J.P.; DELMOTTE, Y. **Wound healing. Role of commercial fibrin sealants.** *Ann. Annals of the New York Academy of Sciences*, v. 936, p. 566-579, 2001.

BARROSO, R. D. **Ofidismo no Brasil:** considerações em torno de 2238 acidentes ofídicos tratados com soro. *Boletim do Instituto Vital Brazil*; (26):35-47, 1944.

BASTOS, C. M. A. et al. **Ação da peçonha de *Crotalus durissus terrificus* (Serpentes: *Viperidae*) sobre a agregação plaquetária, parâmetros inflamatórios e proliferação celular.** Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Biociências – Zoologia, Faculdade de Biociências, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2007.

BRASIL. Portaria no 174, de 11 de novembro de 1996. **Aprova as Normas de Produção e Controle de Qualidade dos Soros Antiofídicos, Antitóxicos e Anti-Rábico**. Ministério da Saúde. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 1996.

BRAZIL, V. **Contribuição ao estudo do veneno ofídico**. III. Tratamento das mordeduras das cobras. Revista de Medicina, São Paulo, 4:371-380. 1901.

BREGGE-SILVA, C. et al. **Isolation and biochemical, functional and structural characterization of a novel L-amino acid oxidase from *Lachesis muta* snake venom**. Toxicon, v.60, p.1263–1276, 2012.

CALVETE, J.J. **Proteomic tools against the neglected pathology of snake bite envenoming**. Expert Review of Proteomics, v.8, n.6, p.739-758, 2011.

CARDOSO, D. F.; YAMAGUCHI, I. K.; SILVA, A. M. M. **Produção de soros antitoxinas e perspectivas de modernização por técnicas de biologia molecular**. In: CARDOSO, J. L. C. et al. Animais peçonhentos no Brasil: biologia, clínica e terapêutica dos acidentes. São Paulo: Sarvier. p. 367-379. 2003.

CUNHA, L. E. R. **Soros antiofídicos: história, evolução e futuro**. Journal Health NPEPS, Tangará da Serra (MT), v. 2, n. 1, p. 1-4, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/jhnpeps/article>. Acesso em: 11 dez. 2020.

DATASUS. **Acidentes por animais peçonhentos - Notificações registradas no Sistema de Informação de Agravos de Notificação - Sinan Net**. Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sinanet/animaisp/bases/animaisbrnet.def>. Acesso em: 07 mai. 2022.

DE FREITAS OLIVEIRA, E. C. **Contribuição do Exército Brasileiro na produção de soros antivenenos**. Revista do Exército Brasileiro, v. 153, n. 1, p. 38-46, 2017.

DOS SANTOS, I. G. C.; FORTES-DIAS, C. L.; DOS SANTOS, M. C. **Aplicações farmacológicas dos venenos de serpentes brasileiras enfoque para *Crotalus durissus terrificus* e *Crotalus durissus ruruima***. Science Amazon, v. 6, n. 1, p. 42-53, 2017.

DUARTE. B. **Como é fabricado o soro antiofídico?** Nova Escola, 2001. Disponível em: <https://novaescola.org.br/conteudo/1079/como-e-fabricado-o-soro-antiofideo>. Acesso em: 07 mai. 2022.

FERREIRA, S. H. **A bradykinin-potentiating factor (BPF) present in the venom of *Bothrops jararaca***. British Journal of Pharmacology and Chemotherapy, v.24, p.163-169, 1965.

FUNASA. **Manual de Diagnóstico e Tratamento de Acidentes por Animais Peçonhentos**. Brasília: Fundação Nacional de Saúde (FUNASA); 2001.

FUNEAS. **CPPI planeja construir nova fábrica destinada a produção de soros antivenenos**. Fundação Estatal de Atenção em Saúde do Paraná (FUNEAS), Secretaria da Saúde, Governo do Estado do Paraná, PR, 2019. Disponível em: <http://www.funeas.pr.gov.br/2019/10/213/CPPI-planeja-construir-nova-fabrica-destinada-a-producao-de-soros-antivenenos.html>. Acesso em: 08 mai. 2022.

GUERREIRO, J. R. **Análise Proteômica de Bothrops atrox durante seu desenvolvimento ontogenético**. 2009. 22f. Dissertação (Doutorado em Ciências Bioquímicas), Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2009.

HARVEY, A. **Strategies for discovering drugs from previously unexplored natural products**. Drug Discovery Today, v.5, n. 7, p. 294-300, 2000.

HEYDE, R. V. D.; HEYDE, M. V. **Implementando modificações no estilo de vida**. Revista Brasileira de Hipertensão, v. 11, n. 2, p. 102-104, 2004.

KEARNEY, P. M.; WHELTON, M.; REYNOLDS, K.; MUNTNER, P.; WHELTON, P. K.; HE, J. **Global burden of hypertension: analysis of worldwide data**. The Lancet. 365 (9455): 217-223. 2005.

KUMAR, S.; SARKAR, P.; JAIN, R. **Venoms can be a boon for cancer patients**. Forum on Immunopathological diseases and Therapeutics, v. 4, p. 255-273, 2013.

LAMEU, C. et al. **The central nervous system as target for antihypertensive actions of a proline-rich peptide from *Bothrops jararaca* venom**. Cytometry Part A, 77A: 220-230, 2010.

LEE, M.L. et al. **Antibacterial action of a heat-stable form of L-amino acid oxidase isolated from king cobra (*Ophiophagus hannah*) venom**. Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology, v. 153, n.2, p. 237-42, 2011.

LOMONTE, B.; YAMILETH, A.; CALDERÓN, L. **An overview of lysine-49 phospholipase A2 myotoxins from crotalid snake venoms and their structural determinants of myotoxic action**. Toxicon, vol. 42, p. 885-901, 2003.

LUAN, F.C.; THOMAZINI, I.A.; GIANINI, M.J.M. et al. **Reparation of peripheral nerves with fibrin glue prepared from snake venom**. Preliminary results. São Paulo Medical Journal, v.113, p.100-102, 1995.

MORAES, A.M.; ANNICHINO-BIZZACCHI, J.M.; ROSSI, A.B.R. **Use of autologous fibrin glue in dermatologic surgery: application of skin grafo and second intention healing**. Revista Paulista de Medicina, v.116, n.4, p.1747-1752, 1998.

MORIKAWA, T. **Tissue sealing**. The American Journal of Surgery, v.182, n.2, p.29S-35S, 2001.

MULLER, V. D. M. et al. **Crotoxin and phospholipases A2 from *Crotalus durissus terrificus* showed antiviral activity against dengue and yellow fever viruses**. Toxicon, v.59, p. 507-515, 2012.

NNTRC. **Snake Venoms**. National Natural Toxins Research Center. 2013. Disponível em: <http://www.ntrc.tamuk.edu/>. Acesso em: 14 dez. 2020.

OLIVEIRA, M. D. B. **Aplicação de adesivo de fibrina derivado de veneno de serpente para a imobilização de enxertos gengivais livres: estudo clínico e histológico**. Tese de Doutorado. p. 68. Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia de Bauru, Bauru, SP. 2001.

OLIVEIRA, E. C. F. **Controle da qualidade do plasma hiperimune equino antibotrópico produzido no Instituto de Biologia do Exército**. 2013. 46 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Vigilância Sanitária) - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **A global brief on hypertension - Silent Killer, global public health crisis**. World Health Organization (WHO), 2013.

OWNBY, C. L. et al. Letter to Editor: **The role of venom citrate**. *Toxicon*, vol. 37, p. 407-409, 1999.

PAIVA, R. M. A. et al. **Cell cycle arrest evidence, parasitocidal and bactericidal properties induced by L-amino acid oxidase from *Bothrops atrox* snake venom**. *Biochimie*, v.93, n.5, p. 941-7, 2011.

PETERSEN, J.; DENMARK, A. **Clinical experience in oral surgery with human fibrin sealant**. *International Dental Journal*, v.35, p.277-279, 1985.

PINHO, F. M. O.; OLIVEIRA, E. S.; FALEIROS, F. **Acidente ofídico no estado de Goiás**. *Revista da Associação Médica Brasileira*, v. 50, p. 93-96, 2004.

QUEIROZ, W. J. **O processo produtivo do soro antiofídico: da crise à superação?** 2005. 46 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde) – Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2005.

QUEIROZ, S. J. **Identificação da atividade antimicrobiana no veneno da serpente *Bothrops moojeni* em bactérias Gram-negativas**. 2010. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Saúde), PUC, GOIÂNIA, GO, 2010.

RANGEL, R. R; BERNARDES, N. R. **As serpentes e a indústria farmacêutica: medicamentos e soro antiofídico**. *Cadernos Camilliani* e-ISSN: 2594-9640, v. 17, n. 2, p. 1981-1996, 2021.

SALTZ, R.; SIERRA, D.; FELDMAN, D. et al. **Experimental and clinical applications of fibrin glue**. *Plastic and Reconstructive Surgery*, v.88, p.1005-1015, 1991.

SELLS, P.G. **Animal experimentation in snake venom research and in vitro alternatives**. *Toxicon*, vol. 42, p. 115-133, 2003.

SILVA, F. S. Q. et al. **Avaliação da pureza de soros antiofídicos brasileiros e desenvolvimento de nova metodologia para essa finalidade**. 2008. 187 f. Tese (Doutorado em Vigilância Sanitária) - Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2008.

STOLF, H.O. **Uso do adesivo tecidual de fibrina derivada de veneno de serpente e avaliação da técnica de autoenxertia utilizando a pele do sulco nasogeniano**. 103p. Tese de Doutorado - Escola Paulista de Medicina, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo. 1998.

TEIXEIRA, L. A.; TEIXEIRA-COSTA, L.; HINGST-ZAHER, E. **Vital Brazil: um pioneiro na prática da ciência cidadã**. *Cadernos de História da Ciência*, v. 10, p. 33-55, 2015.

THEAKSTON, R. D. G.; WARRELL, D. A.; **Antivenoms: A List of Hyperimmune Sera Currently Available for the Treatment of Envenoming by Bites and Stings.**, *Toxicon*, vol. 29, n. 12, p. 1419-1470, 1991.

TOKARNIA, C. H.; PEIXOTO, P. V. **A importância dos acidentes ofídicos como causa de mortes em bovinos no Brasil**. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 26, n. 2, p. 55-68, 2006.

VARANDA, E. A. & GIANNINI, M. J. S. M. **Bioquímica de venenos de serpentes**, p. 205-223. In: Barraviera B. (ed.), **Venenos: aspectos clínicos e terapêuticos dos acidentes por animais peçonhentos**. EPUB, Rio de Janeiro. 1999.

VAZ, V. H. S.; BRAZIL, O. A. V.; PAIXÃO, A. E. A. **Propriedade intelectual do soro antiofídico: a efetividade a partir da correlação entre os investimentos do governo federal nos principais institutos responsáveis pela produção do soro e realização de pesquisas para o tratamento de acidentes ofídicos no Brasil, com relação ao número de vítimas fatais dos acidentes**. *Cadernos Saúde Coletiva*, v. 28, p. 409-421, 2020.

VITERBO, F.; THOMAZINI, I.A.; GIANINI, M.J.S.M. **Reparação de nervos periféricos com cola de fibrina derivada de veneno de cobra**. *Acta Cirúrgica Brasileira*, v.8, Supl.2, p.85, 1993.

YINGXIA, L. et al. **Behavioral and morphological evidence for the involvement of glial cells in the antinociceptive effect of naja naja venom in a rat neuropathic pain model**. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, v.35, n.6, p.850-854, 2012.

WEN, F.H., Soroterapia, In: Cardoso, J.L.C; França, F.O.S.; Wen, F.H.; Málaque, C.M.S.; Jr. V.H. **Animais Peçonhentos do Brasil: Biologia, Clínica e Terapêutica dos acidentes**, Samoier, São Paulo, SP, p. 380-393, 2003.

WESTERMEIER, F. et al. **Novel players in cardioprotection: Insulin like growth factor1, angiotensin-(1-7) and angiotensin-(1-9)**. *Pharmacological Research*, v. 101, p. 41-55, 2015.

CAPÍTULO 2

POTENCIAL TERAPÊUTICO DE FOSFOLIPASES A₂ ISOLADAS DE PEÇONHAS DE SERPENTES: EFEITO ANTITUMORAL E ANTIANGIOGÊNICO EM DIFERENTES LINHAGENS DE CÉLULAS TUMORAIS

Data de aceite: 04/07/2022

Ketleen Lucas do Carmo

Universidade Federal da Bahia (UFBA) -
Campus Anísio Teixeira
Vitória da Conquista- BA
<http://lattes.cnpq.br/2128526161141189>

Vinícius Queiroz Oliveira

Universidade Federal da Bahia (UFBA) -
Campus Anísio Teixeira
Vitória da Conquista- BA
<http://lattes.cnpq.br/6570903227595839>

Leonardo Oliveira Silva Bastos Andrade

Universidade Federal da Bahia (UFBA) -
Campus Anísio Teixeira
Vitória da Conquista- BA
<http://lattes.cnpq.br/0791256576974695>

Luísa Carregosa Santos

Universidade Federal da Bahia (UFBA) -
Campus Anísio Teixeira
Vitória da Conquista- BA
<http://lattes.cnpq.br/5281536864864109>

Jéssica Santos de Oliveira

Universidade Federal da Bahia (UFBA) -
Campus Anísio Teixeira
Vitória da Conquista- BA
<http://lattes.cnpq.br/8114182374044052>

Samuel Cota Teixeira

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia- MG
<http://lattes.cnpq.br/8802991047267203>

Veridiana de Melo Rodrigues

Universidade Federal de Uberlândia (UFU)
Uberlândia- MG
<http://lattes.cnpq.br/6372375421254490>

Cristiani Baldo da Rocha

Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Londrina- PR
<http://lattes.cnpq.br/7405984333346151>

Daiana Silva Lopes

Universidade Federal da Bahia (UFBA)
Salvador- BA
Universidade Federal da Bahia (UFBA) –
Campus Anísio Teixeira
Vitória da Conquista- BA
<http://lattes.cnpq.br/8269548743726759>

RESUMO: O câncer é a segunda causa de morte mais importante no mundo, depois das doenças coronárias. Dados publicados para 2020 registraram uma incidência de aproximadamente 19 milhões de casos de câncer em todo o mundo, com 10 milhões de mortes. A doença é caracterizada pela divisão descontrolada de células, que escapam aos mecanismos de controle do ciclo celular e apoptose, invadindo outros tecidos e promovendo angiogênese e metástases. Além disso, as células tumorais secretam uma série de fatores angiogênicos responsáveis pela formação de novos vasos sanguíneos que suprem as necessidades tumorais. Considerando as altas taxas de mortalidade e morbidade em pacientes com câncer, a busca por novas moléculas para inibir o desenvolvimento tumoral é essencial.

Nesse contexto, fosfolipases A_2 isoladas de venenos de serpentes, têm sido amplamente investigadas visando o desenvolvimento de futuros fármacos para o tratamento do câncer. Neste capítulo descrevemos os principais mecanismos envolvidos no efeito antimetastático e antiangiogênico de diferentes PLA_2 que são capazes de inibir processos fundamentais para seu crescimento e metástase tumoral tais como adesão, migração, invasão, alterações no ciclo celular e inibição da angiogênese. Os resultados revelam o grande potencial terapêutico das PLA_2 no tratamento do câncer.

PALAVRAS-CHAVE: Fosfolipases A_2 , peçonhas de serpentes, câncer.

ABSTRACT: Cancer is the second most important cause of death in the world, after coronary heart disease. Data published in 2020 revealed an incidence of approximately 19 million cases of cancer worldwide, with 10 million of deaths. The disease is characterized by the uncontrolled division of cells, which escape the control mechanisms of the cell cycle and apoptosis, invading other tissues and promoting angiogenesis and metastases. In addition, tumor cells secrete a series of angiogenic factors responsible for the formation of new blood vessels to supply tumor needs. Considering the high rates of mortality and morbidity in cancer patients, the search for new molecules to inhibit tumor development is essential. In this context, phospholipases A_2 isolated from snake venoms have been widely investigated aiming at the development of future drugs for the treatment of cancer. In this chapter we describe the main mechanisms involved in the antimetastatic and antiangiogenic effect of different PLA_2 that are able to inhibit processes of growth and tumor metastasis such as adhesion, migration, invasion, changes in the cell cycle and inhibition of angiogenesis. The results reveal the great therapeutic potential of PLA_2 in the treatment of cancer.

KEYWORDS: Phospholipases A_2 , snake venom, cancer.

1 | CÂNCER: EPIDEMIOLOGIA E TRATAMENTO

O câncer é um problema de saúde pública que atinge tanto países desenvolvidos quanto em desenvolvimento. A partir de dados do INCA, as estimativas para os anos de 2020 a 2022 apontam o surgimento de mais de 600 mil novos casos de câncer no Brasil (INCA, 2019).

O câncer é caracterizado pela divisão descontrolada de células, que escapam aos mecanismos de controle do ciclo celular e apoptose, invadindo outros tecidos, promovendo angiogênese e metástase (HANAHAN & WEINBERG, 2011; POPPER, 2016). Além disso, as células cancerosas secretam uma série de fatores angiogênicos responsáveis pela formação de novos vasos sanguíneos que suprem as demandas fisiológicas dos tumores (NIETHAMMER, et al. 2002). O estabelecimento de uma rede de suprimento sanguíneo sustentado é importante para manter o crescimento celular, assim, os tumores possuem uma vascularização exacerbada quando comparada a tecidos normais, o que é fundamental para o desenvolvimento de neoplasias. Essa neovascularização resulta da formação de microvasos derivados de células endoteliais de capilares localizados ao redor das células tumorais, processo que está intimamente ligado ao crescimento tumoral e ao

desenvolvimento de metástases (NIETHAMMER, et al. 2002).

Considerando as altas taxas de mortalidade e morbidade em pacientes com câncer, a busca por novas moléculas para inibir o desenvolvimento tumoral é essencial. Nesse contexto, as fosfolipases A_2 isoladas de venenos de serpentes (svPLA₂) têm sido amplamente estudadas. Esses estudos podem possibilitar uma forma de tratamento com efeitos colaterais menos expressivos, oferecendo uma melhor qualidade de vida às pessoas que convivem com o câncer no decorrer do tratamento.

2 | ESTRUTURA E FUNÇÃO DE FOSFOLIPASES A_2 ISOLADAS DE VENENOS DE SERPENTES

As enzimas presentes no grupo fosfolipase A_2 (PLA₂) são assim classificadas pois catalisam especificamente a hidrólise das ligações éster em glicerofosfolipídios na posição sn-2. Um dos resultados desta hidrólise é o ácido araquidônico, o qual é convertido em componentes que estão associados a diversos efeitos fisiológicos humanos, tais como distúrbios inflamatórios e cascatas de coagulação (PENG, et al. 2021).

As fosfolipases A_2 são usualmente divididas em subfamílias. As PLA₂ presentes na peçonha de serpentes são classificadas como sPLA₂ (JIA, et al. 2019). As sPLA₂ possuem massa molecular de 14 a 18 kDa com a presença de 5 a 8 pontes dissulfeto em sua estrutura e além da semelhança estrutural, as sPLA₂ também dependem da ligação do íon cálcio para exercer sua atividade catalítica. As sPLA₂ apresentam uma extensão do grupo C-terminal e podem ser divididas em dois subgrupos. Estes subgrupos se referem a variação de um aminoácido na posição 49 desta proteína, podendo ser um aspartato (Asp49) que é a forma cataliticamente ativa desta molécula, ou pode apresentar uma lisina (Lys49), tornando-as cataliticamente inativas (NICOLAU, et al. 2017; BOLDRINI-FRANCA, et al. 2017).

As sPLA₂ Lys49 são desprovidas de atividade catalítica devido a inabilidade de ligação do seu sítio com o íon de cálcio (Ca²⁺), desta forma o mecanismo biofísico pelo qual as miotoxinas Lys49 interrompem a integridade das células ainda precisa de melhores esclarecimentos. No entanto, estudos demonstraram que pode envolver uma inserção ou penetração parcial da bicamada fosfolipídica por aminoácidos da sua região de ligação, ou uma desorganização de essa estrutura por meio de um processo de extração de fosfolipídios (LOMONTE, et al. 2012).

Desta forma, a toxicidade das sPLA₂ derivadas do veneno de serpentes, durante o envenenamento clínico e experimental envolve atividade miotóxica, citotóxicas, bloqueadoras neuromusculares, além de possuírem efeitos relacionados a respostas inflamatórias, como edema, quimiotaxia e ativação de leucócitos, liberação de citocinas, degranulação de mastócitos, analgesia e hiperalgesia. Porém, quando analisadas separadamente, estas moléculas podem apresentar efeitos terapêuticos e diversos estudos

têm apresentado as svPLA₂ com capacidade antimicrobiana, antitumoral, antiangiogênica, antiparasitária e antiviral (BAZAA, et al. 2009; SILVA, et al. 2015; AZEVEDO, et al. 2016; VASCONCELOS AZEVEDO, et al. 2019).

3 I EFEITO ANTITUMORAL E ANTIANGIOGÊNICO DE FOSFOLIPASES A₂ DERIVADAS DO VENENO DE SERPENTE

Os venenos de serpentes são secreções biológicas altamente complexas contendo proteínas farmacologicamente ativas, tais como as PLA₂. Nesta revisão nós descrevemos as principais svPLA₂ descritas na literatura (**Tabela 1**) que apresentam efeito antitumoral e antiangiogênico, ressaltando assim, o potencial farmacológico desta classe de toxinas.

3.1 BthTX-I

A Bothropstoxin-I (BthTX-I) é uma fosfolipases A₂ isolada da peçonha de *Bothrops jararacussu*. Possui sua estrutura formada por uma cadeia simples de 121 resíduos de aminoácidos, com massa molecular de aproximadamente 13,8 kDa (CINTRA et al, 1993). No estudo de Torqueti et al. (2012), foi avaliado o efeito antitumoral da BthTX-I nas linhagens MCF-7 (carcinoma mamário), SK-BR-3 (carcinoma mamário) e MDA-MB-231 (carcinoma mamário). Os resultados demonstraram uma redução significativa na viabilidade das linhagens celulares testadas após tratamento com a da BthTX-I. Além disso, a BthTX-I induziu apoptose de maneira significativa nas linhagens MCF-7 e SKBR3 e necrose na linhagem MCF-7, mas não foi capaz de induzir apoptose ou necrose linhagem MDA-MB-231.

Em outro estudo de Silva *et al.* 2015, foram avaliadas as linhagens HL-60 (leucemia humana), HepG2 (carcinoma de fígado humano), PC-12 (feocromocitoma murino) e B16F10 (melanoma murino) em ensaios de citotoxicidade, apoptose, necrose e ciclo celular. No ensaio de citotoxicidade foi possível observar redução significativa da viabilidade das linhagens celulares em todos os tipos de câncer testados após tratamento com a BthTX-I. Também foi verificado que a BthTX-I não interferiu na progressão do ciclo celular nas linhagens HL-60 e HepG2. Porém, nas linhagens PC-12 e B16F10 houve aumento de células na fase G0/G1, seguido por redução de células na fase S e ausência de células na fase G2/M. Por fim, a BthTX-I foi capaz de induzir apoptose e necrose nas linhagens testadas.

3.2 BthTX-II

A BthTX-II trata-se de uma PLA₂-Asp49 encontrada no veneno de *Bothrops jararacussu*, muito bem descrita em sua estrutura e funções (CALDERON, et al. 2014; AZEVEDO, et al. 2019). Seu peso molecular é de 13,97 kDa, possuindo 122 resíduos de aminoácidos e ponto isoelétrico de 8,2, sendo considerada uma fosfolipase com baixa atividade quando comparada a outras PLA₂ básicas e ácidas de Asp49-PLA₂ (CALDERON,

et al. 2014;).

Em um recente trabalho publicado por Azevedo e colaboradores (2022), foi demonstrado que a BthTX-II inibiu a adesão, proliferação e migração celular de uma linhagem de células endoteliais da veia umbilical humana (HUVEC) e em co-cultura com células de adenocarcinoma de mama humano (MDA-MB-231), sendo também responsável por promover uma redução nos níveis do fator de crescimento endotelial (VEGF) durante os ensaios de angiogênese *in vitro*. Além disso, a BthTX-II também interferiu no processo angiogênico analisado pelo ensaio de germinação *ex vivo* do anel aórtico, inibindo a angiogênese.

Neste estudo ainda foram analisadas as atividades antiangiogênicas e de supressão tumoral *in vivo* a partir da linhagem de células MDA-MB-231 com Matrigel injetado na membrana corioalantóica de embrião de galinha (CAM) com BthTX-II, indicando uma redução significativa no calibre do vaso e sobre o peso e tamanho dos tumores (AZEVEDO, et al. 2022).

3.3 BnSP-6

A BnSP-6 é uma fosfolipases A_2 isolada da peçonha da serpente *Bothrops pauloensis*, possui uma massa molecular de 13,42 kDa, com 122 resíduos de aminoácidos na sua forma dimérica (RODRIGUES, et al. 1998; MAGRO, et al. 2003;). No estudo de Silva *et al.* 2018, foram avaliadas as linhagens de câncer de mama humano, MDA-MB-231, MCF-7 e a linhagem não tumorigênica, MCF10A. Neste estudo foi comprovado que a BnSP-6, apresentou efeito citotóxico nas linhagens tumorais e um menor efeito na linhagem não tumoral. Além disso, foi observado que a toxina teve efeito genotóxico na linhagem MDA-MB-231 e promoveu alterações no ciclo celular na linhagem MDA-MB-231, induzindo diminuição na fase G1 e aumento na fase G2/M.

No estudo realizado por Azevedo *et al.* 2015, foi utilizada a linhagem de câncer de mama humano, MDA-MB-231 e a linhagem de mama não tumorigênica, MCF10A. Neste trabalho, a BnSP-6 foi utilizada como tratamento e ficou comprovada sua eficácia em diminuir significativamente a viabilidade celular, a adesão celular, a migração celular, além de induzir processo autofágico e apoptótico nas células da linhagem MDA-MB-231.

No estudo conduzido por Polloni *et al.* 2021, foi utilizada a toxina BnSP-7, fosfolipase homóloga à BnSP-6, em linhagem endotelial HUVEC. No trabalho em questão a toxina foi capaz de diminuir significativamente a viabilidade celular, a formação de colônias de células, a adesão celular, a migração celular, alteração no ciclo celular, além de formação de vasos *in vitro*, *ex vivo* e redução dos níveis de VEGF.

3.4 MVL-PLA₂

A MVL-PLA₂ é uma fosfolipase do tipo Asp49 isolada do veneno de *Macrovipera lebetina* e pertence ao grupo IID das enzimas PLA₂. Essa proteína possui massa molecular

de aproximadamente 14 kDa e 122 resíduos de aminoácidos, incluindo 14 cisteínas (BAZAA, et al. 2009). Um dos primeiros estudos descrevendo suas atividades foram do Bazaa e colaboradores (2009), que avaliaram o efeito antitumoral e antiangiogênico da MVL-PLA₂ em linhagens de células IGR39 (melanoma), HT1080 (fibrossarcoma) e HT29-D4 (adenocarcinoma colorretal). Foi demonstrado que a MVL-PLA₂ exibiu um efeito inibitório, independente da sua atividade catalítica, na adesão e migração das células tumorais. Esse efeito deu-se por meio da inibição específica das integrinas $\alpha 5\beta 1$, $\alpha v\beta 3$ e $\alpha v\beta 6$.

Em outro trabalho publicado por Bazaa e seus colaboradores (2010), foi avaliado o impacto da inibição de integrinas pela MVL-PLA₂ no comportamento das células endoteliais vasculares (HMEC-1). Os resultados demonstraram que a MVL-PLA₂ inibe a adesão e migração das células endoteliais e elimina a angiogênese tanto *in vitro* como *in vivo* e também aumenta a dinâmica dos microtúbulos, levando a alterações na formação de aderências focais, sugerindo que isso poderia explicar seu efeito na angiogênese (BAZAA, et al. 2010).

3.5 Crotoxina (CTX)

A crotoxina (CTX), principal toxina do veneno da *Crotalus durissus terrificus*, foi a primeira proteína ofídica a ser purificada e cristalizada, em 1938 (SLOTTA, 1938). A crotoxina trata-se de uma β -neurotoxina heterodimérica que consiste em uma fosfolipase A₂ básica e um componente ácido não enzimático e não tóxico, denominado crotapotina (SAMPAIO, et al. 2010). As atividades biológicas mais comumente atribuídas à crotoxina incluem miotoxicidade (SALVINI, et al. 2001; GUTIÉRREZ, et al. 2008), cardiotoxicidade (HERNÁNDEZ, et al. 2007), neurotoxicidade (CARDI, et al. 1992) e nefrotoxicidade (AMORA, et al. 2006). Contudo, diversos estudos divulgados nos últimos anos mostraram que a crotoxina também possui ações antimicrobianas, antitumorais, antiangiogênicas e analgésicas (SAMPAIO, et al. 2010).

Além das atividades farmacológicas bem conhecidas, numerosos estudos nos últimos anos mostraram que a crotoxina também possui uma gama de ações não relacionadas às suas atividades clássicas. Trabalhos anteriores demonstraram que a crotoxina possui atividade antitumoral *in vivo* e *in vitro* e interferindo no crescimento tumoral modificando processos celulares seletivos associados ao crescimento celular (CURA, et al. 2002; WANG, et al. 2012).

No estudo realizado por Wang e colaboradores (2012), foi investigado o efeito antitumoral da CTX na linhagem celular de câncer de pulmão humano SK-MES-1 resistente à inibidores de tirosina quinase do fator de crescimento epidérmico. Os resultados demonstraram que a crotoxina interrompeu a fase G1 do ciclo celular e regulou a proteína p-JNK resultando na apoptose das células tumorais. A ação da CTX foi comparada ao fármaco gefinitib (Iressa), e a combinação de ambos inibiram a viabilidade e proliferação de células SK-MES-1 de forma dependente da dose e do tempo, aumentando significativamente

a atividade antitumoral de Iressa. Estudos realizados *in vivo* revelaram que a CTX causou danos aumentados aos vasos sanguíneos e reduziu o tamanho do tumor quando combinado com Iressa, indicando que a CTX pode potencializar o efeito antitumoral dos inibidores da tirosina quinase em células com resistência adquirida (WANG, et al. 2012).

Em outro trabalho, Almeida e colaboradores (2021) estudaram os mecanismos biológicos por trás dos efeitos anticancerígenos da crotoxina B (CTX) em uma linhagem celular de câncer de mama com superexpressão de ER+ aromatase (células MCF-7aro). A partir desse estudo, foi revelado que a CTX prejudica o crescimento das células MCF-7aro, através de uma parada do ciclo celular na fase G2/M, inibição da via ERK1/2 e por apoptose pela ativação da caspase-8. Além disso, a crotoxina B pode ser considerada um composto natural seguro, pois não afetou células não cancerosas e mostrou apenas efeitos anti-crescimento em células de câncer de mama (ALMEIDA, et al. 2021).

Espécie	sv _{PLA₂} /Classe	Linhagem celular	IC50/ Concentração	Efeito (Interferência)	Referências	
<i>Bothrops jararacussu</i>	Bothropstoxin-I (BthTX-I) / IIA	MCF-7	12, 25, 51, 102, 204, 409 µg/mL	Citotoxicidade	TORQUETI <i>et al.</i> , 2012	
			102 µg/mL	Apoptose		
			102 µg/mL	Necrose		
		SK-BR-3	12, 25, 51, 102, 204, 409 µg/mL	Citotoxicidade		
			102 µg/mL	Apoptose		
			102 µg/mL	Necrose		
		MDA-MB-231	12, 25, 51, 102, 204, 409 µg/mL	Citotoxicidade		
			102 µg/mL	Apoptose		
			102 µg/mL	Necrose		
		HL-60	5, 10, 25, 50, 100 µg/mL	Citotoxicidade		SAMPAIO <i>et al.</i> , 2015
			25, 50, 100 µg/mL	Necrose		
			25, 50, 100 µg/mL	Apoptose		
		HepG2	5, 10, 25, 50, 100 µg/mL	Citotoxicidade		
			25, 50, 100 µg/mL	Necrose		
			25, 50, 100 µg/mL	Apoptose		
		PC-12	5, 10, 25, 50, 100 µg/mL	Citotoxicidade		
			5, 10, 25, 50, 100 µg/mL	Ciclo celular		
			25, 50, 100 µg/mL	Apoptose		
			25, 50, 100 µg/mL	Necrose		
		B16F10	5, 10, 25, 50, 100 µg/mL	Citotoxicidade		
5, 10, 25, 50, 100 µg/mL	Ciclo celular					
25, 50, 100 µg/mL	Necrose					
25, 50, 100 µg/mL	Apoptose					

	Bothropstoxin-II (BthTX-II) / IIA	HUVEC	12,5, 25 e 50 µg/mL	Citotoxicidade	AZEVEDO <i>et al.</i> , 2022
			10 e 50 µg/mL	Ciclo celular	
			50 µg/mL	Adesão	
			1, 10, 25 e 50 µg/mL	Migração	
		MDA-MB-231	10 e 50 µg/mL	Angiogênese	AZEVEDO <i>et al.</i> , 2019
			2,5, 10, 25, 50 µg/mL	Adesão	
			10 e 50 µg/mL	Invasão	
			10 e 50 µg/mL	Migração	
<i>Bothrops pauloensis</i>	BnSP-6/BnSP-7 IIA	MDA-MB-231	25, 50 e 100 µg/mL	Genotoxicidade	SILVA <i>et al.</i> , 2018
			50 µg/mL	Ciclo celular	
			52.24 µg/mL (IC50)	Citotoxicidade	
		MCF-7	6,25, 12,5 25. 50, 100 µg/mL		
		MCF10A	6,25, 12,5 25. 50, 100 µg/mL	YONEYAMA <i>et al.</i> , 2015	
		MDA-MB-231	3,12 6,25, 12,5 25, 50 µg/mL		Citotoxicidade
			3,12 6,25, 12,5 25, 50 µg/mL		Adesão
			50 µg/mL		Migração
		MCF10A	10, 50 µg/mL	Apoptose	
			3,12, 6,25, 12,5 25, 50 µg/mL	Citotoxicidade	
		HUVEC	50 µg/mL	Migração	
			0,182, 0,364, 0,728, 1,45, 2,9, 5,8µM	Citotoxicidade	POLLONI <i>et al.</i> , 2021
0,364, 0,728, 1,45, 2,9, 5,8µM	Adesão				
0,728, 2,9µM	Migração				
2,9µM	Angiogênese				
<i>Macrovipera lebetina</i>	MVL-PLA2 / IID	IGR39	2 µg/mL	Adesão	BAZAA <i>et al.</i> , 2009
			2 µg/mL	Migração	
		HT1080 HT1080	2 µg/mL	Adesão	
			2 µg/mL	Migração	
		HT29-D4	1 µg/mL		Adesão
			1 µg/mL		
		HMEC-1	0,17 - 0,25 µg/mL	Migração	BAZAA <i>et al.</i> , 2010
			0,25 µg/mL		
0,05, 0,1 e 0,5 µg/mL	Angiogênese				

<i>Crotalus durissus terrificus</i>	Crotoxina (CTX) / IIA	SK-MES-1	12.5, 25, 50 e 100 µg/mL	Apoptose	WANG <i>et al.</i> , 2012
		MCF-7aro	2,5 e 5 µg/mL		Ciclo celular
			5 µg/mL		

Linhagens celulares tumorais: B16F10 (melanoma murino), HepG2 (carcinoma de fígado humano), HL-60 (leucemia humana), HT1080 (fibrossarcoma), HT29-D4 (adenocarcinoma colorretal), IGR39 (melanoma), MCF-7 (carcinoma mamário), MCF-7aro (carcinoma mamário com superexpressão de ER+ aromatase), MDA-MB-231 (carcinoma mamário), PC-12 (feocromocitoma murino), SK-BR-3 (carcinoma mamário) e SK-MES-1 (carcinoma de pulmão humano resistente à inibidores de tirosina quinase). Linhagens celulares não tumorais: HMEC-1 (célula endotelial microvascular dérmica), HUVEC (células endoteliais do cordão umbilical humano) e MCF10A (células epiteliais da glândula mamária).

Tabela 1: Atividade antitumoral e antiangiogênica de PLA₂ de peçonha de serpentes

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido ao seu grande potencial biotecnológico, os venenos de serpentes têm sido amplamente estudados com o intuito de descobrir compostos bioativos para o tratamento de doenças, incluindo o câncer. As PLA₂ induzem várias ações farmacológicas e numerosos estudos têm se concentrado em determinar seu efeito antitumoral e antiangiogênico. Os trabalhos discutidos nesta revisão demonstram a importância médica das PLA₂, indicando seu potencial uso como ferramentas de identificação de alvos farmacológicos e como um protótipo para o desenvolvimento de novas terapias anticâncer.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. F. *et al.* **The anti-cancer potential of crotoxin in estrogen receptor-positive breast cancer: Its effects and mechanism of action**, *Toxicon*, Volume 200, 2021, Pages 69-77. Doi. org/10.1016/j.toxicon.2021.07.003.

AZEVEDO, F. V. P. V. *et al.* **Antitumor and antimetastatic effects of PLA₂-BthTX-II from *Bothrops jararacussu* venom on human breast cancer cells**. *International journal of biological macromolecules*, v. 135, p. 261-273, 2019.

AZEVEDO, F. V. P. V. *et al.* **Human breast cancer cell death induced by BnSP-6, a Lys-49 PLA₂ homologue from *Bothrops pauloensis* venom**. *International journal of biological macromolecules*, v. 82, p. 671-677, 2016.

AZEVEDO, F. V. P. V.; LOPES, D. S.; ZÓIA, M. A. P.; CORREIA, L. I. V.; SAITO, N.; FONSECA, B. B.; POLLONI, L.; TEIXEIRA, S. C.; GOULART, L. R.; ÁVILA, V. M. R. **A New Approach to Inhibiting Triple-Negative Breast Cancer: In Vitro, Ex Vivo and In Vivo Antiangiogenic Effect of BthTx-II, a PLA₂-A_{sp}-49 from *Bothrops jararacussu* Venom**. *BIOMOLECULES*, v. 12, p. 258, 2022

AZEVEDO, F. V.; LOPES, D. S.; GIMENES, S. N. C.; ACHÊ, D. C.; VECCHI, L.; ALVES, P. T.; GUIMARÃES, D. O.; RODRIGUES, R. S.; GOULART, L. R.; RODRIGUES, V. M. *et al.* **Antitumor and antimetastatic effects of PLA2-BthTX-II from *Bothrops jararacussu* venom on human breast cancer cells.** *Int. J. Biol. Macromol.* 2019, 82, 671–677.

BAZAA, A. *et al.* **MVL-PLA2, a phospholipase A2 from *Macrovipera lebetina transmediterranea* venom, inhibits tumor cells adhesion and migration.** *Matrix Biology*, Volume 28, Issue 4, 2009, Pages 188-193, doi:10.1016/j.matbio.2009.03.007.

BAZAA, A. *et al.* **MVL-PLA2, a Snake Venom Phospholipase A2, Inhibits Angiogenesis through an Increase in Microtubule Dynamics and Disorganization of Focal Adhesions.** *PLOS ONE* 5(4): e10124. doi: 10.1371/journal.pone.0010124

BEZERRA, P. H. A.; FERREIRA, I. M.; FRANCESCHI, B. T.; BIANCHINI, F.; AMBRÓSIO, L.; CINTRA, A. C. O.; SAMPAIO, S. V.; CASTRO, F. A.; TORQUETI, M. R. **BthTX-I from *Bothrops jararacussu* induces apoptosis in human breast cancer cell lines and decreases cancer stem cell subpopulation.** *J Venom Anim Toxins Incl Trop Dis.* 2019 Jul 29;25:e20190010. doi: 10.1590/1678-9199-JVATITD-2019-0010. PMID:31384244; PMCID: PMC6665320.

BOLDRINI-FRANCA, J. *et al.* **Minor snake venom proteins: Structure, function and potential applications.** *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, v. 1861, n. 4, p. 824-838, 2017.

CALDERON, L. A.; SOBRINHO, J. C.; ZAQUEO, K. D.; DE MOURA, A. A.; GRABNER, A. N.; MAZZI, M. V.; MARCUSSI, S.; NOMIZO, A.; FERNANDES, C. F.; ZULIANI, J. P. *et al.* **Antitumoral activity of snake venom proteins: New trends in cancer therapy.** *BioMed Res. Int.* 2014, 2014, 203639.

CINTRA, A. C.; MARANGONI, S.; OLIVEIRA, B.; GIGLIO, J. R. **Bothropstoxin-I: amino acid sequence and function.** *J Protein Chem.* 1993 Feb;12(1):57-64. doi: 10.1007/BF01024915. PMID: 8427634.

GUTIÉRREZ, V. P. *et al.* **Crotalphine induces potent antinociception in neuropathic pain by acting at peripheral opioid receptors.** *Eur. J. Pharmacol.*, 594 (2008), pp. 84-92.

HANAHAN, D.; WEINBERG, R. A. **Hallmarks of cancer: the next generation.** v.144.5, p. 646-674, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21376230/>. Acesso em 24/12/21.

INCA, Instituto Nacional de Câncer José Alencar Gomes da Silva. **Estimativa de 2020: incidência de câncer no Brasil.** Rio de Janeiro: INCA, 2019.

JIA, Y. *et al.* **Rapid identification of phospholipase A2 transcripts from snake venoms.** *Toxins*, v. 11, n. 2, p. 69, 2019.

JUNIOR, N. L. S. **Bioprospeção e desenvolvimento sustentável.** *Desafios do Desenvolvimento*, Brasília, v.76, n.1, p. 87, ago./set. 2012. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/images/stories/PDFs/desafios073_completa.pdf. Acesso em: 25/12/21.

LOMONTE, B.; RANGEL, J. **Snake venom Lys49 myotoxins: from phospholipases A2 to non-enzymatic membrane disruptors.** *Toxicon*, v. 60, n. 4, p. 520-530, 2012.

MAGRO, A. J.; SOARES, A. M.; GIGLIO, J. R.; FONTES, M. R. **Crystal structures of BnSP-7 and BnSP-6, two Lys49-phospholipases A(2): quaternary structure and inhibition mechanism insights.** *Biochemical and Biophysical Research Communications.* 2003; 311(3): 713-720.

NICOLAU, C. A. *et al.* **An in-depth snake venom proteopeptidome characterization: Benchmarking *Bothrops jararaca***. *Journal of proteomics*, v. 151, p. 214-231, 2017.

NIETHAMMER, A. G *et al.* **A DNA vaccine against VEGF receptor 2 prevents effective angiogenesis and inhibits tumor growth**. *Nature Medicine*. 2002; 8(12): 1369-1375.

PINHO, M. S. L., *Angiogênese: O Gatilho Proliferativo*. *Revista Brasileira de Coloproctologia*, 2005, v. 25, n. 4, p. 396-402.

PENG, Z. *et al.* **Phospholipase A2 superfamily in cancer**. *Cancer Letters*, v. 497, p.165-177, 2021.

PÉREZ-PEINADO, C; DEFAUS, C; ABREU. **Hitchhiking with Nature: Snake Venom Peptides to Fight Cancer and Superbugs**. *Toxins*, 2020, 12(4), 255. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/toxins12040255>.

POLLONI, L; AZEVEDO, F; TEIXEIRA, S. C.; MOURA, E; COSTA, T. R; GIMENES, S; CORREIA, L; FREITAS, V; YONEYAMA, K; RODRIGUES, R. S; LOPES, D. S; & RODRIGUES, V. M. (2021). **Antiangiogenic effects of phospholipase A2 Lys49 BnSP-7 from *Bothrops pauloensis* snake venom on endothelial cells: An in vitro and ex vivo approach**. *Toxicology in vitro : an international journal published in association with BIBRA*, 72, 105099. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2021.105099>

POPPER, H. H. **Progression and metastasis of lung cancer**. *Cancer Metastasis Reviews*. 2016; 35: 75-91.

RODRIGUES, V. M; SOARES, A. M; MANCIN, A. C; FONTES, M. R; HOMSI-BRANDEBURGO, M. I; GIGLIO, J. R. **Geographic variations in the composition of myotoxins from *Bothrops neuwiedi* snake venoms: biochemical characterization and biological activity**. *Comparative biochemistry and physiology Part A, Molecular & integrative physiology*. 1998; 121(3): 215- 222.

RODRIGUES, V; LOPES, D. S; CASTANHEIRA, L; GIMENES, S; SOUZA, D; ACHÊ, D; BORGES, I; YONEYAMA, K; RODRIGUES, R. ***Bothrops pauloensis* Snake Venom Toxins: The Search for New Therapeutic Models**. *Curr. Top. Med. Chem.* 2015, 15, 670–684.

SAMPAIO, S. *et al.* **Crotoxin: Novel activities for a classic β -neurotoxin**, *Toxicon*, Volume 55, Issue 6, 2010, Pages 1045-1060. doi.org/10.1016/j.toxicon.2010.01.011.

SILVA, C. P. *et al.* **Antitumor potential of the myotoxin BthTX-I from *Bothrops jararacussu* snake venom: evaluation of cell cycle alterations and death mechanisms induced in tumor cell lines**. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, v. 21, 2015. doi: 10.1186/s40409-015-0044-5. PMID: 26539212; PMCID: PMC4632473.

SILVA, M. A; LOPES, D. S; TEIXEIRA, S. C; GIMENES, S. N. C; AZEVEDO, F. V. P. V; POLLONI, L; BORGES, B. C; SILVA, M. S; BARBOSA, M. J; OLIVEIRA, J. R. J; ELIAS, M.C; SILVA, C. V; YONEYAMA, K. A. G; RODRIGUES, V. M; RODRIGUES, R.S. **Genotoxic effects of BnSP-6, a Lys-49 phospholipase A 2 (PLA 2) homologue from *Bothrops pauloensis* snake venom on MDA-MB-231 breast cancer cells**. *Int J Biol Macromol*. 2018. Oct 15;118(Pt A):311-319. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.06.082. Epub 2018 Jun 18. PMID: 29920366.

SLOTTA, K. H. **A crotoxina: Primeira substância pura dos venenos ofídicos.** *An Acad Bras Cienc Rio de Janeiro*, 10,(1938), 195-209.

WANG, J-H. *et al.* **Crotoxin enhances the antitumor activity of gefinitib (Iressa) in SK-MES-1 human lung squamous carcinoma cells**, *ONCOLOGY REPORTS* 27: 1341-1347, 2012. DOI: 10.3892/or.2012.1677

CAPÍTULO 3

COMPOSIÇÃO QUÍMICA, ASPECTOS ETNOBIOLÓGICOS E FARMACOLÓGICOS DE *Gossypium hirsutum* L.: UMA REVISÃO

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 06/06/2022

Naiza Saraiva Farias

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0001-7938-6011>
<http://lattes.cnpq.br/1065453281662827>

Andressa Brandão de Souza

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0002-5894-7358>
<http://lattes.cnpq.br/8379395289246625>

Fernanda Santos Sousa Costa

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0003-3363-9508>
<http://lattes.cnpq.br/4433502045557768>

Maria Elenilda Paulino da Silva

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0002-8451-3887>
<http://lattes.cnpq.br/6474463620273903>

Mariana dos Santos Santana

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0003-0927-4588>
<http://lattes.cnpq.br/9792505647685643>

Monisya Oliveira Ferreira Brandão

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0001-9234-0376>
<http://lattes.cnpq.br/9280574603581442>

Luciene Ferreira de Lima

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0003-3317-3269>
<http://lattes.cnpq.br/8238587720435802>

Maria Flaviana Bezerra Morais-Braga

Universidade Regional do Cariri – URCA
Crato – CE
<https://orcid.org/0000-0002-5898-1257>
<http://lattes.cnpq.br/1557613482101211>

RESUMO: O algodão (*Gossypium hirsutum* L.) da família Malvaceae é encontrado no Brasil principalmente no semiárido nordestino, contribuindo com mais de 90% da produção mundial e com 99,9% da totalidade da produção de fibra comercial do país, considerado uma das plantas de mais completo aproveitamento, estando entre às dez maiores fontes de riqueza do Brasil. O objetivo dessa revisão foi realizar um levantamento bibliográfico das bioatividades medicinais da espécie *G. hirsutum* L. Para isso, descritores foram usados em plataformas científicas como *Google Acadêmico*, *Pubmed* e *Scielo* para pesquisar artigos em uma janela de tempo entre os anos de 2000 a 2020. A sua constituição química ainda é pouco relatada na literatura, e neste estudo apresentam-se alguns compostos encontrados em *G. hirsutum* L. como, por exemplo, uma abundância de constituintes da classe dos flavonoides os quais estão distribuídos em várias partes do vegetal, e também algumas variedades de terpenos, como exemplo os monoterpenos, sesquiterpenos, e aldeídos terpenóides. Além disso, suas sementes

e raízes têm sido utilizadas para vários fins medicinais como afecções de pele, gripes, febre, entre outros. Destacando-se ainda sua utilização em enfermidades relacionadas ao sistema reprodutor feminino. Na maioria das vezes sua folha é a parte mais utilizada, seguida das suas raízes, flores e sementes. Devido aos relatos de uso etnobiológico, tem surgido pesquisas para investigar o potencial farmacológico de *G. hirsutum*. Em estudos recentes, pesquisadores mostraram que o óleo essencial e diferentes extratos apresentam atividade antibacteriana, anticancerígena, antifúngica, antidiabética, antioxidante e antiparasitária.

PALAVRAS-CHAVE: Malvaceae, Fitoquímica, Bioatividade Medicinal.

CHEMICAL COMPOSITION, ETHNOBIOLOGICAL AND PHARMACOLOGICAL ASPECTS OF *Gossypium hirsutum* L.: A REVIEW

ABSTRACT: Upland Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) of the Malvaceae family is found in Brazil, especially in the semi-arid northeastern region, contributing to more than 90% of world production and 99.9% of the total production of commercial fiber in the country, and is considered one of the plants with the most complete utilization, being among the ten greatest sources of wealth in Brazil. This review aimed to conduct a bibliographic survey of the medicinal bioactivities of the species *G. hirsutum* L. For this, descriptors were used in scientific platforms such as Google Acadêmico, Pubmed and Scielo to search articles in a time window between the years 2000 to 2020. Its chemical constitution is still little reported in the literature, and this study presents some compounds that are found in *G. hirsutum*, such as numerous constituents of the flavonoid class, which are distributed in various parts of the plant, and also some varieties of terpenes, such as monoterpenes, sesquiterpenes, and terpenoid aldehydes. In addition, its seeds and roots have been used for various medicinal purposes, including skin diseases, colds, and fevers, among others. It is also used in diseases related to the female reproductive system. Most often its leaf is the most used part, followed by its roots, flowers, and seeds. Due to the reports of ethnobiological use, studies have arisen to investigate the pharmacological potential of *G. hirsutum*. In recent studies, researchers have shown that the essential oil and different extracts have antibacterial, anticancer, antifungal, antidiabetic, antioxidant, and antiparasitic activity.

KEYWORDS: Malvaceae, Phytochemistry, Medicinal Bioactivity.

1 | INTRODUÇÃO

As espécies de algodão reconhecidas no mundo são cerca de cinquenta, dentre as quais quatro são cultivadas, sendo duas (*Gossypium arboreum* e *Gossypium herbaceum*) diplóides, e duas (*G. hirsutum* e *G. barbadense*) tetraplóides (LACAPE *et al.*, 2010). Em razão do melhoramento genético, às duas últimas predominam, com destaque para *G. hirsutum*, responsável por mais de 90% da produção mundial (ZHANG *et al.*, 2008).

Gossypium hirsutum é uma planta da família Malvaceae, representada no Brasil por duas variantes classificadas por Hutchinson em 1951: a variante (*Gossypium hirsutum* L. race *latifolium* Hutch.) também conhecida como algodão herbáceo, amplamente cultivada e encontrada em quase todos os estados brasileiros, contribui com 99,9% da totalidade

da produção de fibra comercial do Brasil (IBGE, 2019) e do mundo (HOU *et al.*, 2018). É a variante (*Gossypium hirsutum* L. race *marie-galante* (Watt) Hutch.), a única entre as sete variantes de *G. hirsutum* conhecidas que apresenta um porte arbóreo (STEPHENS, 1973).

De acordo com o Flora do Brasil (2020), no território brasileiro sua distribuição ocorre em três macrorregiões, a Norte-Nordeste (Amazonas, Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia), a Centro-Oeste (Goiás) e a Sul-Sudeste (Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná e Minas Gerais). A cultura produz uma das mais importantes fibras têxteis do mundo, oferecendo variados produtos de utilidade com grande relevância na economia brasileira e mundial, razão que a faz ser considerada uma das plantas de mais completo aproveitamento, figurando entre as dez maiores fontes de riqueza do agronegócio do Brasil (COSTA *et al.*, 2005). *Gossypium hirsutum*, com *G. barbadense* apresentam uma grande importância econômica, pois são responsáveis por quase totalidade da fibra comercial produzida no mundo, é ainda fonte de alimento de alguns animais e matéria-prima para a produção do óleo de algodão, extraído de suas sementes (ULLOA *et al.*, 2016).

O algodoeiro (*G. hirsutum* L.) é uma planta de grande complexidade morfológica possuindo particularidades importantes utilizadas, inclusive, na identificação da espécie no gênero *Gossypium* e da família Malvaceae, da qual faz parte. A planta do algodoeiro herbáceo possui uma estrutura organográfica singular com dois categorias de ramificação, apresenta caule indumentado com ramos frutíferos e vegetativos, flores completas com carpelos e brácteas que fazem proteção extra e pode possuir glândulas de secreção (nectários), além disso, apresentam prófilos, folhas lanceoladas sem bainha com duas estípulas, dois tipos de glândula e pelo menos duas gemas na base de cada folha (LAGIERE *et al.*, 1969; FLORA DO BRASIL, 2020).

As sementes e raízes desse gênero têm sido utilizadas em pólipos nasais, fibroides uterinos (como abortiva) e alguns tipos de cânceres. Gossipol, o diidroxifenol tóxico presente nas sementes de *G. hirsutum* apresenta atividade anticancerígena (SHARIFI *et al.*, 2019). *Gossypium hirsutum* é a espécie do gênero *Gossypium* que possui mais indicações de uso medicinal, sendo folhas, raízes, sementes, flores e frutos as partes mais usadas dessa planta, e as principais formas de uso incluem misturas, decocção, infusão e maceração. Esta espécie trata de condições respiratórias, saúde reprodutiva, condições geniturinárias, rins, infecção nos ovários, uterinas, miomas uterinos e pós-parto. Trata também dor de garganta, malária, febre, corrimento, infecções gerais, pneumonia, gripe, tosse com secreções, diarreia com sangue, hepatite, doenças do nariz e serve como purgativo (BIESKI *et al.*, 2015; CONDE *et al.*, 2014; LEMOS *et al.*, 2016; CARTAXO *et al.*, 2010). Além disso, devido a presença de alguns fitoquímicos, *G. hirsutum* tem apresentado efeitos antimicrobianos, anti-inflamatórios e citotóxicos (EGBUTA *et al.*, 2017).

O objetivo desta revisão é resumir os relatórios publicados sobre a *G. hirsutum* quanto a composição química e a atividade biológica, traçando a constituição química e o

perfil etnobiológico e etnofarmacológico da espécie, com ênfase para a discussão da sua utilização medicinal sintetizando os achados científicos que evidencie o potencial desta espécie.

2 | METODOLOGIA

O presente estudo é uma revisão de literatura das publicações científicas pré-existentes que contemplam a composição química e os aspectos etnobiológicos e etnofarmacológicos de *G. hirsutum*. A coleta de dados se deu entre os meses de abril e junho de 2021. Os materiais selecionados contemplaram estudos realizados em diferentes países, com publicações nos idiomas português e inglês. Para tal, foram consultadas as bases de dados: *Google Acadêmico*, *Pubmed* e *Scielo*. Os artigos foram sintetizados a partir dos descritores: “*Gossypium hirsutum* + Chemical composition”, “*Gossypium hirsutum* + Chemical”, “*Gossypium hirsutum* + Economic importance”, “*Gossypium hirsutum* + Ecophysiology”, “*Gossypium hirsutum* + Ethnobiology”, “*Gossypium hirsutum* + Pharmacological potential” e “*Gossypium hirsutum* + Bioactivity”. A janela periódica selecionada compreendeu as publicações realizadas entre os anos de 2000 a 2020, no entanto, para a descrição taxonômica da espécie e de classes e constituintes químicos não foi delimitado período. Após a triagem inicial dos escritos obtidos, realizou-se a seleção de 64 textos científicos que serviram como suporte para respaldar essa revisão, para garantir a confiabilidade e fidelidade dos dados obtidos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Constituição química de *Gossypium hirsutum* L.

O algodão tem potencial para fonte de compostos significativos, como, por exemplo, terpenos, ácidos graxos, lipídeos, carboidratos, proteínas e fenólicos (PERVEEN *et al.*, 2001). Assim como na maioria das plantas, esses compostos são distribuídos em diferentes partes do algodoeiro, como sementes, raízes, folhas, flores, cálice e cápsulas (HALEEM *et al.*, 2014; HU *et al.*, 2011; PERVEEN *et al.*, 2001). Dentre esses compostos podem ser encontrados flavonoides, fenóis, terpenos, sesquiterpenos, monoterpenos e gossipol. Essa distribuição de compostos químicos está ligada com as diferentes propriedades e funcionalidades da planta, sendo alguns desses compostos potencialmente valiosos, aplicados na fabricação de alimentos, indústrias farmacêuticas e perfumaria (EGBUTA *et al.*, 2017).

3.1.1 Flavonoides

Flavonoides são metabólitos secundários vegetais abundantes e amplamente distribuídos. São os compostos primários dos pigmentos das plantas, que fornecem

sinais para polinizadores e bactérias simbióticas (TAYLOR; GROTEWOLD, 2005). Sendo considerados resíduos armazenados em vacúolos, os flavonoides desempenham funções importantes em diversos órgãos mantendo a saúde e a função das plantas (ANDERSON *et al.*, 2006) e estão envolvidos na germinação, tubo polínico, dormência da semente e transporte de auxina (DEBEAUJON *et al.*, 2000; BROWN *et al.*, 2001). Eles exibem diversas atividades biológicas, como, por exemplo, propriedades antioxidantes e antifúngicas. As investigações primordiais dos flavonoides em *G. hirsutum* se detiveram nos flavonoides das flores, estes estudos tinham como objetivo identificar os compostos responsáveis pela coloração floral (NIX *et al.*, 2017). O flavonoide é uma estrutura de 2-fenilbenzopirano onde a ponte de três carbonos entre os grupos fenil é geralmente ciclada com oxigênio (NIX *et al.*, 2017).

Os flavonoides são responsáveis por desempenharem um papel na qualidade na flor e da fibra do algodão. Geralmente, as fibras que possuem coloração verde e marrom ocorrem naturalmente no algodão, *G. hirsutum*. A expressão e acúmulo de gene estrutural de flavonoides são significativamente maiores na fibra de algodão branca, em que indica que o caminho biossintético do metabólito afeta a pigmentação da fibra (FENG *et al.*, 2013). Pesquisas anteriores relataram que a flor de *G. hirsutum* é o órgão vegetal mais rico em número de flavonoides, por exemplo, o subgrupo do flavonol é o mais representado nas flores com os compostos de quercentina, kaempferol, gossipetina, miricetina e seus conjugados (NIX *et al.*, 2017).

3.1.2 Terpenóides

Gossypium hirsutum L. acumula constitutivamente uma grande variedade de terpenóides, incluindo monoterpenos, sesquiterpenos e aldeídos terpenóides. Todas às três classes de terpenóides são armazenadas em glândulas de pigmento subepidérmico encontradas em folhas e outros órgãos que concentram sesquiterpenos, aldeído gossipol e aldeídos sesquiterpênicos relacionados como, hemigossypol, hemigossypolone, heliocídios H1, H2, H3 e H4 (YANG *et al.*, 2013; TIAN *et al.*, 2016). As plantas do algodão concentram abundância de aldeídos sesquiterpênicos, o mais conhecido é o gossipol, um polifenol derivado do dímero *Gossypium*, encontrado inicialmente em sementes de algodão com função de proteger as plantas de herbívoros (WAGNER *et al.*, 2012) possuindo fitoalexinas também contra patógenos (TIAN *et al.*, 2016).

Alguns dos exemplos mais estudados de defesas constitutivas das plantas são os terpenóides voláteis, como os monoterpenos, que protegem contra herbívoros e patógenos. Os monoterpenos são geralmente componentes de óleos e resinas e se concentram em estruturas secretoras complexas, como tricomas glandulares, cavidades secretoras ou dutos de resina. O difosfato de farnesila, o precursor dos sesquiterpenos, é constituído pela adição de uma porção difosfato de isopentenil C5 ao difosfato de geranyl. Heliocidas

C25 são compostos pela reação do tipo Diels-Alder de hemigossipolona C15 (derivada de δ -cadineno) com mirceno monoterpene para forma heliocídios H2 e H3 ou monoterpenos E- β -ocimeno para formar heliocídios H1 e H4 (OPITZ *et al.*, 2008) (Tabela 1).

Classe(s) química(s)	Subclasse	Composto	Referência
Flavonoides	Flavonóis	Rutina, Kaempferol, Quercetina e Isoquercitrina	Nix <i>et al.</i> , (2017); Tan <i>et al.</i> (2013); Feng <i>et al.</i> (2013); Kouakou <i>et al.</i> (2009); Wu <i>et al.</i> (2008); Edwards <i>et al.</i> (2008); Edreva <i>et al.</i> (2006)
	Flavonones	Eriodictiol	
	Flavanonol	Aromadendrina e Taxifolina	
	Antocianidina	Cianidina, Malvidina e Crisântemo	
Terpenóides	Monoterpenos	Pimeno, Mirceno, Ocimeno	Tian <i>et al.</i> (2016); Yang <i>et al.</i> (2013); Optiz <i>et al.</i> (2008)
	Sesquiterpenos	(E)- β -Caryophyllene, α -Humulene, γ -Bisaboleno, β -Bisabolol, α -Bergamoteno, b-Farnesene, (+)-d-Cadineno, b-Himachalene, α -Copaene, b-Elemene, b-Cariofileno, guaia-1(5),11-dieno, guaia1(10),11-dieno	
	Aldeídos terpenóides	Hemigossipolona, Heliocídio 1, Heliocídio 2, Heliocídio 3, Heliocídio 4.	

Tabela 1: Compostos químicos identificados em algodão *Gossypium hirsutum* L.

4 | ASPECTOS ETNOBIOLÓGICOS DE *Gossypium hirsutum* L.

A utilização de ervas como método curativo é tão antiga quanto a própria história do homem. Desde o surgimento da espécie humana, as primeiras civilizações reconheceram de forma empírica a existência de princípios ativos em plantas, as quais, eram experimentadas e empregadas no combate às doenças (BADKE *et al.*, 2011).

Na atualidade, seja pela falta de recursos financeiros ou de acessibilidade às técnicas de saúde modernas, para muitas comunidades o uso de plantas medicinais ainda representa a principal alternativa para a manutenção da saúde (PINTO *et al.*, 2006). No Brasil, grande parte da população encontra na natureza a única fonte viável de recursos terapêuticos (MESSIAS *et al.*, 2015). Entretanto, considerando que o uso indiscriminado de ervas com finalidade medicamentosa pode acarretar graves problemas de saúde, é fundamental a realização de estudos voltados para catalogação e validação dos princípios ativos dessas plantas (VASCONCELOS *et al.*, 2010).

Nesse viés, a perspectiva etnobotânica compreende a seleção de espécies vegetais

a partir da indicação de uso por comunidades específicas em determinado contexto sociocultural, enfatizando o respeito aos recursos naturais e aos saberes locais. Não obstante, a investigação etnodirigida se constitui como principal abordagem na triagem de plantas com potencialidades medicinais (ALBUQUERQUE; HANAZAKI, 2009).

No Brasil, *G. hirsutum* L. é mencionada em diversas pesquisas dessa natureza, sobretudo na região Nordeste e os estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Rio Grande do Sul, e ainda em países da Ásia e da África (Tabela 2). De maneira geral, esses estudos consistem na análise de comunidades locais e seus conhecimentos agregados às práticas medicinais populares. O conhecimento empírico atrelado à tradição da utilização de plantas é transmitido através das gerações e a espécie costuma ser cultivada em quintais ou colhida em áreas próximas (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2018; FARIAS *et al.*, 2019).

Nas pesquisas realizadas por Conde (2012) e Lozano *et al.* (2014), *G. hirsutum* desponta como uma das espécies com maior valor de uso, que está relacionado à importância de determinada espécie para a população local, com base no número de categorias de uso para qual a espécie foi indicada. De maneira semelhante, em levantamento etnobotânico realizado no estado de Minas Gerais, a espécie em questão aparece como a terceira mais citada, evidenciando sua relevância para a comunidade (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2018).

Gossypium hirsutum, é apontada como eficaz para o tratamento de diversos males, como afecções de pele, transtornos do sistema digestivo, gripes, febre, inflamações diversas e cálculos renais (LOZANO *et al.*, 2014; FARIAS *et al.*, 2019; FERRÃO *et al.*, 2014; VIEIRA *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2016; ARQUION *et al.*, 2015). Destaca-se ainda seu emprego nas enfermidades relacionadas ao aparelho reprodutor feminino, como cólicas, corrimentos e hemorragias (CONDE, 2012; RODRIGUES; MÜLLER 2018; RUBIO; NAÏVE, 2018). Em países como Nigéria e Uganda, essa espécie de algodão é comumente utilizada para suplantiar infecções sexualmente transmissíveis, como sífilis e gonorreia, além de auxiliar no combate a doenças oportunistas em portadores de Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (Sida/Aids) (AJIBESIN *et al.*, 2011; ASIIMWE *et al.*, 2013).

Geralmente, a folha é a parte mais utilizada, no entanto, em alguns locais a raiz, a flor e a semente, também são empregadas. No concernente às formas de uso, a decocção vigora como a mais comum, seguida de infusão, banho e tintura (VASCONCELLOS *et al.*, 2011; RUBIO; NAÏVE, 2018; RODRIGUES; MÜLLER, 2018; CONDE, 2012; VASCO-DOS-SANTOS *et al.*, 2018; FERREIRA *et al.*, 2020).

País	Indicação	Parte utilizada	Forma de uso	Referência
Brasil-MG	Corrimento, Infecções e demais Problemas Uterinos	Folha, Flor e Semente	Decocção	Conde (2012)
Brasil-MG	Anti-inflamatório e cálculos renais	Folha	Decocção, Suco	Ferrão <i>et al.</i> (2014)
Brasil-MT	Inflamação	Folha	Infusão, Tintura	Ferreira <i>et al.</i> (2020)
Brasil-PI	Inflamação, Cicatrizante	—	—	Lopes <i>et al.</i> (2016)
Brasil-CE	Carbúnculo	—	—	Lozano <i>et al.</i> (2014)
Brasil-MT	Feridas, Cólicas Menstruais	Folha, Flor	Banho, Chá	Rodrigues; Müller, (2018)
Brasil-RS	Utilizado pelas Puérperas para “Descer” o Leite para a Amamentação do Bebê.	Folhas	Infusão	Vasconcellos <i>et al.</i> (2011)
Brasil- MA	Gripe	—	—	Vieira <i>et al.</i> (2015)
Brasil - BA	Antiparasitário	Raiz, flor e Semente	Decocção	Vasco-dos-santos <i>et al.</i> (2018)
Brasil - PI	Transtornos do Aparelho Digestivo, Gripe, Inflamação do Útero, outras Inflamações e Febre	Folha	—	Farias <i>et al.</i> (2019)
Filipinas	Hemorragia	Raízes	Decocção	Rubio; Naive, (2018)
Filipinas	Flatulência	—	—	Arquion <i>et al.</i> (2015)
Nigéria	Gonorreia e Sífilis	Folha	Decocção, Infusão	Ajibesin <i>et al.</i> (2011)
Uganda	Diarreia em Portadores de SIDA/AIDS	Folha	Infusão	Asiimwe <i>et al.</i> (2013)

Tabela 2: Uso Etnomedicinal de *Gossypium hirsutum* L.

5 | POTENCIAL FARMACOLÓGICO DE *GOSSYPIUM HIRSUTUM* L.

Alguns estudos sobre o gênero *Gossypium* tem relatado potencial farmacológico que inclui efeito antimicrobiano, antioxidante, anti-hipotensor e anticancerígeno (ADEMILUA; OPKAMA, 2018; HASRAT, PIETERS, VLIETINCK, 2004; SHARIFI, *et al.*, 2019). *Gossypium hirsutum* é uma das espécies do gênero que demonstra potencial biológico promissor, principalmente considerando o uso etnobiológico da espécie. Com base nessa perspectiva, esta seção apresenta pesquisas realizadas para a validação científica do potencial farmacológico da espécie *G. hirsutum*. Foram encontrados no total 11 artigos sobre bioatividade que relatam potencial antibacteriano, anticancerígeno, antidiabético, antifúngico, antioxidante e antiparasitário com predominância para atividade antibacteriana. O caule foi a parte mais utilizada nos ensaios e o extrato o método de

preparação predominante (Tabela 3).

Atividade Farmacológica	Parte(s) Usada(s)	Extrato/ Óleo/ Fração/ Composto(s)	Método / Concentração de efeito	Referências
Antibacteriana	Caules, sementes, folhas, inflorescência e calos	Extrato aquoso, etanólico, metanólico, diclorometano, hexano, óleo essencial e fração	<p>Difusão em disco/ Zonas de inibição de 11, 67, 15,00 e 12, 67 mm significativas a $p < 0,05$ nas concentrações de 0,1 mL – 0,5 g/mL para as bactérias patogênicas <i>E. coli</i>, <i>S. aureus</i> e <i>S. soonei</i> respectivamente</p> <p>Difusão em ágar / Atividade inibitória com concentrações de 200 e 500 mg/mL formando halos de inibição \geq a 8 mm, para <i>S. aureus</i> em graduações alcoólicas acima de 30%</p> <p>Microdiluição/Efeito moderado para <i>E. coli</i>, e <i>P. aeruginosa</i> com $MIC_{50} \geq$ a 1024 μg/mL</p> <p>Difusão de poços em ágar/ diâmetros de inibição de 12,33 e 10 mm para <i>E. coli</i> e <i>T. rubrum</i> com concentração de 1 mg/mL</p> <p>Difusão de poços em ágar/ zonas de inibição de 31 mm para <i>B. megatarium</i> e 17 mm para <i>P. mirabilis</i> e <i>K. pneumoniae</i>, respectivamente; com concentração de 0,1 mL</p> <p>Difusão em ágar/ zonas de inibição de 0,35 mm para <i>E. coli</i>; 0,40, 0,45, 0,50 e 0,60 mm para <i>S. typhimurium</i>; 0,32 para <i>S. aureus</i>; 0,40 mm para <i>S. epidermidis</i> e 0,42 mm para <i>Bacillus cerus</i> com concentração de 0,1 mL. Microdiluição/ MIC de 2,5–5,0; 1,2–2,5 e 2,5 mg/mL para <i>S. aureus</i>, <i>S pneumoniae</i> e <i>S. pyogenes</i> respectivamente</p>	Ademilua e Opkama (2018); Miranda <i>et al.</i> (2013); Delgado <i>et al.</i> (2018); Tabassum e vidyasagar, (2014); Ajayi <i>et al.</i> (2008); Chaturvedi, Singh e Nag (2010); Rojas <i>et al.</i> (2001)

Atividade Farmacológica	Parte(s) Usada(s)	Extrato/ Óleo/ Fração/ Composto(s)	Método / Concentração de efeito	Referências
Antiparasitária	Caulas e Folhas	Extratos brutos e frações,	Ensaio de MTT / IC ₅₀ 96,3 µg/ mL para promastigotas; 18,9 µg/ mL para amastigotas (<i>leishmania major</i>) frações 4 e 5 apresentaram atividade antipromastigota com IC ₅₀ 126,4 µg/mL e 184,6 µg/mL, respectivamente, e contra amastigotas anticelulares apresentaram valores iguais a 16,3 µg mL e 21,3 µg/mL.	Sharifi <i>et al.</i> (2019);
Antifúngica	Sementes	Óleo essencial, extrato e frações	Difusão de poços em ágar / Diâmetro de inibição para <i>C. albicans</i> de 10.16 mm na concentração de 1 mg/mL. Difusão de poços em ágar / Inibiu o crescimento de <i>A. niger</i> com diâmetro de 5 mm durante 24 horas na concentração de 0,1 mL Difusão em ágar/ Zona de inibição de 0,43 mm para <i>Trichoderma viride</i> com concentração de 0,1 mL	Tabassum e Vidyasagar (2014); Ajayi <i>et al.</i> (2008); Chaturvedi; Singh e Nag (2010)
Antioxidante	Caulas e folhas	Extrato metanólico, aquoso e de acetato de etila	Quelante de metal, fosfomolibdênio, Cuprac, Frap, DPPH e ABTS/ Extrato aquoso com melhor atividade 3,77 µmol EDTAes/g dp para o ensaio quelante. No ensaio fosfomolibdênio o MeOH apresentou melhor resultado com 85,61 µmol TEs/g dp; no ensaio ABTS o extrato aquoso com 32.08 µmol TEs/g dp; CUPRAC o extrato aquoso com melhor resultado 16.44 µmol TEs/g dp; e FRAP também o extrato aquoso com 16.57 µmol TEs/g dp IC ₅₀ de 40,05 µg/mL para a obtenção de 50% de DPPH, o ácido ascórbico obteve o melhor resultado com IC ₅₀ 35,23 µg/mL	Kirkan <i>et al.</i> (2018); Ademilua e Opkama (2018)

Atividade Farmacológica	Parte(s) Usada(s)	Extrato/ Óleo/ Fração/ Composto(s)	Método / Concentração de efeito	Referências
Antidiabética	Caules	Extrato metanólico aquoso e de acetato de etila	- /Atividade Inibitória das enzimas de α -glucosidase com respectivamente 682,9, 566,09 e 71,56 $\mu\text{mol ACEs/g dp}$ e α -amilase com 24,65, 13,25 e 4,64 $\mu\text{mol ACEs/g dp}$ respectivamente.	Kirkan <i>et al.</i> (2018)
Anticâncer	Sementes	Extrato etanólico	Ensaio de MTT/ concentrações de 10-100 $\mu\text{g/mL}$ e 5-100 $\mu\text{g/mL}$ diminuiram a viabilidade celular do câncer de mama e do pâncreas	Cao Sethumadhavan e Bland (2018)

Tabela 3: Validação científica da atividade farmacológica de *Gossypium hirsutum* L.

5.1 Potencial farmacológico antibacteriano

Em pesquisa realizada por Ademilua e Opkama (2018) foi analisada a atividade antibacteriana dos extratos aquosos decoctados e etanólico das folhas de *G. hirsutum*, através do método de difusão de disco em ágar. A concentração utilizada dos extratos foi 0,1 mL – 0,5 g/mL. O extrato aquoso decoctado registrou as zonas de inibições mais elevadas entre todos os agentes patogênicos testados com destaque para *Escherichia coli* (11,67 mm), *Staphylococcus aureus* (15,00 mm) e *Shigella soonei* (12,67 mm) que apresentaram atividade antimicrobiana significativa a $p < 0,05$. O extrato etanólico avaliado também apresentou zonas de inibição com destaque para *E. coli* (11,33 mm), *S. aureus* (11,33 mm) e *P. aeruginosa* (11,00 mm), no entanto, não apresentaram atividade com diferenças significativas a $p < 0,05$.

Miranda *et al.* (2013) avaliaram o potencial antibacteriano de quatro espécies vegetais, dentre elas, *G. hirsutum*, contra as bactérias patogênicas *S. aureus* e *E. coli*. Foram avaliados os extratos aquosos e etanólico de folhas, inflorescência e caule, através do método de difusão em ágar, constatado atividade antibacteriana apenas para *S. aureus* que apresentou halos de inibição \geq a 8 mm em graduações alcoólicas acima de 30% nas concentrações de 200 mg/mL e 500 mg/mL, sendo a concentração de 500 mg/mL mais eficiente. Essa atividade antibacteriana pode estar relacionada com a presença de triterpenos, taninos e flavonoides encontrados no extrato desta espécie.

O extrato etanólico bruto de *G. hirsutum* foi avaliado através do método de microdiluição contra cepas de *Klebsiella pneumoniae* e *E. coli*, bacilos Gram-negativos causadores de infecções no trato respiratório, urinário e gastrointestinal, obtendo potencial antibacteriano moderado com valores da $\text{MIC}_{50} \geq$ a 1024 $\mu\text{g/mL}$ apenas para *E. coli*. A concentração bactericida mínima (MBC) também avaliada, constatou efeito negativo ao

considerar que nenhuma das cepas obteve resultado $MBC_{50} < 1024 \mu\text{g/mL}$ diante das concentrações estudadas (DELGADO *et al.*, 2018). O extrato etanólico bruto de *G. hirsutum* também apresentou efeito antibacteriano moderado para *P. aeruginosa* com MIC_{50} de $1024 \mu\text{g/mL}$ (DELGADO *et al.*, 2018a).

Os extratos hexânico, diclorometano e metanólico de folhas de *G. hirsutum* em ensaio de microdiluição apresentaram atividade contra as bactérias causadoras de infecções respiratórias *S. aureus*, *Streptococcus pneumoniae* e *Streptococcus pyogenes* com MIC de 2,5–5,0; 1,2–2,5 e 2,5 mg/mL, respectivamente (ROJAS *et al.*, 2001).

Extratos de sementes e tecidos de calos de frações de flavonoides livres e ligados de *G. hirsutum* foram analisadas com outras espécies do gênero *Gossypium* através do método de difusão em ágar com concentração de 0,1 mL, em que, frações de flavonoides livres da semente apresentaram zonas de inibição de 0,35 mm para *E. coli* e 0,50 mm para *Salmonella typhimurium*; e de flavonoides ligados 0,32 mm para *S. aureus* e 0,40 mm para *S. typhimurium*. Já as frações de flavonoides livres e ligados de calos de *G. hirsutum* apresentaram diâmetros de inibição de 0,42 mm para *Bacillus cerus*, 0,40 mm para *Staphylococcus epidermidis* e 0,60 mm e 0,45 mm para *S. typhimurium*. Os resultados alcançados são relativamente baixos quando considerado as zonas de inibição de disco dos fármacos de referência, cloranfenicol (25 μg) com zona de inibição de 25 mm contra *S. aureus* e *S. epidermidis*, e ampicilina (10 μg) contra *S. typhimurium* 20 mm e *E. coli* 28 mm (CHATURVEDI; SINGH; NAG, 2010).

O uso de óleo essencial de algumas plantas tem crescido nos últimos anos devido apresentar propriedades medicinais curativas. Diante dessa perspectiva, Tabassum e Vidyasagar (2014) avaliaram o potencial antibacteriano e antifúngico do óleo essencial de sementes oleaginosas comestíveis de algumas plantas, dentre elas *G. hirsutum*, por meio do método de difusão de poços em ágar e apresentou diâmetros de inibição de 12,33 mm para *E. coli* com concentração de 1 mg/mL.

O óleo essencial de *G. hirsutum* também foi investigado por Ajayi *et al.* (2008) em um rastreio antimicrobiano com cinco plantas herbáceas da Nigéria ocidental. O óleo apresentou boa atividade com concentração de 0,1 mL, através do método de difusão em poços de ágar, contra *Proteus mirabilis* com zona de inibição de 31 mm, *Bacillus megatarium* e *K. pneumoniae* com respectivamente 17 mm, sendo estas atividades maiores que a do antibiótico padrão estreptomicina.

5.2 Potencial farmacológico antiparasitário

A atividade antiparasitária do algodão herbáceo *G. hirsutum* foi avaliada para o tratamento da leishmaniose. A leishmaniose é uma doença infecciosa que vem desenvolvendo resistência aos medicamentos utilizados no seu tratamento, caracterizando uma ameaça de saúde global. Devido a isso, vem crescendo o número de estudos com produtos naturais que indicam potencial antileishmania. *Gossypium hirsutum* obteve bons

resultados antileishmania contra os estágios promastigotas e amastigotas por extratos brutos e frações, em que os extratos do bulbo inibiram o crescimento desses estágios após 72 horas de tratamento, apresentando valores de IC_{50} 96,3 $\mu\text{g/mL}$ para promastigotas e 18,9 $\mu\text{g/mL}$ para amastigotas de *Leishmania major*, demonstrando também resultado superior ao fármaco de referência glucantime, o qual no estágio promastigota foi 204,9 $\mu\text{g/mL}$ e no estágio amastigota foi 85,5 $\mu\text{g/mL}$. As frações F4 e F5 de *G. hirsutum* apresentaram na atividade antipromastigota IC_{50} 126,4 $\mu\text{g/mL}$ e 184,6 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente, apresentando efeito superior ao glucantime que obteve IC_{50} 204,9 $\mu\text{g/mL}$. Para a atividade contra amastigotas anticelulares as frações F4 e F5 apresentaram valores iguais a 16,3 $\mu\text{g/mL}$ e 21,3 $\mu\text{g/mL}$ respectivamente, enquanto glucantime apresentou IC_{50} igual a 85,5 $\mu\text{g/mL}$. Além disso, *G. hirsutum* apresentou baixa citotoxicidade, atividade considerada importante porque os fármacos utilizados no tratamento dessa doença apresentam alta toxicidade (SHARIFI *et al.*, 2019).

5.3 Potencial farmacológico antifúngico

A atividade antifúngica de *G. hirsutum* foi relatada por Tabassum e Vidyasagar (2014), o óleo essencial de sementes oleaginosas comestíveis de *G. hirsutum* através do método de difusão de poços em ágar, apresentou diâmetro de inibição de 10 mm para *Trichophyton rubrum* com concentração de 1 mg/mL. Ajayi *et al.* (2008) também relataram atividade antifúngica do óleo essencial de *G. hirsutum* através do método de difusão em poços de ágar, na concentração de 0,1 mL. Foi possível observar inibição do crescimento de *Aspergillus niger* com diâmetro de 5 mm em 24 horas.

Os extratos de sementes e tecidos de calos de frações de flavonoides de *G. hirsutum* foram analisados contra os fungos *Candida albicans* e *Trichoderma viride*. Apenas a fração de flavonoides livres da semente apresentou atividade, mesmo que baixa, com diâmetros de 0,43 mm para *Trichoderma viride*, resultado fraco em comparação com o fármaco referência Fluconazol (10 μg) com 23 mm. Além disso, não houve nenhuma atividade contra *C. albicans* (CHATURVEDI; SINGH; NAG, 2010).

5.4 Potencial farmacológico antioxidante

Kirkan *et al.* (2018) também analisaram o potencial antioxidante de *G. hirsutum* do extrato metanólico, aquoso e acetato de etila, através dos métodos quelante de metal, fosfomolibdênio, CUPRAC, FRAP, DPPH, ABTS. Na atividade quelante o extrato aquoso apresentou melhor atividade com 3,77 $\mu\text{mol EDTAes/g}$ dp comparado ao EtOAc 0,31 $\mu\text{mol EDTAes/g}$ dp e ao MeOH 1,75 $\mu\text{mol EDTAes/g}$ dp. No ensaio fosfomolibdênio o extrato MeOH foi o que apresentou maior atividade antioxidante com 85,61 $\mu\text{mol TEs/g}$ dp seguido pelo extrato aquoso com 81,04 $\mu\text{mol TEs/g}$ dp, já o EtOAc apresentou baixa atividade com 12,82 $\mu\text{mol TEs/g}$ dp. No ensaio ABTS os resultados obtidos foram 32,08 $\mu\text{mol TEs/g}$ dp para o extrato aquoso, 27,08 $\mu\text{mol TEs/g}$ dp para MeOH e 3,99 $\mu\text{mol TEs/g}$ dp para

EtOAc, considerada boa atividade antioxidante comparada ao ensaio DPPH em que o extrato aquoso obteve 12,57 $\mu\text{mol TES/g dp}$; o MeOH 10,46 $\mu\text{mol TES/g dp}$ e o EtOAc 1,71 $\mu\text{mol TES/g dp}$. Enquanto nos ensaios do método CUPRAC o extrato aquoso obteve o melhor resultado com 16,44 $\mu\text{mol TES/g dp}$, o MeOH 11,35 $\mu\text{mol TES/g dp}$ e o EtOAc 2,02 $\mu\text{mol TES/g}$. Os resultados do ensaio FRAP foram aproximados aos do ensaio CUPRAC, o extrato aquoso também obteve bom potencial com 16,57 $\mu\text{mol TES/g dp}$, seguido pelo MeOH 14,84 $\mu\text{mol TES/g dp}$ e o EtOAc 2,11 $\mu\text{mol TES/g dp}$. O extrato aquoso e metanólico foram os que melhor apresentaram atividade antioxidante, sendo o extrato MeOH com a presença de mais compostos fenólicos totais e flavonoides de acordo com a análise de HPLC.

A atividade antioxidante de *G. hirsutum* também foi relatada por Ademilua e Opkama (2018) através extrato de folhas pelo do método DPPH de limpeza e radical livre que apresentou IC_{50} correspondente a 40,05 $\mu\text{g/mL}$, destacando que é necessária uma menor quantidade de extratos da folha de *G. hirsutum* quando comparado com *G. barbadense* outra espécie analisada, que obteve 55,15 $\mu\text{g/mL}$ para a obtenção de 50% de DPPH. Ao avaliarem o medicamento referência com poder antioxidante, o ácido ascórbico obteve menor valor com IC_{50} 35,23 $\mu\text{g/mL}$.

5.5 Potencial farmacológico antidiabético

Kirkan *et al.* (2018) relataram efeito antidiabético dos extratos aquoso, metanólico e de acetato de etila de caules de *G. hirsutum* ao observarem a inibição das enzimas de α -amilase e α -glucosidase, em que o extrato aquoso e metanólico apresentaram forte atividade inibitória com 682,90 e 566,09 $\mu\text{mol ACEs/g dp}$ respectivamente para α -glucosidase; já o extrato de acetato de etila apresentou atividade mais fraca com 71,56 $\mu\text{mol ACEs/g dp}$. No ensaio da enzima α -amilase o extrato metanólico apresentou maior atividade inibitória com 24,65 $\mu\text{mol ACEs/g dp}$, seguido pelo extrato aquoso e de acetato de etila ambos apresentaram respectivamente 13,25 e 4,64 $\mu\text{mol ACEs/g dp}$. Os extratos tiveram melhor atividade contra a enzima α -glucosidase. A inibição da atividade das enzimas α -amilase e α -glucosidase retarda e prolonga o tempo da digestão de carboidratos diminuindo a absorção da glicose e, conseqüentemente, da glicose pós-prandial no plasma (KAZEEM; ABIMBOLA; ASHAFA, 2013).

5.6 Potencial farmacológico anticâncer

De acordo com Cao, Sethumadhavan e Bland (2018) extratos etanólico de sementes de algodão podem regular o crescimento de células cancerígenas da mama e do pâncreas. Foi investigado o extrato etanólico das sementes de algodão glandulares e sem glândula, e do gossipol, composto polifenólico do algodão, sendo descrito que sementes de *G. hirsutum* com glândula reduziram a viabilidade celular do câncer de mama em 25% após 24 horas de tratamento com concentrações de 10-100 $\mu\text{g/mL}$ e diminuíram

significativamente a viabilidade das células cancerígenas pancreáticas em cerca de 50% após 24 h de tratamento com concentrações de 5–100 $\mu\text{g}/\text{mL}$. O extrato do algodão sem glândula também diminui a viabilidade celular do câncer de mama em 50% com 5-100 $\mu\text{g}/\text{mL}$ por 2 horas de tratamento, no entanto, não obteve efeito significativo para as células do câncer pancreático. Através de ensaios de MTT também foi observado que o gossipol diminuiu em cerca de 30% após 24 horas de tratamento a viabilidade celular câncer de mama, e em 50% em 2 horas do câncer pancreático. Essa atividade anticancerígena foi associada a compostos bioativos presentes nos extratos da semente de algodão.

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos apresentados traçam a composição química, o uso etnobiológico e atividade farmacológica de *G. hirsutum* L. Essa espécie apresenta predominância de componentes químicos como flavonoides e terpenóides, como monoterpenos, sesquiterpenos e aldeídos terpenóides. No entanto, é preciso considerar a necessidade de mais estudos que elucidem a sua composição química, para haver o conhecimento dos compostos desta planta e dos seus possíveis princípios ativos. Nos estudos que avaliam a utilização medicinal de *G. hirsutum*, destacam-se como as partes mais utilizadas para o tratamento de enfermidades são as folhas, raízes, flores e sementes, sendo a decocção e a infusão as principais formas de uso. Porém, é preciso ressaltar a necessidade de mais estudos que explorem o uso etnobiológico da espécie no mundo e investiguem outras partes da planta, assim como, mais formas de uso.

Sobre o potencial farmacológico observou-se que *G. hirsutum* apresentou atividade antibacteriana, anticâncer, antidiabética, antifúngica, antioxidante e antiparasitária. Apesar de apresentar nos ensaios essas atividades farmacológicas, há a necessidade de mais pesquisas que investiguem as bioatividades da espécie, visto que, os diferentes métodos de investigações utilizados podem ocasionar resultados distintos na avaliação bioativa da espécie, e há poucos estudos sobre o seu perfil farmacológico, pertinente a elucidação do potencial farmacológico, a fim de contribuir para sua possível utilização na indústria farmacêutica e no desenvolvimento de novos tratamentos para os mais diversos problemas de saúde.

ABREVIATURAS

ABTS - (ácido 2,2-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico)

ACEs - Acarbose equivalents

AIDS - acquired immunodeficiency syndrome

MBC - Minimum Bactericidal Concentration

MIC - Minimum Inhibitory Concentration

CUPRAC – Cupric Reducing Antioxidant Capacity

DHPP - (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl)

EDTAEs - ethylenediaminetetraacetic acid (disodium salt)

FRAP - Ferric Reducing Antioxidant Power
IC₅₀ - The Half Maximal Inhibitory Concentration

IC₅₀ - Inhibitory Concentration 50

LC₅₀ - Lethal Dosage 50

MTT - Brometo de 3-(4,5-dimetiltiazol-2-il) -2,5-difeniltetrazólio

PPM - parts per million

TEs - Trolox equivalents

CONTRIBUIÇÕES DAS AUTORAS

N. S. F.; A. B. S.; F. S. S. C.; M. E. P. S.; M. S. S.; M. O. F. B. – Levantamento bibliográfico e escrita. L. F. L. – análise, revisão textual e organização do artigo. M. F. B. M. B – orientação do artigo e aprovação final para submissão.

REFERÊNCIAS

ADEMILUA, A. O. E.; OKPOMA, M. O. *Gossypium hirsutum* l. and *Gossypium barbadense* L.: differences in phytochemical contents, antioxidant and antimicrobial properties. **Ife Journal of Science**, v. 20, n. 1, p. 77-88, 2018.

AJAYI, I. A.; JONATHAN, S.G.; ADEWUYI, A.; ODERINDE, R. A. Antimicrobial Screening of the Essential Oil of Some Herbal Plants from Western Nigeria. **World Applied Sciences Journal**, v. 3, n.1 p. 79-81, 2008.

AJIBESIN, K.; BALA, D. N.; UMOH, U. F. The use of medicinal plants to treat sexually transmitted diseases in Nigeria: Ethnomedicinal survey of Niger Delta Region. **International Journal of Green Pharmacy (IJGP)**, v. 5, n. 3, 2011.

ALBUQUERQUE, L. P.; HANAZAKI, N. As pesquisas etnodirigidas na descoberta de novos fármacos de interesse médico e farmacêutico: fragilidades e perspectivas. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p. 678-689, 2009.

ARQUION, R. D.; GALANIDA, C. C.; VILLAMOR, B.; AGUILAR, H. T Ethnobotanical study of indigenous plants used by local people of Agusan del Sur, Philippines. **Asia Pacific Higher Education Research Journal (APHERJ)**, v. 2, n. 2, 2015.

ASIIMWE, S.; KAMATENESI-MUGISHA, M.; NAMUTEBI, A.; BORG-KARLSSON, A-K.; MUSIIMENTA, P. Ethnobotanical study of nutri-medicinal plants used for the management of HIV/AIDS opportunistic ailments among the local communities of western Uganda. **Journal of ethnopharmacology**, v. 150, n. 2, p. 639-648, 2013.

BADKE, M. R.; BUDÓ, M. L. D.; SILVA, F. M.; RESSEL, L.B. Plantas medicinais: o saber sustentado na prática do cotidiano popular. **Escola Anna Nery**, v. 15, n. 1, p. 132-139, 2011.

BIESKI, I. G. C., LEONTI, M., ARNASON, J. T.; FERRIER, J.; RAPINSKI, M.; VIOLANTE, I. M. P. Ethnobotanical study of medicinal plants by population of valley of Juruea region, Legal Amazon, Mato Grosso, Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v.173, p. 383–423, 2015.

BROWN, D.E.; RASHOTTE, A.M.; MURPHY, A.S.; NORMANLY, J.; TAGUE, B.W.; PEER, W.A.; TAIZ, L.; MUDAY, G.K. Os flavonoides atuam como reguladores negativos do transporte *in vivo* de auxinas em Arabidopsis. **Plant Physiology**, 2001.

CAO, H. SETHUMADHAVAN, K. BLAND, J. M. Isolation of Cottonseed Extracts That Affect Human Cancer Cell Growth. **Scientific Reports**, v. 8, 2018.

CARTAXO, S. L.; SOUZA, M. M. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Medicinal plants with bioprospecting potential used in semi-arid northeastern Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 131, p. 326–342, 2010.

CHATURVEDI, A.; SINGH, S.; NAG, T. N. Antimicrobial activity of flavonoids from *in vitro* tissue culture and seeds of *Gossypium* species. **Romanian Biotechnological Letters**, v. 15, n.1, p. 4959-4963, 2010.

CONDE, B. E. **Etnofarmacologia no Entorno no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora como Subsídio para a Implantação de Horto Medicinal Comunitário**. 2012. Dissertação (mestrado em Ecologia Aplicada a Conservação e Manejo de Recursos Naturais) - Programa de Pós Graduação em Ecologia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais, p. 67, 2012.

CONDE, B. E., ROGERIO, I. T. S., SIQUEIRA, A. M.; FERREIRA, M. Q.; CHEDIER, L. M.; PIMENTA, D. S. Ethnopharmacology in the vicinity of the botanical garden of the federal university of Juiz De Fora, Brazil. **Ethnobotany Research & Applications**, v.12, p. 91–112, 2014.

COSTA, J. N.; ALMEIDA, F. A. C.; DE SANTANA, J. C. F.; COSTA, I. L. L.; WANDERLEY, M. J. R.; SANTANA, J. C. S. **Técnicas de colheita, processamento e armazenamento do algodão**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. 14 p.

DEBEAUJON, I.; LÉON-KLOOSTERZIEI, K. M.; KOORNNEEF, M. Influence of the testa on seed dormancy, germination, and longevity in Arabidopsis. **Plant Physiology**, v. 122, n.2, p. 403–414, 2000.

DELGADO, L. A. SIQUEIRA, D. S.; FERREIRA, J. L. S. CAVALCANTE, J. N. M.; SILVA, R. C. M. O.; FILGUEIRA, R. C. Atividade Antibacteriana do Extrato Etanólico Bruto da *Gossypium hirsutum* L. contra Cepas de *Klebsiella pneumoniae* e *Escherichia coli*. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 11, n. 3, p 1-6, 2018.

DELGADO, L. A. SIQUEIRA, D. S.; FERREIRA, J. L. S. CAVALCANTE, J. N. M.; SILVA, R. C. M. O.; FILGUEIRA, R. C. Atividade Antibacteriana do Extrato Etanólico Bruto da *Gossypium Hirsutum* L. Contra *Pseudomonas aeruginosa*. **Revista Uningá**, v. 55, n. 4, p.80-87, 2018a.

EDREVA, A.; DAGNON, S.; GUREL, A.; GESHEVA, E.; HAKERLERLER, H. Reddening of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves: Analysis of the polyphenol complex. **Agrochimica**, v. 50, p. 54–61, 2006.

EDWARDS, W. R.; HALL, J. A.; ROWLAN, A. R.; SCHNEIDER-BARFIELD, T.; SUN, T. J.; PATIL, M. A.; PIERCE, M. L.; FULCHER, R. G.; BELL, A. A.; ESSENBERG, M. Light filtering by epidermal flavonoids during the resistant response of cotton to *Xanthomonas* protects leaf tissue from light-dependent phytoalexin toxicity. **Phytochemistry**, v. 69, p. 2320–2328, 2008.

EGBUTA, M. A.; MCINTOSH, S.; WATERS, D. L. E.; VANCOV, T.; LIU, L. Biological Importance of Cotton By-Products Relative to Chemical Constituents of the Cotton Plant. **Molecules**, v. 22, n. 93, p. 1-25, 2017.

FARIAS, J. C.; MIRANDA, G. D.R.; SANTOS, M.H. B; BOMFIM, B. L. S, FILHO, I. C. F.; FRANÇA, S. M. *et al.* Flora medicinal cultivada em quintais de uma comunidade no Nordeste do Brasil. **Ethnobotany Research and Applications**, v. 18, p. 1-13, 2019.

FENG, H. J.; TIAN, X. H.; LIU, Y. C.; LI, Y. J.; ZHANG, X. Y.; JONES, B. J. Analysis of flavonoids and the flavonoid structural genes in brown fiber of upland cotton. **Plos One**, v. 8, n. 3, p. 1-10, 2013.

FERRÃO, B. H.; OLIVEIRA, H. B.; MOLINARI, R. F.; TEIXEIRA, M. B.; FONTES, G.G.; AMARO, M. O.F. *et al.* Importância do conhecimento tradicional no uso de plantas medicinais em Buritis, MG, Brasil. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 321-334, 2014.

FERREIRA, A. L. S.; PASA, M. C.; NUNEZ, C. V. A etnobotânica e o uso de plantas medicinais na Comunidade Barreirinho, Santo Antônio de Leverger, Mato Grosso, Brasil. **Interações (Campo Grande)**, v. 21, n. 4, p. 817-830, 2020.

Gossypium in **Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < http://servicos.jbrj.gov.br/flora/search/Gossypium_hirsutum. Acesso em: 10 abril de 2021.

HALEEM, N.; ARSHAD, M.; SHAHID, M.; TAHIR, M. A. Synthesis of carboxymethyl cellulose from waste of cotton ginning industry. **Carbohydrate polymers**, v. 113, p. 249-255, 2014.

HASRAT, J. A.; PIETERS, L.; VLIETINCK, A. J. Medicinal plants in Suriname: hypotensive effect of *Gossypium barbadense*. **Journal of pharmacy and pharmacology**, v. 56, p. 381–387, 2004.

HOU, S; ZHU, G.; LI, Y.; LI, W.; FU, J.; NIU, E. *et al.* Genome-Wide Association Studies Reveal Genetic Variation and Candidate Genes of Drought Stress Related Traits in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Frontiers in Plant Science**, 2018.

HU, G.; HOUSTON, N. L.; PATHAK, D.; SCHMIDT, L.; THELEN, J. J.; WENDEL, J. F. Genomically Biased Accumulation of Seed Storage Proteins in Allopolyploid Cotton. **Genetics**, v.189, p. 1103-1115, 2011.

HUTCHINSON, JB. Intra-specific differentiation in *Gossypium hirsutum*. **Heredity**, v. 5, p. 161–193, 1951.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro: **IBGE**, v. 46, p.1-8, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/66/pam_2019_v46_br_informativo.pdf

KAZEEM, M. I.; ABIMBOLA, S. G.; ASHAF, A. O. T. Inhibitory potential of *Gossypium arboreum* leaf extracts on diabetes key enzymes, α -amylase and α -glucosidase. **Bangladesh Journal of Pharmacology**, v. 8, p. 149-155, 2013.

KIRKAN, B.; SARIKURKCU, C.; COPUROGLU, M.; CENGIZ, M.; TEPE, B. Is it possible to use the stalks of *Gossypium hirsutum* L., an important by-product of cotton cultivation, as an alternative source of bioactive components?. **European Food Research and Technology**, v. 244, p. 1065–1071, 2018.

KOUAKOU, T. H.; KOUADIO, Y. J.; TEGUO, P. W.; VALLS, J.; BADO, A.; MERILLON, J. M.; DECENDIT, A. Polyphenol levels in two cotton (*Gossypium hirsutum* L.) callus cultures. **Acta Botanica Gallica**, v. 156, p. 223–231, 2009.

LACAPE, J.-M.; LLEWELLYN, D.; JACOBS, J.; ARIOLI, T.; BECKER, D.; CALHOUN, S. *et al.* Meta-analysis of cotton fiber quality QTLs across diverse environments in a *Gossypium hirsutum* x *G. barbadense* RIL population. **BMC Plant Biology**, v. 10, n. 132. 2010.

LAGIERE, ROBERT. **El algodón: técnica agrícolas y producciones tropicales**. Barcelona: Ed. Blume, 1969. p.9-10.

LEMOES, I. C. S., DELMONDES, G. A., SANTOS, A. D. F., SANTOS, E. S.; DE OLIVEIRA, D. R.; DE FIGUEIREDO, P. R. L. *et al.* Ethnobiological survey of plants and animals used for the treatment of acute respiratory infections in children of a traditional community in the municipality of Barbalha, Ceará, Brazil. **African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines**, v. 13, p. 166–175, 2016.

LOPES, C. G. R.; RODRIGUES, C. M. O.; ALENCAR, N. L.; LOPES, W.G. R. Conhecimento tradicional de plantas medicinais na comunidade Tabuleiro do Mato de Florianópolis, PiauÍ, Brasil. **ESPAÇOS**, vol. 37, n. 15, 2016.

LOZANO, A.; ARAÚJO, E. L.; MEDEIROS, M. F. T.; ALBUQUERQUE, U. T. A hipótese de aparência aplicada a uma farmacopéia local no nordeste brasileiro. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v.10, n. 2 2014.

MESSIAS, M. C. T. B.; MENEGATTO, M. F.; PRADO, A. C. C.; SANTOS, B. R.; GUIMARÃES, M. F. M. Uso popular de plantas medicinais e perfil socioeconômico dos usuários: um estudo em área urbana em Ouro Preto, MG, Brasil. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 17, n. 1, p. 76-104, 2015.

MIRANDA, G. S.; SANTANA, G. S.; MACHADO, B. B.; COELHO, F. P.; CARVALHO, C. A. Atividade antibacteriana *in vitro* de quatro espécies vegetais em diferentes graduações alcoólicas. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 15, n. 1, p. 104-111, 2013.

NIX, A.; PAULL, C.; COLGRAVE, M. Flavonoid Profile of the Cotton Plant, *Gossypium hirsutum*: A Review. **Plants**, v. 6, n. 4, 2017.

OLIVEIRA JUNIOR, J. A.; BRASILEIRO, B. G.; ARRUDA, V. M.; CALIXTO, J. S. Potencial terapêutico e uso de plantas medicinais na comunidade rural do Sítio Canteiros, região de Muriaé, MG. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

OPITZ, S.; KUNERT, G.; GERSHENZON, J. Increased terpenoid accumulation in cotton (*Gossypium hirsutum*) foliage is a general wound response. **Journal of Chemical Ecology**, v. 34, p. 508-522, 2008.

PERVEEN, S.S.; QAISRANI, T. M.; BHUTTA, S.; PERVEEN, R.; NAQVI, S.H.M. HPLC Analysis of Cotton Phenols and Their Contribution in Bollworm Resistance. **Journal of Biological Sciences**, v. 1, n. 7, p. 587-590, 2001.

PINTO, E. P. P.; AMOROZO, M. C. M.; FURLAN, A. Conhecimento popular sobre plantas medicinais em comunidades rurais de mata atlântica-Itacaré, BA, Brasil. **Acta botânica brasílica**, v. 20, n. 4, p. 751-762, 2006.

RODRIGUES, J. E. O.; MÜLLER, V. J. S. Etnobotânica No Bairro Cristo Rei Em Várzea Grande–Mato Grosso. **Biodiversidade**, v. 17, n. 1, 2018.

ROJAS, G.; LÉVARO, J.; TORTORIELLO, J.; NAVARRO, V. Antimicrobial evaluation of certain plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of respiratory diseases. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 74, n. 1, p. 97-101, 2001.

RUBIO, M. M.; NAÏVE, M. A. K. Ethnomedicinal plants used by traditional healers in North Cotabato, Mindanao, Philippines. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, v. 13, n. 6, p. 74-82, 2018.

SHARIFI, F.; SHARIFI, I.; KEYHANI, A.; ASADI-KHANUKI, A.; SHARIFIFAR, F.; POURNAMDARI, M. Leishmanicidal, cytotoxic and apoptotic effects of *Gossypium hirsutum* bulb extract and its separated fractions on *Leishmania major*. **Journal of Vector Borne Diseases**, v. 56, n. 4, p. 330-338, 2019.

STEPHENS, S. G. Geographical distribution of cultivated cottons relative to probable centers of domestication in the new world. In: Genes, enzymes, and populations. In: Srb, AM (eds) **Genes, Enzymes, and Populations**. Basic Life Sciences, v. 2. Springer, Boston, MA, 1973.

TABASSUM, N.; VIDYASAGAR, GM. *In vitro* Antimicrobial activity of edible oils against human pathogens causing skin infections. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v. 5, n. 10, p. 4493-4498, 2014.

TAYLOR, L.P.; GROTEWOLD, E. Flavonoids as developmental regulators. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 8, p.317–323, 2005.

TIAN, X.; RUAN, J.; HUANG, J.; FANG, X.; MAO, Y.; WANG, L.; CHEN, X.; YANG, C. Gossypol: phytoalexin of cotton. **Science China Life Sciences**, v. 59, n. 2, p. 122–129, 2016.

TAN, J.; TU, L.; DENG, F.; HU, H.; NIE, Y. ZHANG, X. A Genetic and Metabolic Analysis Revealed that Cotton Fiber Cell Development Was Retarded by Flavonoid Naringenin. **Plant Physiology**, v. 162, p. 86–95, 2013.

ULLOA, M. The diploid D genome cottons (*Gossypium* spp.) of the new world. **World Cotton Germplasm Resources**, 2016.

VASCO-DOS-SANTOS, D. R.; SANTOS, J. V.; ANDRADE, W. M.; SANTOS-LIMA, T. M.; LIMA, L. N.; DIAS-LIMA, A. G. Plantas antiparasitárias utilizadas pelos indígenas kantaruré-batida (ne-brasil): etnobotânica e riscos de erosão dos saberes locais. **Ambiente & Sociedade**, v. 21, 2018.

VASCONCELOS, D. A.; LIMA, M. M. de O.; ALCOFORADO, G. G. **Plantas medicinais de uso caseiro: conhecimento popular na região do centro do município de Floriano/PI**. V Congresso Norte e Nordeste de Pesquisa e Inovação, Maceió. 2010.

VASCONCELLOS, C.; HECK, R. M.; CEOLIN, T.; BARBIERI, R. L.; BORGES, A. M.; MUNIZ, L.C.; *et al.* Plantas medicinales utilizadas en mujeres en Brasil. **Revista Horizonte de Enfermería**, v. 22, n. 1, p. 23-33, 2011.

VIEIRA, L. S.; SOUSA, R. S.; LEMOS, J. R. Plantas medicinais conhecidas por especialistas locais de uma comunidade rural maranhense. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 17, n. 4, p. 1061-1068, 2015.

WAGNER, T. A.; LIU, J.; STIPANOVIC, R. D.; PUCKHABER, L. S.; BELL, A. A. Hemigossypol, a Constituent in Developing Glanded Cottonseed (*Gossypium hirsutum*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 2594-2598, 2012.

WU, T.; ABDULLA, R.; YANG, Y.; AISA, H. A. Flavonoids from *Gossypium hirsutum* Flowers. **Chemistry of Natural Compounds**, v. 44, n. 3. 2008.

YANG, C-Q.; WU, X. M.; RUAN, J-X.; HU, W-L.; MAO, Y-B.; CHEN, X-Y.; WANG, L-J. Isolation and characterization of terpene synthases in cotton (*Gossypium hirsutum*). **Phytochemistry**, v. 96, p. 46-56, 2013.

ZHANG, H-B; LI, Y.; WHANG, B.; CHEE, P, W. Recent advances um cotton genomics. **International Journal of Plant Genomics**, v. 2008, p. 1, 2008.

MANUAL DE ABORDAGEM DA SOBRECARGA HEPÁTICA DISMETABÓLICA DE FERRO EM PACIENTES COM OBESIDADE

Data de aceite: 04/07/2022

Rafael Nascimento de Jesus

Departamento de Cirurgia – Faculdade de Ciências Médicas – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Elinton Adami Chaim

Departamento de Cirurgia – Faculdade de Ciências Médicas – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Everton Cazzo

Departamento de Cirurgia – Faculdade de Ciências Médicas – Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

RESUMO: A sobrecarga dismetabólica de ferro (SDF) é definida como acúmulo tecidual de ferro e pode ser consequência de uma série de condições clínicas, sobretudo doenças hematológicas e hepáticas, além de obesidade. Em estudo recente, observou-se prevalência de 17% em uma população de indivíduos com obesidade submetidos à cirurgia bariátrica. A fisiopatologia da SDF não está bem estabelecida, porém sabe-se que compreende a participação de diversos mediadores da complexa rede de regulação endógena do ferro, como a transferrina e hepcidina, que tem seu funcionamento básico alterado por estados inflamatórios crônicos que acabam por favorecer o acúmulo tecidual de ferro (principalmente em fígado e coração). O diagnóstico depende de três critérios: taxa de saturação de transferrina normal ou pouco elevada (abaixo de 60%; assim, pode-se

descartar hemocromatose hereditária sem estudo genético), anormalidades metabólicas (hipertensão arterial sistêmica, diabetes tipo II ou intolerância à glicose, obesidade e/ou dislipidemias) e sobrecarga hepática de ferro que não exceda $150 \mu\text{mol/g}$ na ressonância magnética ou biópsia. Atualmente, consideram-se controle dietético, atividade física e perda de peso como terapias estabelecidas para a SDF. A cirurgia bariátrica não é considerada terapia padrão para a sobrecarga de ferro em nenhum contexto atualmente. A maior parte das evidências disponíveis é composta de estudos individuais realizados em pacientes obesos sem diagnóstico confirmado de SDF, que apresentaram melhora dos achados laboratoriais relacionados ao ferro após a realização de cirurgia bariátrica. Todavia, estudo recente demonstrou que ocorre redução na frequência de SDF após o *bypass* gástrico em Y de Roux, em correlação direta com a redução dos níveis sanguíneos de ferritina. Assim, este procedimento pode se apresentar como opção terapêutica para pacientes com este perfil.

PALAVRAS-CHAVE: Sobrecarga de Ferro; Obesidade; Cirurgia Bariátrica; Hiperferritinemia; Derivação Gástrica.

CLINICAL GUIDELINE FOR THE MANAGEMENT OF HEPATIC DYSMETABOLIC IRON OVERLOAD IN INDIVIDUALS WITH OBESITY

ABSTRACT: Dysmetabolic iron overload (DIO) is defined as tissue accumulation of iron and can be a consequence of a series of clinical conditions, especially hematological and liver diseases, in addition to obesity. In a recent

study, a prevalence of 17% was observed in a population of obese individuals undergoing bariatric surgery. The pathophysiology of DIO is not well established, but it is known that it comprises the participation of several mediators of the complex network of endogenous iron regulation, such as transferrin and hepcidin, whose basic functioning is altered by chronic inflammatory states that end up favoring the tissue accumulation of iron (mainly in liver and heart). Diagnosis depends on three criteria: normal or mildly elevated transferrin saturation rate (below 60%; thus, hereditary hemochromatosis can be ruled out without genetic study), metabolic abnormalities (hypertension, type II diabetes, or glucose intolerance, obesity and/or dyslipidemias) and hepatic iron overload not exceeding 150 $\mu\text{mol/g}$ on magnetic resonance imaging or biopsy. Currently, dietary control, physical activity, and weight loss are considered established therapies for DIO. Bariatric surgery is not considered standard therapy for iron overload in any setting nowadays. Most of the available evidence is comprised of individual studies performed in obese patients without a confirmed diagnosis of DIO, who showed improvement in iron-related laboratory findings after bariatric surgery. However, a recent study showed that there is a reduction in the frequency of DIO after Roux-en-Y gastric bypass, in direct correlation with the reduction in blood levels of ferritin. Hence, this procedure can be presented as a therapeutic option for patients with these characteristics.

KEYWORDS: Iron Overload; Obesity; Bariatric Surgery; Hyperferritinemia; Gastric Bypass.

INTRODUÇÃO

A síndrome da sobrecarga dismetabólica de ferro (SDF) é definida como acúmulo tecidual de ferro e pode ser consequência de uma série de condições clínicas, sobretudo doenças hematológicas e hepáticas, além de obesidade.

OBJETIVO

Este manual tem como objetivo auxiliar os profissionais de saúde no diagnóstico e manejo da sobrecarga hepática dismetabólica de ferro em pacientes com obesidade através de análise clínica e laboratorial de exames utilizados na rotina médica e analisar a indicação de intervenção cirúrgica para casos selecionados.

EPIDEMIOLOGIA

Trata-se de uma síndrome que vem apresentando cada vez maior relevância clínica, principalmente por sua relação com a obesidade, porém, sem dados populacionais determinados até o momento. Em estudo prévio de Jesus et al., observou-se prevalência de 17% em uma população de indivíduos com obesidade submetidos à cirurgia bariátrica.

FISIOPATOLOGIA

A fisiopatologia da SDF não está bem estabelecida, porém são conhecidos alguns fatores associados, como a obesidade, doenças hepáticas e doenças hematológicas.

Compreende também a participação de diversos mediadores da complexa rede de regulação endógena do ferro, como a transferrina e hepcidina, que tem seu funcionamento básico alterado por estados inflamatórios crônicos que acabam por favorecer o acúmulo tecidual de ferro (principalmente em fígado e coração). Estudos mais recentes correlacionam estresse oxidativo no tecido hepático, secundário ao acúmulo de ferro, como parte do mecanismo fisiopatológico da doença hepática e resistência à insulina possivelmente induzida.

FATORES DE RISCO

Obesidade e sobrepeso

Diabetes tipo II

Dislipidemias

Síndrome Metabólica

Doença hepática gordurosa não-alcóolica (DHGNA)

Hepatopatias crônicas: cirrose, hepatite por vírus da hepatite B e C.

Doenças hematológicas: hemocromatose hereditária, talassemia, porfiria, talassemia, doença falciforme.

Sexo masculino

HISTÓRIA CLÍNICA

A SDF é assintomática em suas formas iniciais, apenas manifestando sintomas nas fases de doença hepática avançada. Sintomas como icterícia, prurido, distúrbios de coagulação, aumento volume abdominal, hematêmese, ginecomastia, entre outros, já são manifestações de formas avançadas, com cirrose hepática e insuficiência hepatocítica já estabelecidas.

EXAME FÍSICO

O exame físico na SDF pode ser inalterado ou encontrar alterações relacionadas com o maior risco de desenvolvimento da síndrome, como obesidade, hipertensão arterial, hepatomegalia e aumento da circunferência abdominal. Alterações como ascite, ginecomastia, icterícia e circulação colateral podem ser encontradas nas formas avançadas da doença hepática, quando ocorrem cirrose e insuficiência hepática.

DIAGNÓSTICO E EXAMES COMPLEMENTARES

O diagnóstico depende de três critérios: taxa de saturação de transferrina normal ou pouco elevada (abaixo de 60%; assim, pode-se descartar hemocromatose hereditária

sem estudo genético), anormalidades metabólicas (hipertensão arterial sistêmica, DM2 ou intolerância à glicose, obesidade e/ou dislipidemia) e sobrecarga hepática de ferro que não exceda 150 $\mu\text{mol/g}$ na ressonância magnética ou biópsia.

Tanto a biópsia quanto a ressonância magnética são exames de alto custo e pouco disponíveis para a rotina. Assim, exames laboratoriais que são facilmente disponíveis, devem servir de triagem e alerta para a SDF caso o paciente apresente síndrome metabólica relevante e alteração laboratorial fora do esperado.

Os exames que podem auxiliar no diagnóstico da doença são:

- Glicemia de jejum, insulina e hemoglobina glicosilada: podem estar normais ou elevadas. Nos casos em que há elevação, o quadro metabólico disglucêmico pode ser mais relevante do que em os outros pacientes, representando pior resposta ao tratamento proposto.
- Transaminases: Aspartato aminotransferase (AST) e Alanina aminotransferase (ALT): tendem a apresentar elevações sutis em relação ao valor da normalidade, demonstrando alteração subclínica da hepatopatia associada a SDF.
- Ferritina: tende a valores elevados condizentes com estados inflamatórios crônicos, devido ao papel da ferritina como marcador inflamatório.
- Ferro sérico: pode ter valores normais ou reduzidos. Na SDF, o quadro dismetabólico se mostra mais relevante que em doentes apenas obesos, assim, a tendência é o achado de valores baixos de ferro sérico.
- Saturação de transferrina: valores normais ou pouco elevados; valores muito elevados sugerem alterações genéticas como hemocromatose hereditária.
- Hemograma: podem ser encontrados valores normais, mas anemia costuma ser achado frequente pela SDF.
- Triglicérides e Colesterol total e frações: são esperados valores elevados fazendo parte da síndrome dismetabólica.

TRATAMENTO ATUAL DA SDF

Tendo por base a atual compreensão sobre a fisiopatologia da doença, foram propostas algumas modalidades terapêuticas. Inicialmente, acreditava-se que a dieta e mudanças comportamentais como atividade física e perda de peso fossem as melhores alternativas terapêuticas e, de fato os pacientes apresentam melhora clínica e laboratorial quando conseguem adequada adesão a mudanças do estilo de vida, em especial a prática de atividade física regular e a adoção de dietas hipogordurosas e hipocalóricas. Porém, estes resultados dependem de adesão em longo prazo, algo habitualmente pouco alcançado.

A partir da compreensão sobre as consequências da sobrecarga de ferro, a sangria foi proposta como uma opção terapêutica com intuito de acelerar a homeostase dos níveis

de ferro e assim minimizar os riscos associados a sobrecarga tecidual; porém, os achados em longo prazo evidenciaram recidiva do aumento de ferritina em 64% dos pacientes e concluiu-se que não há evidência de benefício para realizar sangrias de manutenção nos pacientes com SDF. Assim, atualmente temos o controle dietético, atividade física e perda de peso como terapias estabelecidas para a SDF.

CIRURGIA BARIÁTRICA COMO TRATAMENTO DA SÍNDROME DE SDF

A cirurgia bariátrica não é considerada terapia padrão para a sobrecarga de ferro em nenhum contexto atualmente. A maior parte das evidências disponíveis é composta de estudos individuais realizados em pacientes obesos sem diagnóstico confirmado de SDF, que apresentaram melhora dos achados laboratoriais relacionados ao ferro após a realização de cirurgia bariátrica. Estudo recente de Jesus et al. demonstrou que ocorre redução na frequência de SDF após o *bypass* gástrico em Y de Roux, em correlação direta com a redução dos níveis sanguíneos de ferritina.

A melhora da SDF após cirurgia bariátrica está ancorada em dois pilares: efeitos benéficos que otimizam o aproveitamento do ferro (diminuição da inflamação crônica e da resistência à insulina) e um potencial efeito adverso da cirurgia, que melhora a sobrecarga tecidual através da má absorção intestinal do mineral.

O principal achado do estudo de Jesus et al. foi a reversão da sobrecarga hepática de ferro avaliada por biópsia em seis (85%) de sete pacientes previamente acometidos, favorecendo a compreensão de que o *bypass* gástrico em Y Roux provoca melhora da síndrome da sobrecarga de ferro dismetabólica devido à combinação entre redução do estado inflamatório, melhora do metabolismo glicêmico, redução da DHGNA e prejuízo à absorção de ferro. Pode-se, assim, propor que, em pacientes com obesidade e SDF, esta alteração venha a ser incluída como uma comorbidade que contribua para a indicação de cirurgia bariátrica em indivíduos com IMC ≥ 35 kg/m², ou mesmo de cirurgia metabólica para casos graves com IMC ≥ 30 kg/m² associado a diabetes mal controlado.

CONCLUSÕES

A SDF é uma doença cada vez mais relevante no cenário clínico, principalmente do paciente obeso, e os achados laboratoriais de seguimento desses pacientes devem ser valorizados para instigar a hipótese e facilitar o diagnóstico da SDF. Além disso, o *bypass* gástrico em Y de Roux em nosso estudo, levou a reduções significativa da frequência de sobrecarga hepática de ferro histologicamente demonstrada e dos níveis de ferritina, hemoglobina e contagem de hemácias em indivíduos obesos, podendo se apresentar como opção terapêutica para pacientes com este perfil.

REFERÊNCIAS

- 1- Jesus RN, Callejas GH, Concon MM, Braga JGR, Marques RA, Chaim FDM, Gestic MA, Utrini MP, Ramos AC, Chaim EA, Cazzo E. Prevalence and Factors Associated with Hepatic Iron Overload in Obese Individuals Undergoing Bariatric Surgery: a Cross-Sectional Study. *Obes Surg*. 2020;30(12):4967-4973. doi: 10.1007/s11695-020-05003-3.
- 2- Björklund G, Peana M, Pivina L, Dosa A, Aaseth J, Semenova Y, Chirumbolo S, Medici S, Dadar M, Costea DO. Iron Deficiency in Obesity and after Bariatric Surgery. *Biomolecules*. 2021;11(5):613. doi: 10.3390/biom11050613.
- 3- Fernández-Real JM, López-Bermejo A, Ricart W. Cross-talk between iron metabolism and diabetes. *Diabetes*. 2002;51(8):2348-54. doi: 10.2337/diabetes.51.8.2348.
- 4- Gillum RF. Association of serum ferritin and indices of body fat distribution and obesity in Mexican American men--the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2001;25(5):639-45. doi: 10.1038/sj.ijo.0801561.
- 5- Dongiovanni P, Fracanzani AL, Fargion S, Valenti L. Iron in fatty liver and in the metabolic syndrome: a promising therapeutic target. *J Hepatol*. 2011;55(4):920-32. doi: 10.1016/j.jhep.2011.05.008.
- 6- Qi L, van Dam RM, Rexrode K, Hu FB. Heme iron from diet as a risk factor for coronary heart disease in women with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2007;30(1):101-6. doi: 10.2337/dc06-1686.
- 7- Facchini FS. Effect of phlebotomy on plasma glucose and insulin concentrations. *Diabetes Care*. 1998;21(12):2190.
- 8- Gabrielsen JS, Gao Y, Simcox JA, Huang J, Thorup D, Jones D, Cooksey RC, Gabrielsen D, Adams TD, Hunt SC, Hopkins PN, Cefalu WT, McClain DA. Adipocyte iron regulates adiponectin and insulin sensitivity. *J Clin Invest*. 2012;122(10):3529-40. doi: 10.1172/JCI44421.
- 9- Buyschaert M, Paris I, Selvais P, Hermans MP. Clinical aspects of diabetes secondary to idiopathic haemochromatosis in French-speaking Belgium. *Diabetes Metab*. 1997;23(4):308-13.
- 10- Deugnier Y, Bardou-Jacquet É, Lainé F. Dysmetabolic iron overload syndrome (DIOS). *Presse Med*. 2017;46(12 Pt 2):e306-e311. doi: 10.1016/j.lpm.2017.05.036.
- 11- Lainé F, Ruivard M, Loustaud-Ratti V, Bonnet F, Calès P, Bardou-Jacquet E, Sacher-Huvelin S, Causse X, Beusnel C, Renault A, Bellissant E, Deugnier Y; Study Group. Metabolic and hepatic effects of bloodletting in dysmetabolic iron overload syndrome: A randomized controlled study in 274 patients. *Hepatology*. 2017;65(2):465-474. doi: 10.1002/hep.28856.
- 12- de Jesus RN, Callejas GH, David Mendonça Chaim F, Antonio Gestic M, Pimentel Utrini M, Callejas-Neto F, Adami Chaim E, Cazzo E. Roux-en-Y Gastric Bypass as a Treatment for Hepatic Iron Overload: An Exploratory Study. *Obes Surg*. 2022. doi: 10.1007/s11695-022-06103-y.

CAPÍTULO 5

CONSUMO CRÔNICO DE ÁLCOOL DURANTE A GESTAÇÃO E LACTAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE O TIMO E BAÇO DA PROLE

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 09/05/2022

Yasmim Barbosa dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/1783975917572458>

Bruno José do Nascimento

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/8213260513385508>

Érique Ricardo Alves

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/6892417222004207>

Laís Caroline Silva dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/1405150136250676>

Maria Vanessa da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/1906334502843226>

Anthony Marcos Gomes dos Santos

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
<http://lattes.cnpq.br/4572948318160798>

Ismaela Maria Ferreira de Melo

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0002-4150-1923

Álvaro Aguiar Coelho Teixeira

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-5940-9220

Valéria Wanderley Teixeira

Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Departamento de Morfologia e Fisiologia
Animal
Recife-PE
Orcid: 0000-0001-9533-5476

RESUMO: O consumo crônico de álcool tem sido considerado um grave problema de saúde pública principalmente durante o período gestacional e de lactação provocando complicações no desenvolvimento e aumentando o risco de mortalidade. O sistema imunológico sofre diversas alterações provocadas por essa substância, uma delas é a evidente perda de células linfóides. Diante do exposto, esse

trabalho tem como objetivo explicar os efeitos do consumo crônico de álcool durante a gestação e lactação sobre o timo e baço da prole. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura durante os meses de janeiro e março de 2022, a partir da consulta de informações em bases de pesquisas online como PubMed, Scielo, Scopus, Google Acadêmico, Portal Capes, Relatórios globais de Organizações e Centros de informações Públicas. Durante a pesquisa, não foram utilizados filtros de tempo de publicações. Os resultados mostraram que a exposição intrauterina ao etanol e durante a lactação resultam em efeitos nocivos ao sistema imunológico, afetando a morfologia e histologia dos órgãos linfoides como timo e baço que têm funções indispensáveis no organismo embrionário e fetal, além de, por consequência, afetar a produção de citocinas por células que fazem parte desses órgãos. Essas alterações nas células do sistema imunológico podem ser devido a ação direta do álcool ou dos seus metabólitos gerados. Assim, é possível concluir que o consumo crônico de álcool durante o período gestacional prejudica não só a saúde da mãe, mas também interfere seriamente no desenvolvimento fetal e embrionário. Afetando o desempenho de diversas células e debilitando o sistema imunológico como um todo, propiciando a aquisição de infecções e lesões.

PALAVRAS-CHAVE: Etilismo; Gestação; Sistema Linfoide.

CHRONIC CONSUMPTION OF ALCOHOL DURING PREGNANCY AND LACTATION AND ITS EFFECTS ON THE THYMUS AND SPLEEN OF THE OFFSPRING

ABSTRACT: Chronic alcohol consumption has been considered a serious public health problem, especially during pregnancy and lactation, causing complications in development and increasing the risk of mortality. The immune system undergoes several changes caused by this substance, one of which is the evident loss of lymphoid cells. Given the above, this work aims to explain the effects of chronic alcohol consumption during pregnancy and lactation on the offspring's thymus and spleen. For this, a literature review was carried out during the months of January and March 2022, from the consultation of information in online research bases such as PubMed, Scielo, Scopus, Google Scholar, Capes Portal, Global Reports of Organizations and Research Centers. Public information. During the research, no publication time filters were used. The results showed that intrauterine exposure to ethanol and during lactation result in harmful effects to the immune system, affecting the morphology and histology of lymphoid organs such as the thymus and spleen, which have essential functions in the embryonic and fetal organism, in addition to, consequently, affecting the production of cytokines by cells that are part of these organs. These changes in immune system cells may be due to the direct action of alcohol or its generated metabolites. Thus, it is possible to conclude that chronic alcohol consumption during the gestational period harms not only the health of the mother, but also seriously interferes with fetal and embryonic development. Affecting the performance of several cells and weakening the immune system as a whole, favoring the acquisition of infections and injuries.

KEYWORDS: Alcoholism; Gestation; Lymphoid System.

1 | MATERIAL E MÉTODOS

Esse trabalho de Revisão de Literatura foi realizado durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2022, a partir da consulta de informações em bases de pesquisas online como PubMed, Scielo, Scopus, Google Acadêmico, Portal Capes, Relatórios globais de organizações e Centros de Informações Públicas. Durante a pesquisa, não foram utilizados filtros de tempo de publicações. Com isso, as informações foram avaliadas e organizadas para produção da revisão a seguir.

2 | INTRODUÇÃO

O consumo crônico de álcool tem sido considerado um grave problema de saúde pública e juntamente com suas consequências são os principais motivadores da carga de doenças da América Latina, incluindo o Brasil (MENDES *et al.*, 2011). Esse consumo de álcool durante o período gestacional e de lactação é ainda mais preocupante, já que além da mãe, o feto também fica exposto a essa substância, provocando problemas no desenvolvimento e aumentando o risco de mortalidade (ZANOTI-JERONYMO *et al.*, 2014). Cerca de 11,2% das mulheres grávidas nas Américas consumiram álcool em 2019, enquanto que no Brasil, de acordo com Vigitel (2019) o uso abusivo de etanol por mulheres no mesmo ano foi de 13,3% e pesquisas apontam o consumo de etanol durante a gravidez em torno de 10 a 40% das gestantes no país (MORAES; REICHENHEIM, 2007, COSTA *et al.*, 2014, BAPTISTA *et al.*, 2017, OPAS, 2019).

Diversos autores apontam o aumento do estresse oxidativo durante o metabolismo do álcool como o principal motivador dos danos sofridos no organismo humano e quando esse consumo excessivo ocorre durante o período gestacional o feto recebe a substância através da circulação sanguínea, porém com uma maior exposição, já que nesse período a metabolização acontece de forma mais lenta e depende do organismo materno, fazendo com que o líquido amniótico também fique saturado de etanol e acetaldeído (metabólito tóxico) (CHAUDHURI, 2000, FREIRE *et al.*, 2005).

Os danos que o álcool causa ao feto são chamados de Desordens do Espectro Alcoólico Fetal – DEAF, e incluem lesões e distúrbios no desenvolvimento de diversos órgãos e sistemas (SILVA *et al.*, 2022). Essa exposição intrauterina ao etanol e durante a lactação resultam em efeitos nocivos ao sistema imunológico, afetando a morfologia e histologia dos órgãos linfoides como timo e baço que têm funções indispensáveis no organismo embrionário e fetal, além de, por consequência, afetar a produção de citocinas por células que fazem parte desses órgãos (DUNNE, 1989, SZABO, 1999, BURGOS *et al.*, 2002). Essas alterações nas células do sistema imunológico podem ser devido a ação direta do álcool ou dos seus metabólitos gerados (WANG; SPITZER, 1997).

Apesar desses efeitos estarem bem descritos em etilistas, ainda não foram

esclarecidos completamente os mecanismos dessas alterações, principalmente quando ocorrem no timo e baço do feto em decorrência do consumo crônico de álcool materno. Com isso, esse trabalho teve como objetivo explicar os efeitos do consumo crônico de álcool durante a gestação e lactação sobre o timo e baço da prole.

3 | ALCOOLISMO

O etanol (C_2H_5OH) é considerado uma molécula psicoativa e tóxica para o organismo. Evidências do consumo e produção de bebidas alcoólicas são datadas de séculos atrás, e atualmente a sua ingestão em excesso está disseminada, fazendo parte de diversas culturas pelo mundo (FERRAGUTI et al., 2015, KYPRI; MCCAMBRIDGE, 2018, HENDRIKS, 2020).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (2018) o uso nocivo de álcool causa problemas sociais e econômicos relevantes, além dos prejuízos à saúde, ocasionando no mundo, cerca de 3 milhões de mortes por ano. O alcoolismo ou também descrito como Síndrome da Dependência do Álcool (SDA) é caracterizada pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma coleção de fenômenos relacionados ao comportamento, cognição e à fisiologia resultantes pelo frequente uso de álcool (OMS, 2018).

Através de um estudo feito pela Organização Pan-Americana de Saúde/Organização Mundial de Saúde (OPAS/OMS) em 2021, foi constatado que só nas américas, entre 2013 e 2015, o etanol foi o causador de cerca de 85 mil mortes por ano. Os óbitos em sua maioria foram causados por doenças hepáticas (63,9%), sendo o Brasil o segundo país das américas a apresentar o maior índice de morte por consumo de álcool (24,8%) (OMS/OPAS, 2020, OMS, 2018).

A dependência de álcool é vista como uma doença crônica que depende de diversos fatores para o seu desenvolvimento, como a frequência e quantidade do consumo de etanol, o estado de saúde, predisposição genética, aspectos sociais, psicológicos e econômicos. (ROUQUAYROL; FILHO, 2003, GIGLIOTTI; BESSA, 2004). São descritas quatro fases do alcoolismo sendo as duas primeiras fases sociais, nas quais o indivíduo bebe socialmente, apresenta uma dependência emocional e tolerância sendo moderadamente maior na segunda fase, porém não revela distúrbios físicos, enquanto que nas fases três e quatro (fases problemáticas) reconhecidas por dependências física e emocional, além da abstinência e complicações nas relações, porém na quarta fase também desenvolve disfunções neurológicas e intensificação dos demais problemas físicos e psíquicos (PRÔA, 2002, CARNEIRO *et al.*, 2005).

Dessa forma, alcoolismo é apontado como uma doença primária, já que o etilista pode desenvolver diversos problemas de saúde como hepatite, cirrose hepática, lesões cerebrais, câncer, causando danos aos órgãos e sistemas, além de prejuízos consequentes no âmbito profissional e social (MARTINS, 2013).

Evidências também apontam que o uso indiscriminado de álcool tem relação com

muitas causas de morte, desde acidentes de trânsito e comportamentos agressivos a distúrbios de saúde. Tanto que já foram constadas mais de 200 doenças e lesões causadas pelo álcool (GARCIA *et al.*, 2015, OPAS, 2020). Com isso, o consumo nocivo do etanol é considerado o motivador de uma grande quantidade de doenças que resultam também em problemas econômicos (MELO *et al.*, 2017).

4 | EFEITOS DO CONSUMO DE ÁLCOOL DURANTE A GESTAÇÃO E LACTAÇÃO

O aumento do consumo de álcool por mulheres pode estar associado a algumas questões mencionadas pela literatura, como as mudanças de comportamento no âmbito social, a entrada no mercado de trabalho e na vida política. Anteriormente o alcoolismo feminino era apontado com a maior incidência entre as mulheres de meia idade, o chamado “ninho vazio”. Contudo, pesquisas mais atuais revelam que o uso de bebidas alcoólicas por mulheres tem seu início mais precoce, entre 18-25 anos (OLIVEIRA; SANTOS, 2007, PEREIRA, 2012).

Mesmo que o índice masculino para o consumo de álcool ainda seja maior que o feminino, as mulheres estão, cada vez mais, fazendo uso de drogas tanto lícitas quanto ilícitas. E esse aumento de etilistas femininas é preocupante, visto que elas são, da perspectiva biológica, metabolicamente menos tolerantes ao etanol, em consequência de alguns fatores como o peso e menor quantidade de água presente no corpo, maior taxa de gordura, o que está associado a uma menor quantidade de enzimas responsáveis pelo metabolismo do álcool (NOVAES *et al.*, 2000, OLIVEIRA *et al.*, 2012).

E por esta razão, as mulheres são consideradas mais vulneráveis aos danos causados pelo etanol, com o conseqüente desenvolvimento de problemas de saúde, como doenças cardiovasculares e hepáticas, osteoporose, câncer de mama, distúrbios psiquiátricos, e risco de morte, tudo isso mesmo fazendo uso da droga por um menor período de tempo (PEREIRA, 2012).

Esse consumo de álcool por mulheres se torna ainda mais delicado quando ocorre durante o período gestacional, já que este é um processo de muitas mudanças fisiológicas e que é necessário cuidado dobrado com a mãe e o feto, posto que a saúde da gestante tem grande influência sobre o desenvolvimento do organismo fetal e na saúde do recém-nascido por tempo duradouro. Isso tem relação com a alimentação materna, o uso de medicamentos e o consumo de drogas como o álcool (MOIMAZ *et al.*, 2006, GARDINER *et al.*, 2008).

Pesquisas relatam que nenhuma quantidade de etanol é apontada como segura para ingestão durante a gestação e que os distúrbios conseqüentes desse consumo podem ocorrer até mesmo antes da descoberta da gravidez. Visto que, muitas mulheres não descobrem que estão grávidas até 4 ou 6 semanas. Além disso, até o sistema imunológico

materno apresenta sua atividade reduzida para que não haja rejeição ao feto, e isso deixa a gestante mais propensa ao desencadeamento de infecções (EDWARDS; WERLER, 2006, GRINFELD, 2011).

Em âmbito global, a prevalência de consumo de álcool durante o período gestacional entre a população em geral é de 9,8%, enquanto que só nas Américas esse índice foi de 11,2% em 2019. Em consequência disso, temos as taxas de transtornos causados pelo etanol em mulheres grávidas mais elevadas que em outros continentes (OPAS, 2019).

Essa exposição intrauterina ao álcool pode provocar diversos efeitos deletérios ao feto ou embrião, os quais são agrupados e conhecidos como DEAF, e compreendem mudanças psíquicas, físicas, comportamentais e cognitivas. Atualmente não existe cura para essa desordem, e são consideradas danos congênitos irreversíveis, a única forma de evitá-los é a dispensa do consumo de etanol durante o período gestacional e até mesmo pouco antes da concepção (BERTRAND *et al.*, 2005., FLOYD *et al.*, 2005, DEJONG *et al.*, 2019).

De acordo com as informações dos Centros de Controle e Prevenção de Doenças (Centers for Disease Control and Prevention – CDC) os diferentes diagnósticos de DEAF são embasados em sintomas específicos e incluem as Desordens de Neuro-desenvolvimento Relacionadas ao Álcool (ARND), Defeitos de Congênitos Relacionados ao Álcool (ARBD), a Síndrome Alcoólica Fetal (SAF) e o Transtorno Neurocomportamental Associado à Exposição Pré- Natal ao Álcool (ND-PAE), este último foi incluído pela primeira vez como uma condição reconhecida no Manual Diagnóstico e Estatístico 5 (DSM 5) da American Psychiatric Association (APA) em 2013 (CDC, 2019).

Além disso, de acordo com alguns autores os efeitos teratogênicos identificados em crianças expostas ao etanol também podem ser organizados em cinco classes: limitações do crescimento, deformidades faciais, alterações comportamentais, defeitos congênitos e alterações de desenvolvimento do sistema nervoso central (SNC) (THACKRAY; TIFFT, 2001).

Segundo Goodlett; Horn (2001), o álcool pode provocar esses efeitos diretamente, quando atua sobre o tecido do feto, e indiretamente, ao prejudicar o suporte materno que é fornecido ao feto em desenvolvimento. Fazem parte desses meios indiretos os danos que o álcool pode causar a fisiologia materna, como a desnutrição, e a diminuição da capacidade da placenta em proporcionar os nutrientes necessários para o crescimento saudável do feto.

O álcool quando consumido durante a gestação pode alcançar níveis no sangue do feto próximos aos da mãe, já que consegue facilmente chegar aos tecidos fetais, por que a barreira placentária é completamente permeável a este elemento e favorece a sua difusão através do fluxo sanguíneo placentário em razão da diferença de concentração. O feto ainda não possui a capacidade de metabolizar o etanol, devido à ausência da enzima ADH (Álcool Desidrogenase), e esse processo fica sob responsabilidade apenas

do metabolismo materno, o que faz a alcoolemia fetal permanecer elevada por mais tempo, pois os níveis só diminuem quando é possível a difusão no sentido inverso. Assim são provocados os diversos impactos nas proles de mães que fizeram uso de álcool, os quais são considerados os mais trágicos proveniente do alcoolismo (THACKRAY; TIFFT, 2001, MELLO *et al.*, 2001, MESQUITA; SEGRE 2009).

De acordo com Burd *et al.* (2007) o álcool também provoca a vasoconstrição da placenta e do cordão umbilical, dificultando o fluxo do sangue, o que corrobora no aumento do tempo de exposição do feto, e para que o álcool seja eliminado por completo do líquido amniótico pode durar cerca de três horas.

Os indivíduos que apresentam ARND podem possuir deficiências intelectuais, distúrbios de comportamento, de aprendizagem, dificuldades em controlar impulsos, manter a atenção e em memorizar. As crianças com essas características, não necessariamente apresentarão problemas estruturais de desenvolvimento, tanto que a ARND pode ser diagnosticada em crianças que apresentam crescimento e aparência física considerados normais (CDC, 2019).

Em contrapartida, crianças com ARBD vão apresentar alterações físicas, como anomalias faciais, além de problemas no coração, rins, ossos, na audição e nos olhos, podendo haver combinações entre essas alterações. Nessas complicações estão incluídos defeitos nas vertebrae, rins em ferradura, perda auditiva neurosensorial, estrabismo, hipoplasia facial, entre muitas outras que são identificadas para diagnóstico. Já a criança com ND-PAE apresenta problemas em três áreas: pensamento e memória, comportamento e atividades do cotidiano, para o diagnóstico a mãe precisa ter ingerido níveis de álcool maiores que os considerados mínimos (CDC, 2019).

A SAF é considerada a mais grave das desordens consequentes da exposição do feto ao álcool. Mundialmente, a prevalência dessa síndrome é de 0,5-2 casos a cada 1000 nascidos com vida, além disso aumenta a probabilidade de ocorrer a síndrome da morte súbita fetal em 3 a 7 vezes contribuindo para o aumento dos índices de mortalidade infantil. A SAF apresenta três classes primárias: restrição de crescimento pré e pós-natal, alterações faciais, indícios de alterações e funcionais do SNC. Como são características que podem ser encontradas e confundidas com outras doenças, é necessário para o diagnóstico o conhecimento sobre o consumo de álcool durante a gestação e a manifestação de particularidades das três categorias (GRINFELD, 2011, TACON *et al.* 2017, CDC, 2019).

Algumas evidências também apontam que o álcool chega ao leite, o que, em pequenas quantidades, tem a possibilidade de não modificar suas propriedades, porém pode causar efeitos danosos à criança. Outros pesquisadores apontam que o etanol chega em grandes quantidades, alterando a composição do leite e causando efeitos deletérios ao recém-nascido, afetando os sistemas imunológico e nervoso (LISTON, 1998, BURGOS *et al.*, 2002).

5 | EFEITOS DO ÁLCOOL SOBRE O TIMO E BAÇO

Timo e baço são órgãos que sofrem efeitos danosos causados pelo consumo crônico de álcool, um deles é a evidente perda de células linfoides. Como o sistema imunológico sofre diversas alterações provocadas pelo etanol, isso leva a uma maior suscetibilidade de etilistas a doenças infecciosas e tumores (SAAD; JERRELS, 1991). Além disso, como a formação do timo e baço começa durante o período embrionário e fetal, a interferência na proliferação de linfócitos nos órgãos linfoides primários por algum fator bloqueador, como a exposição ao etanol, pode reduzir a quantidade dessas células no baço (VEIGA *et al.*, 2007).

A imunidade celular e humoral é prejudicada pela ingestão de álcool, uma vez que o etanol causa a inibição de citocinas IL-6 e IL-8 e a perda de atuação das células NK (Natural Killer). A interleucina 6 tem como função induzir a diferenciação de linfócitos B e ativar linfócitos T, já a interleucina 8 possui atividade quimiotática para ativação principalmente de neutrófilos (MANSO, 1997).

Quando o álcool é consumido em níveis elevados, pode causar o aumento na produção de citocinas inflamatórias, e impossibilita ativação de moléculas responsáveis pela coestimulação de linfócitos, assim suprime a proliferação das células T CD4+, que tem como função auxiliar no combate contra bactérias, fungos e vírus, podendo se diferenciar e secretar outras citocinas regulando tanto a imunidade inata quanto a adquirida (PASCUAL *et al.*, 2011).

As citocinas TNF- α , IL-1 β e IL-6 também se apresentam significativamente elevadas no feto e mães que consomem álcool cronicamente durante o período gestacional (AHLUWALIA *et al.*, 2000). Tudo isso faz o etanol ser considerado imunomodulador, de forma que é capaz de mediar respostas inunes e inflamatórias (SOUZA *et al.*, 2015).

Outras células do sistema imunológico que também podem sofrer danos com o consumo de álcool são os macrófagos, apresentando a atividade fagocitária prejudicada, além de impulsionar a apoptose dessas células e de timócitos, comprometendo o sistema fagocitário mononuclear (SINGHAL *et al.*, 1999; SOUZA *et al.*, 2015). O índice de produção e renovação de linfócitos no baço e timo são afetados com a ingestão excessiva de etanol, tanto as células B que são precursoras das células plasmáticas que produzem grandes quantidades de anticorpos específicos, quanto as células T que amadurecem e se diferenciam no timo e possuem uma função central na resposta contra patógenos (DUNNE, 1989).

Alguns estudos indicam que a exposição intrauterina ao álcool motiva a atrofia do timo ainda durante o desenvolvimento do feto no útero, essa degeneração precoce do órgão sugere que o consumo de etanol por gestantes não só prejudica a imunidade materna, mas também se torna prejudicial ao desenvolvimento do sistema imune fetal (WANG; SPITZER, 1997, VEIGA *et al.*, 2007).

O álcool é o causador de anormalidades na atividade e estrutura de diversas células que fazem parte da imunidade, isso é possível devido a produção de radicais livres que são liberados durante a metabolização do etanol, esses elementos reativos provocam peroxidação das moléculas biológicas, imunossupressão e cânceres. Além disso, os efeitos sobre as citocinas são uma consequência que podem ser causados diretamente nas células secretoras alterando a transdução de sinais e comprometendo a bicamada lipídica das membranas celulares; também podem ser indiretos ao afetar fatores, como a prostaglandina, que regulam a produção de citocinas e provocar danos em tecidos que liberam citocinas (MARTINEZ *et al.*, 1992, WATSON *et al.*, 1994).

6 | CONCLUSÃO

Sendo assim, é possível concluir que o consumo crônico de álcool durante o período gestacional prejudica não só a saúde da mãe, mas também interfere seriamente no desenvolvimento fetal e embrionário. Afetando o desempenho de diversas células e prejudicando o sistema imunológico como um todo, e ainda propicia a aquisição de infecções e lesões. À vista disso, torna-se de estrita importância a produção de trabalhos científicos e a divulgação de informações sobre os riscos da ingestão de etanol por gestantes.

REFERÊNCIAS

AHLUWALIA, B.; WESLEY, B.; ADEYIGA, O.; SMITH, D. M.; DA-SILVA, A.; RAJGURU, S. **Alcohol modulates cytokine secretion and synthesis in human fetus: an in vivo and in vitro study.** *Alcohol.*, v. 21, n. 3, p. 207-13, 2000. DOI: 10.1016/s0741-8329(00)00076-8.

BAPTISTA, F. H.; ROCHA, K. B. B.; MARTINELLI, J. L.; AVÓ, L. R. S.; FERREIRA, R. A.; GERMANO, C. M. R.; MELO, D. G. **Prevalência e fatores associados ao consumo de álcool durante a gravidez.** *Rev. Bras. Saude Mater. Infant.*, v. 17, n. 2, 2017. DOI: 10.1590/1806-93042017000200004

BERTRAND, J.; FLOYD, R. L.; WEBER, M. K. **Guidelines for identifying and referring persons with fetal alcohol syndrome.** *MMWR Recomm Rep.*, v. 54, n.11, p. 1-12, 2005. PMID: 16251866

BURD, L.; ROBERTS, D.; OLSON, M.; ODENDAAL, H. **Ethanol and the placenta: A review.** *The Journal Of Maternal-fetal And Neonatal Medicine, Stellenbosch*, v. 20, n. 5, p.361-375, 2007. DOI: 10.1080/14767050701298365

BURGOS, M. G. P. A.; MEDEIROS, M. C.; BION, F. M.; PESSOA, D. C. N. P. **Efeitos de bebidas alcóolicas em mães lactantes e suas repercussões na prole.** *Rev. Bras. Saúde Matern. Infant.*, v. 2, n. 2, p.129-135, 2002. DOI: 10.1590/S1519-38292002000200005

CARNEIRO, F. V. P.; JORGE, M. S. B.; BATISTA, F. L. R. **O alcoolismo e suas consequências: aspectos físicos e psíquicos.** *Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste, Fortaleza*, v. 6, n. 1, p.54-61, 2005. DOI: 10.15253

CDC (Centers for Disease Control and Prevention). **Distúrbios fetais do espectro do álcool (FASDs).** 2019.

CHAUDHURI, J. D. **Alcohol and the developing fetus - a review.** Med Sci Monit., v. 6, n. 5, p.1031-41, 2000. PMID: 11208451.

COSTA, D. O.; NETO, P. F. V.; FERREIRA, L. N.; COQUEIRO, R. S.; CASOTTI, C. A. **Consumo de álcool e tabaco por gestantes assistidas na estratégia de saúde da família.** Revista Eletrônica Gestão & Saúde, v. 5, n. 3, p. 934-48, 2014.

DEJONG, K.; OLYAEI, A.; LO, J. O. **Uso de Álcool na Gravidez.** Clin Obstet Gynecol., v. 62, n. 1, p.142-155, 2019. DOI: 10.1097/GRF.0000000000000414.

DUNNE, F. J. **Álcool e o sistema imunológico.** BMJ, v. 298, n. 6673, p. 543–544, 1989. DOI:10.1136/bmj.298.6673.543

EDWARDS, E. M.; WERLER, M. M. **Alcohol consumption and time to recognition of pregnancy.** Matern Child Health J., v. 10, n. 6, p. 467-72, 2006. DOI: 10.1007/s10995-006-0083-1.

FERRAGUTI, G.; PASCALE, E.; LUCARELLI, M. **Dependência de Álcool: Uma Perspectiva da Biologia Molecular.** Química Medicinal Atual, v. 22, ed. 6, p. 670-684, 2015. DOI: 10.2174/0929867321666141229103158

FLOYD, R. L.; O'CONNOR, M. J.; SOKOL, R. J.; BERTRAND, J.; CORDERO, J. F. **Recognition and prevention of fetal alcohol syndrome.** Obstet Gynecol., v. 106, n. 5, p. 1059-64, 2005. DOI: 10.1097/01.AOG.0000181822.91205.6f.

FREIRE, T. M.; MACHADO, J. C.; MELO, E. V.; MELO, D. G. **Efeitos do consumo de bebida alcoólica sobre o feto.** Rev. Bras. Ginecol. Obstet., v. 27, n. 7, 2005. DOI: 10.1590/S0100-72032005000700002

GARCIA, L. P.; FREITAS, L. R. S.; GAWRYSZEWSKI, V. P.; DUARTE, E. C. **Uso de álcool como causa necessária de morte no Brasil, 2010 a 2012.** Rev Panam Salud Publica, v. 38, n. 5, p. 418-24, 2015.

GARDINER, P. M.; NELSON, L.; SHELLHAAS, C. S.; DUNLOP, A. L.; LONG, R.; ANDRIST, S.; JACK, B. W. **The clinical content of preconception care: nutrition and dietary supplements.** Am J Obstet Gynecol, v. 199, n. 6, p. 345-56, 2008. DOI: 10.1016/j.ajog.2008.10.049.

GIGLIOTTI, A.; BESSA, M. A. **Síndrome de Dependência do Álcool: critérios diagnósticos.** Rev Bras Psiquiatria, Curitiba, v. 26, n. 1, p.11-13, 2004. DOI: 10.1590/S1516-44462004000500004

GOODLETT, C. R.; HORN, K. H. **Mechanisms of alcohol-induced damage to the developing nervous system.** Alcohol Res Health., v. 25, n. 3, p. 175-84, 2001. PMID: 11810955

GRINFELD, H. **Consumo nocivo do álcool durante gravidez.** Rev. São Paulo, 2011.

HENDRIKS, H. F. J. **Alcohol and Human Health: What Is the Evidence?** Annual Review of Food Science and Technology, v. 11, n.1, p.1–21, 2020. DOI:10.1146/annurev-food-032519-051827

KYPRI, K.; MCCAMBRIDGE, J. **O álcool deve ser reconhecido como uma droga.** The BMJ, v. 362, 2018. DOI:10.1136/bmj.k3944

LISTON, J. **Breastfeeding and the use of recreational drugs-alcohol, caffeine, nicotine and marijuana.** *Breastfeed Rev.*, v. 6, n. 2, p. 27-30, 1998. PMID: 9849117.

MANSO, C. F. **Álcool e radicais livres.** *Acta médica portuguesa*, v. 10, n. 4, p. 809-817, 1997.

MARTINEZ, F.; ABRIL, E. R.; EARNEST, D. L.; WATSON, R. R. **Ethanol and cytokine secretion.** *Alcohol.*, v. 9, n. 6, p. 455-8, 1992. DOI: 10.1016/0741-8329(92)90080-t

MARTINS, O. A. **Efeito do consumo de bebidas alcoólicas no organismo – uma revisão.** *Revista Eletrônica de Educação e Ciência (REEC)*, v. 3, n. 2, p. 7-10, 2013.

MELLO, M. L. M.; BARRIAS, J. C.; LISBOA, J. J. B. **Álcool e Problemas Ligados ao Álcool em Portugal.** *Direcção-Geral da Saúde*, ed. 45, p. 120, 2001.

MELO, A. P. S.; FRANÇA, E. B.; MALTA, D. C.; GARCIA, L. P.; MOONEY, M.; NAGHAVI, M. **Mortalidade por cirrose, câncer hepático e transtornos devidos ao uso de álcool: Carga Global de Doenças no Brasil, 1990 e 2015.** *Rev Bras Epidemiol*, v. 1, p. 61-74, 2017. DOI: 10.1590/1980-5497201700050006

MENDES, M. C.; CUNHA, J. R. F.; ANTÔNIO ALBERTO NOGUEIRA, A. A. **A mulher e o uso de álcool.** *Rev Bras Ginecol Obstet.*, v. 33, n. 11, p. 323-7, 2011. DOI: 10.1590/S0100-72032011001100001

MESQUITA, M. A.; SEGRE, C. A. M. **Frequência dos efeitos do álcool no feto e padrão de consumo de bebidas alcoólicas pelas gestantes de maternidade pública da cidade de São Paulo.** *Rev Bras Crescimento Desenvolvimento Hum.*, São Paulo, v. 1, n. 19, p.63-77, 2009. DOI: 10.7322/jhgd.19903.

MORAES, C. L.; REICHENHEIM, M. E. **Rastreamento de uso de álcool por gestantes de serviços públicos de saúde do Rio de Janeiro.** *Rev Saude Publica*, v. 41, n. 5, p. 695-703, 2007. DOI: 10.1590/s0034-89102007000500002.

MOIMAZ, S. A. S.; SALIBA, N. A.; ZINA, L. G. **Condição periodontal durante a gestação em um grupo de mulheres brasileiras.** *Cienc Odontol Bras*, v. 9, n. 4, p.59-66, 2006. DOI: 10.14295/bds.2006.v9i4.458

NOVAES, C.; MELO, N. R.; BRONSTEIN, M. D.; ZILBERMAN, M. L. **Impacto do alcoolismo em mulheres: repercussões clínicas.** *Revista de Psiquiatria Clínica*, v. 27, n. 1, 2000. ID: lil-267796.

OLIVEIRA, J. F. P.; SANTOS, M. **Vulnerabilidade de mulheres usuárias de drogas ao HIV/AIDS em uma perspectiva de gênero.** *Escola Anna Nery Revista de Enfermagem*, v. 11, n. 4, 2007. DOI: 10.1590/S1414-81452007000400011

OLIVEIRA, G. C.; DELL'AGNOLO, C. M.; BALLANI, T. S. L.; CARVALHO, M. D. B.; PELLOSO, S. M. **Consumo Abusivo de Álcool Em Mulheres.** *Rev Gaúcha Enferm*, v. 33, n. 2, p.60-68, 2012. DOI: 10.1590/S1983-14472012000200010

OMS. **Global status report on alcohol and health 2018.** Geneva: World Health Organization, p. 478, 2018.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). Washington D.C., 2019.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). Washington D.C., 2020.

PASCUAL, M.; FERNÁNDEZ-LIZARBE, S.; GUERRI, C. **Role of TLR4 in ethanol effects on innate and adaptive immune responses in peritoneal macrophages.** *Immunol Cell Biol.*, v. 89, n. 6, p. 716-27, 2011 DOI: 10.1038/icb.2010.163

PEREIRA, I. S. S. D. **Produção científica no Brasil sobre álcool e mulher: uma revisão bibliográfica.** *Serv. Soc. Rev.*, v. 14, n. 2, p. 236-251, 2012. DOI: 10.5433/1679-4842.2012v14n2p236

PRÔA, A. L. **Álcool: perigo no fundo do copo.** *Drogas: documento verdade*, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 26-29, 2002.

ROUQUAYROL, M. Z.; FILHO, N. **Epidemiologia e saúde.** MEDSI: Rio de Janeiro, ed. 6, p. 708, 2003.

SAAD, A. J.; JERRELLS, T. R. **Flow cytometric and immunohistochemical evaluation of ethanol-induced changes in splenic and thymic lymphoid cell populations.** *Alcohol Clin Exp Res.*, v. 15, n. 5, p. 796-803, 1991. DOI: 10.1111/j.1530-0277.1991.tb00603.x.

SILVA, T. P.; VIANA, J. S. B.; SILVA, A. P.; SILVA, B. H. F. P.; SILVA, G. M.; MORAES, L. A.; TAVARES, S. C.; FERREIRA, T. T. P.; FELICÍSSIMO, T. A.; MAGALHÃES, R. N.; GOMES, S. T. M. **Síndrome alcoólica fetal e consequências no neurodesenvolvimento infantil: uma revisão de literatura.** *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 5, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i5.28091.

SINGHAL, P. C.; REDDY, K.; DING, G.; KAPASI, A.; FRANKI, N.; RANJAN, R.; NWAOKOBY, I. E.; GIBBONS, N. **Ethanol-induced macrophage apoptosis: the role of TGF-beta.** *J Immunol.*, v. 162, n. 5, n. 3031-6, 1999. PMID: 10072555

SOUZA, E. G.; FRANÇA, E. L.; HONÓRIO-FRANÇA, A. C. **EFEITOS DELETÉRIOS DO ETANOL SOBRE O SISTEMA IMUNE: uma breve revisão.** *Revista Panorâmica On-Line.* v. 19, p. 56 - 69, 2015.

SZABO, G. **Consequences of alcohol consumption on host defence.** *Alcohol Alcohol.*, v. 34, n. 6, p. 830-41, 1999. DOI: 10.1093/alcalc/34.6.830.

TACON, F. S. A.; TACON, K. C. B.; AMARAL, W. N. **Alcohol and pregnancy: Influence on fetal morphology.** *Rev. Educ. Saúde*, v. 5, n. 1, p. 81-88, 2017. DOI: 10.29237/2358-9868.2017v5i1.p81-88

THACKRAY, H.; TIFFT, C. **Fetal alcohol syndrome.** *Pediatr Rev.*, v. 22, n. 2, p. 47-55, 2001. DOI: 10.1542/pir.22-2-47.

VEIGA, R. K. A.; MELO-JÚNIOR, M. R.; ARAÚJO-FILHO, J. L. S.; MELLO, L. A.; PONTES-FILHO, N. T. **Alterações morfométricas no timo, baço e placas de peyer durante a exposição pré e pós-natal ao álcool.** *Revista eletrônica de farmácia*, v. 4, n. 1, p. 32-42, 2007. DOI: 10.5216/ref.v4i1.2119

VIGITEL BRASIL. **Vigilância de fatores de risco e proteção para doenças crônicas por inquérito telefônico.** Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, 2019.

WANG, J. F.; SPITZER, J. J. **Alcohol-induced thymocyte apoptosis is accompanied by impaired mitochondrial function.** *Alcohol.* v. 14, n. 1, p. 99-105, 1997. DOI: 10.1016/S0741-8329(97)86148-4

WATSON, R. R.; BORGS, P.; WITTE, M.; McCUSKEY, R. S.; LANTZ, C.; JOHNSON, M. I.; MUFTI, S. I.; EARNEST, D. L. **Alcohol, immunomodulation, and disease.** *Alcohol and Alcoholism*, v. 29, n. 2, p. 131–139, 1994. DOI: 10.1093/oxfordjournals.alcalc.a045499

ZANOTI-JERONYMO, D. V.; NICOLAU, J. F.; BOTTI, M. L.; SOARES, L. G. **Repercussões do consumo de álcool na gestação – estudo dos efeitos no feto.** *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*, v.6, n.3, p.40-46, 2014.

CAPÍTULO 6

EFICIÊNCIA DE BIOPOLÍMEROS NA CONSERVAÇÃO DE CÉLULAS DE RIZOBACTÉRIAS

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 24/05/2022

Manuella Costa Sousa

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/0256046793020150>

Lillian França Borges Chagas

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/6412767227344500>

Kellen Ângela Oliveira de Sousa

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi -TO
<http://lattes.cnpq.br/5604850625107241>

Celso Afonso Lima

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/0782819751659217>

Ana Licia Leão Ferreira

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/8744647007023408>

Milena Barreira Lopes

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/7450218592360093>

Dalilla Moreira de Oliveira Moura

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/1195107964910353>

Pablo Timoteo da Silva

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.bb/2712490778390595>

Letícia Bezerra de Almeida

Universidade Federal do Tocantins UFT
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.bb/5227908102713736>

Aloísio Freitas Chagas Junior

Universidade Federal do Tocantins
Gurupi – TO
<http://lattes.cnpq.br/9286795171322846>

RESUMO: A soja (*Glycine max*) é uma das leguminosas mais importantes do mundo, desempenhando um papel significativo na fixação biológica de nitrogênio através das rizobactérias. Tais microrganismos que atuam no sistema radicular da planta são inoculados por produtos biológicos, os quais devem conter células viáveis. A viabilidade dos inoculantes é um desafio no mercado, e biopolímeros vem sendo estudados na conservação de microrganismos. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da adição dos biopolímeros goma xanata e carboximetilcelulose na preservação de células de *Bradyrhizobium elkanii*, *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Azospirillum* sp., e *Pseudomonas fluorescens*, na inoculação de sementes de soja. Os inoculantes foram produzidos e armazenados com a adição dos biopolímeros. A inoculação das sementes de soja foi realizada com 0, 90, e 210 dias de armazenamento do inoculante, e semeadas em

vasos de 1 L. Após 50 dias da emergência foram avaliados os parâmetros fisiológicos como condutância estomática ($g_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de assimilação de CO_2 ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa de transpiração ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), e os parâmetros morfológicos como altura de planta (ALT), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), número de nódulos (NNo), massa fresca dos nódulos (MFNo), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), e massa seca dos nódulos (MSNo). Foi possível verificar a eficiência da utilização dos biopolímeros na preservação das células dos microrganismos testados em 210 dias de armazenamento através das respostas obtidas no incremento de biomassa vegetal aérea e radicular, resultante da nodulação mais eficiente no inoculante com biopolímero.

PALAVRAS-CHAVE: Inoculante, Conservante, *Glycine max*.

EFFICIENCY OF BIOPOLYMERS IN THE CONSERVATION OF RIZOBACTERIA CELLS

ABSTRACT: Soy (*Glycine max*) is one of the most important legumes in the world, playing a significant role in biological nitrogen correction through rhizobacteria. Such microorganisms that act on the plant's root system are inoculated by biological products, which must contain viable cells. The viability of inoculants is a challenge in the market, and biopolymers have been studied in the conservation of microorganisms. Thus, the present study aimed to evaluate the influence of the addition of the xanatan gum and carboxymethylcellulose biopolymers on the preservation of cells of *Bradyrhizobium elkanii*, *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Azospirillum* sp., and *Pseudomonas fluorescens*, in the inoculation of soybean seeds. The inoculants were produced and stored with the addition of biopolymers. The inoculation of the soybean seeds was carried out with 0, 90, and 210 days of storage of the inoculant, and sown in 1 L. pots. After 50 days of emergence, physiological parameters were evaluated, such as stomatal conductance ($g_s - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), CO_2 assimilation rate ($A - \mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), sweating rate ($E - \text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), and morphological parameters such as plant height (HGT), aerial part fresh weight (APFW), fresh root weight (FRW), number of nodules (NNo), fresh mass of nodules (FMNo), aerial part dry mass (APDM), root dry mass (MSR), and nodule dry mass (DMNo). It was possible to verify the efficiency of the use of biopolymers in the preservation of the cells of the microorganisms tested in 210 days of storage through the responses obtained in the increase of aerial and root plant biomass, in addition to the more efficient nodulation in the inoculant with biopolymer.

KEYWORDS: Inoculant. Preservative. *Glycine max*.

1 | INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L.) é uma das leguminosas mais importantes do mundo, sendo que o Brasil está entre os cinco principais produtores, dos quais juntos representam 90% da produtividade. Além disso ela desempenha um papel significativo na agricultura sustentável e na economia devido sua capacidade de fixação de nitrogênio aliada a rizobactérias, as quais promovem a simbiose entre a planta e diversos microrganismos como *Bradyrhizobium* sp., *Bacillus* sp., *Azospirillum* sp. e *Pseudomonas* sp. (ZHAO et al., 2018; PAWAR et al.,

2018).

A utilização de bactérias promotoras de crescimento em plantas (BPCP) é uma maneira de reduzir o uso de fertilizantes químicos, visto que esses microrganismos têm a capacidade de colonizar o sistema radicular das plantas e melhorar seu desempenho (BERENDSEN et al., 2012; NEHRA et al., 2016).

Inoculantes tem a necessidade de utilizar algum método que mantenha a viabilidade celular durante longos períodos, e segundo Berninger et al. (2018), vários métodos podem ser utilizados, como por exemplo a adição de substâncias protetoras como trealose, goma arábica, carboximetilcelulose, alginato, goma xantana, entre outros. A utilização de exopolissacarídeos na formulação de inoculantes vem sendo testada devido sua capacidade de proteger células rizobianas contra fatores de estresse como salinidade, dessecação e pH (QURASHI & SABRI, 2012; TEWARI & ARORA, 2014). Testes da combinação de BPCP com carboximetilcelulose em plântulas de sorgo já foram realizados e comprovados como promotores de crescimento de raízes e da parte aérea, além de melhorar o índice de germinação (WIDAWATI & SULIASIH, 2018).

Diversos protetores celulares vêm sendo testados, e Santhosh (2015) pode comprovar que inoculantes produzidos sem a adição de protetores não suportaram 150 dias armazenados, enquanto inoculantes produzidos com polivinilpirrolidona, polietilenoglicol e goma arábica conseguem manter suas células viáveis em até 180 dias.

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi verificar a eficiência da utilização dos biopolímeros carboximetilcelulose e goma xantana na manutenção e viabilidade das células de *Bradyrhizobium elkanii*, *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Azospirillum* sp. e *Pseudomonas fluorescens* durante 210 dias de prateleira utilizados na cultura da soja.

2 | METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, no período de março a dezembro de 2020. A região está localizada a 11°48'29" S, 48°56'39" W, 280 m de altitude, caracterizada como B1A'wa', clima úmido, megatérmico, com moderada deficiência de água no inverno (SOUZA et al., 2019).

Foram utilizados vasos com capacidade de 1,0 L, preenchidos como solo coletado em área de cultivo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de textura média (SANTOS et al., 2018), na profundidade de 0-20 cm, apresentando as seguintes características químicas: Ca 1,2 cmol dm⁻³; Mg 0,6 cmol dm⁻³; Al 0,0 cmol dm⁻³; H+Al 2,2 cmol dm⁻³; K 0,07 mg dm⁻³; M.O. 1,6 dag kg⁻¹; C.O. 0,9 dag kg⁻¹; CTC (T) 4,07 cmol dm⁻³, SB 1,87 cmol dm⁻³; pH 5,6. As características físicas encontradas foram: 60% de areia, 5% de silte, e 35% de argila. O solo não foi corrigido, e nem realizado adubação em nenhum momento durante o experimento a fim de avaliar o verdadeiro potencial dos inoculantes testados.

Foi utilizado no experimento o delineamento inteiramente casualizado, com três

tratamentos, e 5 repetições, sendo um tratamento o inoculante sem a adição de biopolímero, outro com adição de carboximetilcelulose e outro com adição de goma xantana. Os inoculantes foram produzidos no laboratório de Agromicrobiologia Aplicada e Biotecnologia, sendo que para os microrganismos *Bradyrhizobium elkanii*, *Bradyrhizobium diazoefficiens* e *Azospirillum* sp., foi utilizado o meio de cultura MS2 (16 mL L⁻¹ de melão de soja e 4,0 g L⁻¹ de extrato de levedura), e para *Pseudomonas fluorescens* foi utilizado o meio de cultura MS3 (5,0 g L⁻¹ de peptona, 5,0 g L⁻¹ de extrato de levedura, 3,0 g L⁻¹ de cloreto de sódio, 3,0 g L⁻¹ de sulfato de magnésio, 0,5 g L⁻¹ de sulfato de potássio, 16 mL L⁻¹ de melão de soja). Após a fermentação, foi realizado a adição dos conservantes, sendo 15 mL da solução conservante esterilizada (0,1 g do biopolímero em 100 mL de água destilada) em 150 mL de inóculo fermentado, e armazenado em tubos do tipo Falcon a 5 °C, durante 210 dias.

Os testes foram realizados a fim de avaliar a manutenção da viabilidade das células das rizobactérias com a utilização dos biopolímeros, e por isso foi realizado testes utilizando o inoculante produzido em três datas diferentes de armazenagem, sendo elas: 0, 90 e 210 dias.

A cultura utilizada foi soja, cultivar CZ 37D43 IPRO, e a inoculação das sementes ocorreu da seguinte forma: para o experimento com *Bradyrhizobium elkanii* e *Bradyrhizobium diazoefficiens*, foi utilizado 40 µL do inoculante produzido em 20 g de semente, diluindo em 1 mL de água destilada para realizar a inoculação de todas as sementes de maneira uniforme. Para o experimento com *Azospirillum* sp., primeiro foi realizada a inoculação das sementes da mesma forma, porém utilizando *Bradyrhizobium* comercial, e após a secagem fez-se a inoculação com o *Azospirillum* sp., utilizando 100 µL do inoculante. E para o experimento com *Pseudomonas fluorescens*, foi feito a inoculação com *Bradyrhizobium* comercial da mesma forma, e posterior inoculação com 100 µL *Pseudomonas fluorescens*.

Após inoculadas foram semeadas 5 sementes por vaso. A emergência ocorreu com 5 dias após a semeadura, e o desbaste com 12 dias após a emergência deixando apenas duas plantas por vaso para a avaliação.

As avaliações foram realizadas com 50 dias após a emergência (DAE), onde foram realizadas avaliações dos parâmetros fisiológicos e morfológicos das plantas de soja. As avaliações fisiológicas foram realizadas utilizando o sistema aberto de fotossíntese com analisador de CO₂ e vapor d'água por radiação infravermelha (*Infra Red Gas Analyzer* – IRGA, modelo LCiSD, ADC System®) nas folhas da planta que não apresentavam nenhuma injúria. A radiação fotossinteticamente ativa na superfície foliar (Qleaf) durante as análises foi em média de 1778,44 µmol fótons m⁻² s⁻¹, e a temperatura média foliar foi de 39 °C. Durante a avaliação foram realizadas 10 leituras em cada repetição para obtenção de dados mais precisos, e as variáveis fisiológicas analisadas foram condutância estomática (g_s - mol H₂O m⁻² s⁻¹), taxa de assimilação de CO₂ (A - µmol CO₂ m⁻² s⁻¹), taxa de transpiração (E - mmol H₂O m⁻² s⁻¹).

Já para as análises morfológicas da planta, foi realizada a avaliação da altura de

planta (ALT) com o auxílio de uma régua milimetrada, e em seguida as plantas foram lavadas em água corrente para separar o material desejado e posteriormente foi feita a quantificação da massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), número de nódulos (NNo) e massa fresca dos nódulos (MFNo), utilizando balança analítica (0,001 g). Em seguida colocou-se então as plantas em sacos de papel devidamente identificados e colocados em estufa de secagem a 65 °C por 72 horas, para então ser realizada a aferição da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), e massa seca dos nódulos (MSNo).

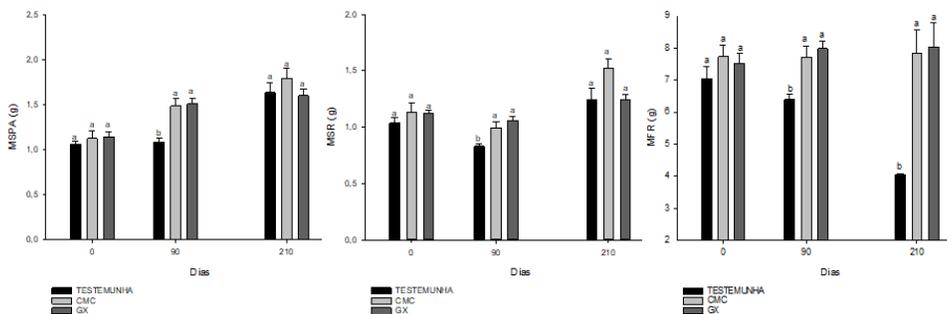
Os dados coletados foram submetidos à análise de variância e teste de médias (Tukey a 5% de significância). Em seguida, todo o conjunto de dados foram submetidos a análise multivariada utilizando a técnica de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*) (HAIR et al., 2009). Os autovetores foram utilizados para avaliar a importância de cada variável e tratamentos nos dois primeiros componentes, bem como a relação entre as variáveis, sendo que esses valores funcionaram como coeficientes de correlação (GOMES et al., 2004).

Todas as análises e gráficos foram realizados no software R versão 4.0 (TEAM, 2020), utilizando os pacotes MASS (RIPLEY et al., 2020), ExpDes.pt, FactoMineR (HUSSON et al., 2020), ggplot2 e no software SigmaPlot versão 14.0.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Bradyrhizobium elkanii

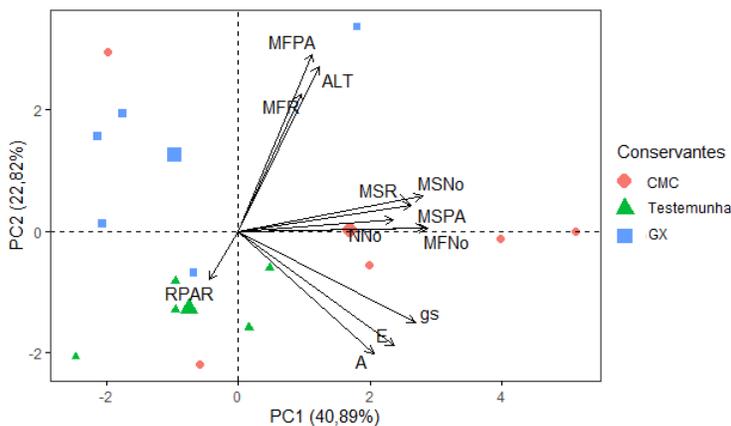
A inoculação das sementes de soja com *Bradyrhizobium elkanii* adicionado de polímeros se mostrou eficiente durante o período de armazenamento do inoculante (Figura 1) tanto para massa fresca como para massa seca. Nas figuras 1A e 1B, aos 90 dias, é possível observar como a utilização dos conservantes foram eficientes em manter a viabilidade das células de *Bradyrhizobium elkanii* que refletiu em uma melhor nodulação, devido a maior quantidade de células preservadas, conseqüentemente promovendo melhor desenvolvimento da planta, onde apresentou diferença tanto na massa seca da parte aérea (MSPA) quanto da raiz (MSR), e também apresentou diferença na massa fresca da raiz (MFR) (figura 1C) com 90 e 210 dias, indicando que a manutenção das células do microrganismo garantiu sua eficiência em formar maior biomassa de planta, principalmente no sistema radicular.



Médias seguidas de mesma letra minúscula, em cada tempo de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 1. Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), e massa fresca da raiz (MFR) de plantas de soja (*Glycine max*) inoculadas com *Bradyrhizobium elkanii*.

Na figura 2 está representado a análise de componentes principais, o qual realiza uma correlação entre todas as variáveis. Segundo Hair et al. (2009), o número adequado de componentes a ser utilizado deve ser representado pelo percentual mínimo de 80%, porém para obter este percentual seria necessário abordar mais de dois componentes principais, e isto dificultaria a interpretação dos resultados por utilizar mais de duas dimensões. Sendo assim, foi utilizado apenas o PC1 e PC2, com 63,71% da variação total, onde foi possível observar as inter-relações dos conservantes com o microrganismo através das respostas obtidas nas variáveis fisiológicas e morfológicas da planta.



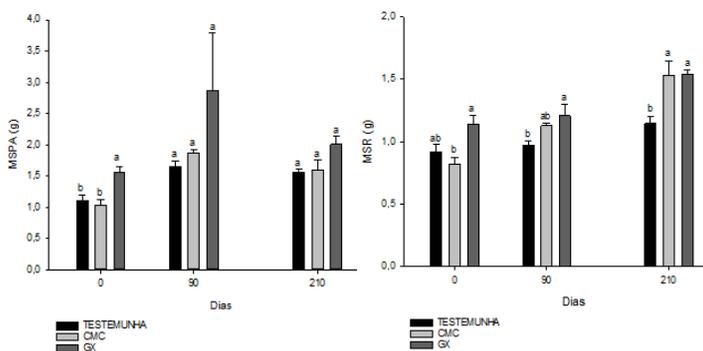
PC1: primeiro componente; PC2: segundo componente; ALT: altura de plantas; MFR: massa fresca da raiz; MSF: massa seca da raiz; MFPA: massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea; NN0; número de nódulos; MFNo: massa fresca dos nódulos; MSNo; massa seca dos nódulos; RPAR: relação da parte aérea com a raiz; E: taxa de transpiração; gs: condutância estomática; A: taxa de assimilação de CO_2 .

Figura 2. Biplot do primeiro e segundo componentes gerados a partir das variáveis resposta da soja (*Glycine max*) inoculada com *Bradyrhizobium elkanii* aos 210 dias de armazenamento com e sem a adição de biopolímero.

É visto que as variáveis mais sensíveis positivamente neste experimento foram: MSPA, MSR, NNo, MFNo, MSNo, as quais estão agrupadas mais próximas ao tratamento com carboximetilcelulose, afirmando a eficiência deste biopolímero na conservação das células após 210 dias. Ambos conservantes apresentaram distância euclidiana próximas sendo 2,76 para GX e 2,54 para CMC, estando opostos à testemunha, justificando seu desempenho na manutenção da qualidade do inoculante. Em relação às análises fisiológicas, todas as variáveis analisadas apresentaram-se próximas tanto da testemunha quanto do tratamento com carboximetilcelulose, sendo notável que a utilização de goma xantana pode ter afetado negativamente a manutenção do número células diminuindo a eficiência do microrganismo em promover a nodulação, explicando assim os resultados obtidos na morfologia, os quais estão diretamente relacionados com a menor eficiência fisiológica pela menor nodulação proporcionada a partir das células preservadas com goma xantana.

Bradyrhizobium diazoefficiens

Já para a inoculação da soja com *Bradyrhizobium diazoefficiens*, é possível observar que o tratamento com goma xantana foi superior aos demais apenas no tempo 0, e que para parte aérea a adição dos biopolímeros não apresentou diferença durante os 210 dias de armazenamento (Figura 3A). Em relação a raiz, é possível observar que em todos os períodos de avaliação, a utilização de biopolímero foi eficiente, sendo que no tempo 0 a utilização de goma xantana foi mais eficiente do que a carboximetilcelulose, porém com 90 dias esses biopolímeros obtiveram resultados semelhantes entre eles e superiores à testemunha, e com 210 dias do inoculante armazenado, a utilização do mesmo com o emprego dos biopolímeros se mostrou eficiente no desenvolvimento das raízes de soja devido a maior nodulação em relação à utilização do inoculante sem nenhum método de conservação das células bacterianas (figura 3B).

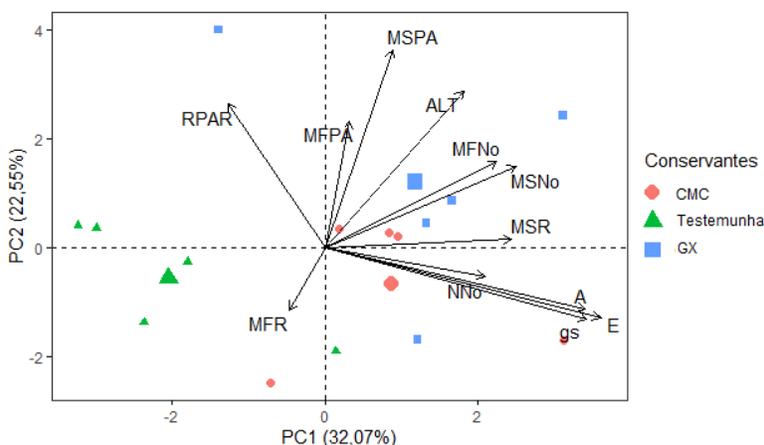


Médias seguidas de mesma letra minúscula, em cada tempo de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 3. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de soja (*Glycine Max*) inoculadas com *Bradyrhizobium diazoefficiens*.

Na análise de componentes principais para este experimento, também foi utilizado o PC1 e PC2, com 54,62% de variação total (Figura 4). Foi possível observar que os tratamentos com biopolímeros estão opostos à testemunha, justificando a influência da sua utilização com os bons resultados obtidos.

Nesta análise as plantas tiveram o metabolismo mais ativo quando inoculadas com o microrganismo preservado com carboximetilcelulose, devido atuar nas raízes produzindo os nódulos, o que gerou uma resposta fisiológica mais acentuada. Porém com relação à nodulação, apesar do tratamento com CMC ter produzido mais nódulos, o tratamento com goma xantana produziu nódulos maiores, visto que a massa fresca e seca foi maior, e isso promoveu melhores resultados no desenvolvimento da planta.



PC1: primeiro componente; PC2: segundo componente; ALT: altura de plantas; MFR: massa fresca da raiz; MSF: massa seca da raiz; MFPa: massa fresca da parte aérea; MSPa: massa seca da parte aérea; NNo; número de nódulos; MFNo: massa fresca dos nódulos; MSNo; massa seca dos nódulos; RPaR: relação da parte aérea com a raiz; E: taxa de transpiração; gs: condutância estomática; A: taxa de assimilação de CO₂.

Figura 4. Biplot do primeiro e segundo componentes gerados a partir das variáveis resposta da soja (*Glycine max*) inoculada com *Bradyrhizobium diazoefficiens* aos 210 dias de armazenamento com e sem a adição de biopolímero.

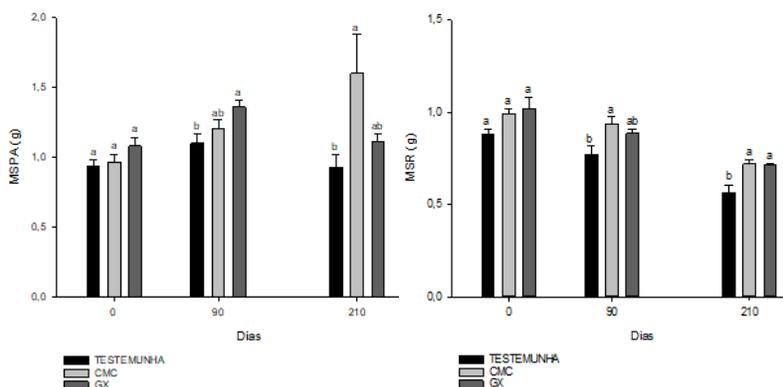
A distância euclidiana para CMC foi de 2,93, enquanto para GX foi de 3,68, sendo que as variáveis com maiores contribuições são as que estão representadas no primeiro quadrante, e as variáveis correlacionadas negativamente são as dispostas em sentidos opostos da origem da figura, mostrando que os dois tratamentos foram significativos em relação a testemunha, a qual está representada nos quadrantes opostos (negativo).

As espécies de *Bradyrhizobium* formam relações simbióticas com leguminosas, realizando a fixação de nitrogênio na parte radicular da planta pela formação de nódulos, e segundo Polenko et al. (1987) e Son et al. (2006) a co-inoculação pode aumentar em número e massa a nodulação, aumentando a disponibilidade de nutrientes para soja.

Com isso percebe-se como é relevante a utilização dos biopolímeros na conservação de inoculantes, uma vez que foram eficientes em aumentar número e massa de nódulos sem a necessidade de co-inoculação.

***Azospirillum* sp.**

Para a inoculação das sementes de soja com o *Azospirillum* sp., foi possível concluir que a utilização dos biopolímeros foi eficiente na manutenção e viabilidade das células, as quais conseguiram promover o desenvolvimento da planta devido aos efeitos benéficos da inoculação das sementes, que fez a planta desenvolver melhor sua parte aérea e radicular (Figura 5).



Médias seguidas de mesma letra minúscula, em cada tempo de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

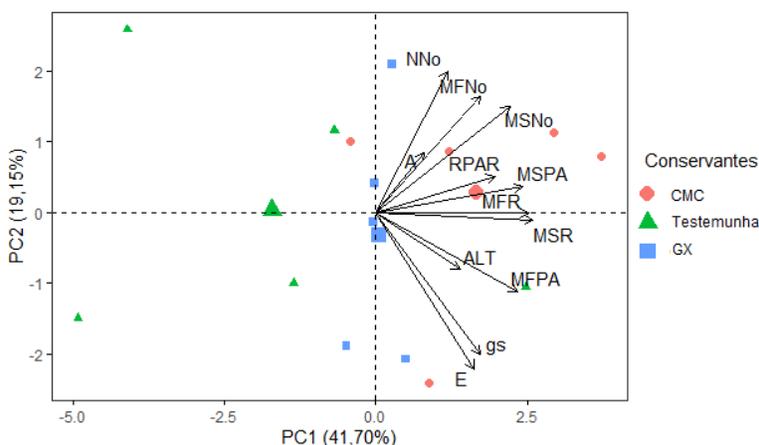
Figura 5. Massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de plantas de soja (*Glycine max*) inoculadas com *Azospirillum* sp.

Em relação à massa seca da parte aérea (Figura 5A), houve diferença estatística com 90 dias, onde a utilização do inoculante com o biopolímero goma xantana promoveu a manutenção de maior número de células, as quais foram mais eficientes em formar nódulos e conseqüentemente desenvolver a parte aérea; porém com 210 a quantidade de células diminuiu bastante, visto que a utilização de carboximetilcelulose conseguiu manter as células viáveis para nodulação da planta, que apresentou melhores resultados de massa seca em relação a testemunha. Já em relação à raiz (Figura 5B), os resultados também foram melhores quando utilizado o inoculante conservado com biopolímero, que em 90 dias foi melhor com a presença da carboximetilcelulose, e com 210 dias os dois biopolímeros apresentaram melhores resultados na manutenção da viabilidade das células de *Azospirillum* sp., em relação à testemunha, já que as plantas responderam de maneira positiva.

Dentre as bactérias promotoras de crescimento em plantas, o *Azospirillum* brasiliense

está entre as mais estudadas e utilizadas na lavoura devido sua capacidade de aumentar a produtividade, especialmente por atuar no incremento radicular das plantas através da absorção de água e minerais (FIBACH-PALDI et al., 2012).

Na análise de componentes principais para a utilização do *Azospirillum* sp., também foi utilizado o PC1 e PC2, com 60,85% de variação total (Figura 6). Foi possível observar que os tratamentos com biopolímeros também foram significativamente positivos em relação a testemunha, o que afirma a necessidade da utilização de biopolímeros para garantir o potencial do microrganismo de atuar no desenvolvimento da planta pelo seu desempenho na rizosfera.



PC1: primeiro componente; PC2: segundo componente; ALT: altura de plantas; MFR: massa fresca da raiz; MSF: massa seca da raiz; MFPA: massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea; NNo: número de nódulos; MFNo: massa fresca dos nódulos; MSNo: massa seca dos nódulos; RPAR: relação da parte aérea com a raiz; E: taxa de transpiração; gs: condutância estomática; A: taxa de assimilação de CO₂.

Figura 6. Biplot do primeiro e segundo componentes gerados a partir das variáveis resposta da soja (*Glycine max*) inoculada com *Azospirillum* sp. aos 210 dias de armazenamento com e sem a adição de biopolímero.

Na análise dos componentes principais da atuação dos biopolímeros na garantia de viabilidade do *Azospirillum* sp. foi possível perceber que houve influência significativa quando utilizados como conservantes, uma vez que a testemunha ficou totalmente oposta a todas as variáveis analisadas. A utilização dos biopolímeros influenciou positivamente a manutenção do microrganismo durante 210 dias, garantindo que ele obtivesse maior quantidade de células e melhor eficiência em promover o desenvolvimento da planta a partir da relação do *Azospirillum* sp. em consórcio com o *Bradyrhizobium* utilizado, proporcionando assim melhor nodulação. O tratamento com CMC apresentou maior distância euclidiana do controle, sendo de 3,39, enquanto para GX foi de 1,8; e os vetores que foram agrupados com maior proximidade do CMC são MSPA, MSR, MFR RPAR, e

MSNo, que são as variáveis de maior representatividade para identificação de diferença entre as plantas, garantindo que esse conservante tenha sido mais eficiente.

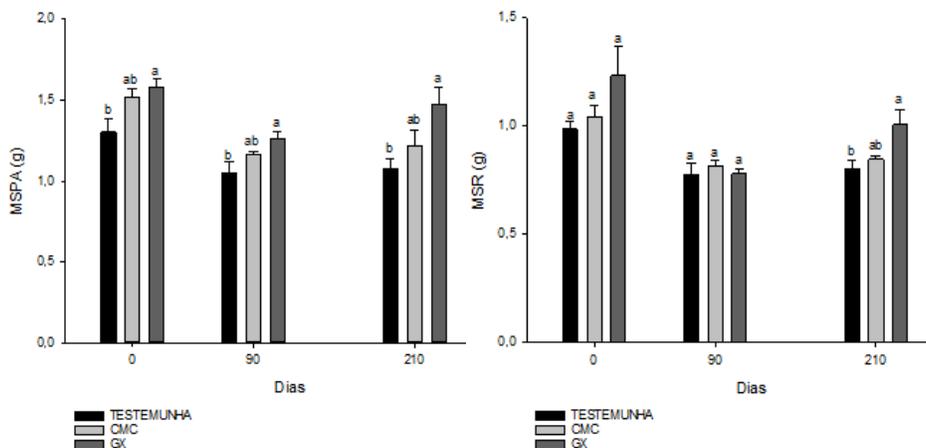
Foi avaliado por Bulegon et al. (2016), que a utilização de *Azospirillum brasiliense* estimula a nodulação da cultura da soja e aumenta a eficiência na utilização do carbono assimilado pela planta, e isto está de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, onde os biopolímeros conseguiram manter maior número de células de *Azospirillum* sp. em 210 dias de armazenamento, conseqüentemente melhor nodulação, e maior eficiência em produzir biomassa seca na planta, a qual é feita de carbono que foi melhor assimilado pela planta onde tinha maior número de bactérias presentes em sua rizosfera.

Em testes realizados por Gopal & Baby (2016), sobre a adição de produtos químicos na formulação líquida de *Azospirillum*, garantiram longos períodos de prateleira, mas foi observado que houve queda no número de UFC mL⁻¹ em todos os tratamentos, sendo que para a utilização de trealose obteve-se 6x10⁸ UFC mL⁻¹ em 7 meses de armazenamento, provavelmente devido a capacidade de retenção de água deste composto garantindo a resistência contra dessecação.

Além da utilização de conservantes para garantir a viabilidade do microrganismo, a baixa taxa de oxigenação durante o armazenamento está associada com a vida útil do *Azospirillum* sp., que segundo Carrasco-Espinosa et al. (2015), fermentações aeróbias são menos eficientes para este microrganismo.

Pseudomonas fluorescens

A utilização de inoculante a base de *Pseudomonas fluorescens* em soja também apresentou bons resultados quando conservados com biopolímeros em 210 dias de prateleira (Figura 7). Na Figura 7A é possível perceber que em todos os períodos de avaliação, a utilização de goma xantana foi eficiente para preservar as células de *Pseudomonas fluorecens*, e isso fez com que a simbiose entre microrganismo e planta fosse mais eficiente, o que garantiu melhores resultados na parte aérea da planta.

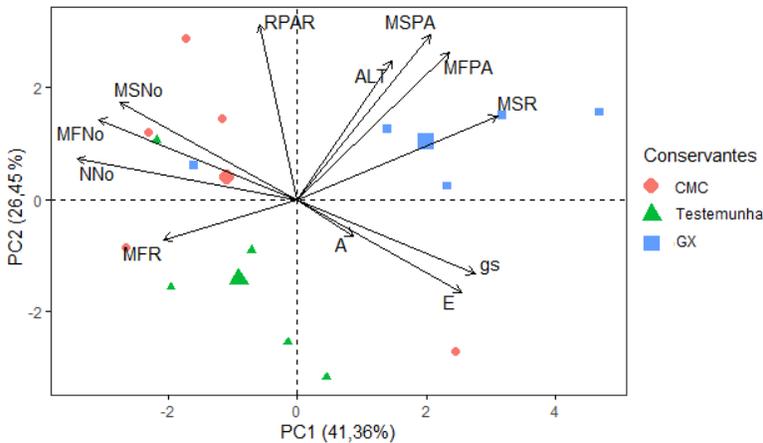


Médias seguidas de mesma letra minúscula, em cada tempo de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Figura 7. Massa seca da parte aérea (A) e massa seca da raiz (B) de plantas de soja (*Glycine max*) inoculadas com *Pseudomonas fluorescens*.

Já na Figura 7B, apenas com 210 dias foi possível perceber diferença na interação do microrganismo adicionado de goma xantana em relação à testemunha, e que a presença do biopolímero nas células de *Pseudomonas fluorescens* fez com que a planta respondesse melhor devido à maior quantidade de células viáveis do microrganismo presente no inoculante.

Na análise de componentes principais para a utilização de *Pseudomonas fluorescens*, também foi utilizado o PC1 e PC2, com 67,81% de variação total (Figura 8), observando maior influência do biopolímero GX em relação a produção de biomassa seca, pelo fato de ter ocorrido uma nodulação mais eficiente, visto que os vetores correspondentes a massa seca da parte aérea e massa seca de raiz apresentaram um ângulo menor em relação ao tratamento com GX, indicando maior afinidades das células com este biopolímero, que consequentemente proporcionou melhor atuação no sistema radicular.



PC1: primeiro componente; PC2: segundo componente; ALT: altura de plantas; MFR: massa fresca da raiz; MSF: massa seca da raiz; MFPA: massa fresca da parte aérea; MSPA: massa seca da parte aérea; NNo: número de nódulos; MFNo: massa fresca dos nódulos; MSNo: massa seca dos nódulos; RPAP: relação da parte aérea com a raiz; E: taxa de transpiração; gs: condutância estomática; A: taxa de assimilação de CO_2 .

Figura 8. Biplot do primeiro e segundo componentes gerados a partir das variáveis resposta da soja (*Glycine max*) inoculada com *Pseudomonas fluorescens* aos 210 dias de armazenamento com e sem a adição de biopolímero.

As variáveis analisadas responderam melhor à utilização das células bacterianas conservadas com biopolímero, visto que proporcionaram maior nodulação, porém é nítido a maior eficácia da goma xantana visto que obteve melhores dados de massa seca tanto para parte aérea como raiz.

As médias dos valores de número de nódulos para o tratamento com CMC foram as melhores, porém em relação razão da massa seca por número de nódulos de GX foi melhor, e isso implicou no posicionamento dos vetores das respostas fisiológicas, correspondendo melhor ao tratamento com GX, pelo fato do microrganismo conservado por este biopolímero ter sido eficaz em disponibilizar mais nutrientes para a planta, onde a mesma conseguiu realizar mais trocas gasosas e realizar absorção de carbono para o seu metabolismo, consequentemente acumulando mais biomassa.

Outro fator que pode ser observado é a distância euclidiana que foi maior para GX (3,82) do que para CMC (1,83), observando também que os vetores MSPA, MSR e ALT estão correspondendo à utilização de GX, confirmando a eficiência deste biopolímero em manter as células do microrganismo viáveis para realizar a promoção de crescimento da planta.

Em estudo feito por Praveen Biradar e Santhosh (2018), a utilização de goma xantana como adjuvante em inoculante a base de *Pseudomonas fluorescens* para avaliação da vida útil obteve melhores valores de UFC mL^{-1} quando comparado com a utilização de carboximetilcelulose, e esses dados se assemelham aos do presente estudo, onde

GX influenciou indiretamente mais na resposta morfológica das plantas, provavelmente devido a maior quantidade de células presentes no inoculante utilizado após 210 dias de armazenamento.

A rizocompetência é a capacidade de um microrganismo advindo de um inoculante resistir as adversidades encontradas no solo, como competição por nutrientes, espaço e metabólitos secretados por outros microrganismos; e por isso há a necessidade de se formular um produto com meio de cultura que ofereça todos os nutrientes necessários e que possa proteger o microrganismo de tais adversidades, garantindo assim maior período de prateleira com alto de UFC mL⁻¹ e viabilidade das células (SAHU & BRAHMAPRAKESH, 2016).

Segundo Bhattacharyya & Jha (2012), as rizobactérias estão sendo constantemente utilizadas na substituição de agroquímicos, e diversos estudos têm provado que as substâncias produzidas por microrganismos na parte radicular das plantas atuam direta e indiretamente no metabolismo da planta. Para Widawati¹ e Suliasih (2018), a utilização de carboximetilcelulose em inoculante a base de *Azospirillum*, pode potencializar o índice de germinação de sementes de sorgo, assim como aumentar o crescimento de raiz e brotos *in vitro*, o que pode ser observado neste estudo, onde a utilização de CMC garantiu maior eficiência para o microrganismo atuar na parte radicular da planta de soja (Figura 5B, Figura 6).

A utilização de CMC também foi testada por França et al. (2013), na preservação de células de *Rhizobium tropici* e *Bradyrhizobium japonicum*, que sobreviveram por 180 dias com a utilização do biopolímero indicando a viabilidade do uso de CMC. Já Mohamed et al. (2019), utilizaram alguns aditivos poliméricos na conservação de inoculante rizobial que garantiu elevado número de células por dois meses de armazenamento, porém afirmaram que a sobrevivência da célula depende tanto do tipo de aditivo quanto a cepa utilizada, relacionando os resultados do presente estudo onde CMC foi mais eficiente para *Bradyrhizobium elkanii* e GX para *Bradyrhizobium diazoefficiens*.

De acordo com Pioneer (2004), uma inoculação adequada deve apresentar entre 10 a 30 nódulos por planta, e os valores obtidos no presente estudo foram iguais ou superiores ao recomendado nos tratamentos com conservantes. Os resultados obtidos se assemelham também aos resultados da pesquisa de Braccini et al. (2016), onde obteve 18, 48 nódulos por planta utilizando *Bradyrhizobium japonicum* líquido inoculado em sementes, e 16,48 nódulos por planta utilizando *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasiliense* também inoculados em sementes.

A eficiência da fotossíntese é de extrema importância para as plantas, e segundo Silva et al. (2019), a taxa de fotossíntese é a relação do número de moléculas de CO₂ fixadas por unidade de área foliar por unidade de tempo, e isto está relacionado com a capacidade da planta realizar trocas gasosas, visto que nesse estudo foi determinante para a produção de biomassa da planta, onde melhores resultados em nodulação resultaram em

melhores resultados na morfologia da planta.

Uma forma de relacionar a influência dos microrganismos no metabolismo das plantas é através das respostas morfológicas, e estas podem ser relacionadas com os parâmetros fisiológicos como a taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s) e a taxa de assimilação de CO_2 (A) (TAIZ et al., 2017). Desta forma, foi possível perceber com as análises de componentes principais (Figuras 2, 4, 6 e 8), como a utilização dos biopolímeros responderam significativamente na viabilidade dos microrganismos, uma vez que o ângulo formado nas figuras representado pelos vetores referentes às características fisiológicas corresponderam significativamente aos tratamentos com goma xantana e carboximetilcelulose, podendo perceber também que essas mesmas variáveis apareceram na maioria das vezes angularmente opostas a testemunha.

A condutância estomática (g_s) e a assimilação de carbono (A) dependem das concentrações de carbono interna e externas nas folhas, e segundo Kaschuk et al. (2010), aproximadamente 14% do carbono assimilado pela planta é repassado para as rizobactérias diazotróficas a fim de realizar a troca de compostos nitrogenados. Isto pode ser observado nos tratamentos onde foi utilizado biopolímero, confirmando que tanto CMC quanto GX foram capazes de armazenar mais células dos microrganismos e mantê-las viáveis, visto que isso está relacionado com uma melhor eficiência da bactéria na parte radicular da planta, o que produziu melhor nodulação, influenciando no metabolismo e trocas gasosas.

Neste estudo, percebe-se diferença significativa na inoculação de sementes de soja com a utilização de inoculantes preservados com biopolímeros, influenciando nas características morfológicas e fisiológicas em plantas de soja, confirmando o potencial de preservação da quantidade de células e da viabilidade destas mesmo após 210 dias de armazenamento.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizar carboximetilcelulose e goma xantana para preservar células de *Bradyrhizobium elkanii*, *Bradyrhizobium diazoefficiens*, *Azospirillum* sp., e *Pseudomonas fluorescens* foi eficiente para manter a viabilidade dos microrganismos, e conseqüentemente melhor nodulação, e conseqüente eficiência em promover o crescimento vegetal da parte aérea e radicular de plantas de soja mesmo após 210 dias de armazenamento.

REFERÊNCIAS

BERENDSEN, R. L.; PIETERSE, C. M. J, BAKKER, P. A. H. M. The rhizosphere microbiome and plant health. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 8, p. 478-486, 2012.

BERNINGER, T.; LÓPEZ, O. G.; BEJARANO, A.; PREININGER, C.; SESSITSCH, A. Maintenance and assessment of cell viability in formulation of non-sporulating bacterial inoculants. **Microbial Biotechnology**. v. 11, n. 2, p. 277-301, 2018.

BHATTACHARYYA, P. N.; JHA, D. K. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 28, n. 4, p. 1327-1350, 2012.

BRACCINI, A. L.; MARIUCCI, G. E. G.; SUZUKAWA, A. K.; LIMA, L. H. S.; PICCININ, G. G. Co-inoculação e modos de aplicação de *Bradyrhizobium japonicum* e *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada na nodulação das plantas e rendimento da cultura da soja. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 1, p. 27-35, 2016.

BULEGON, L. G.; GUIMARÃES, V. F.; EGEWARTH, V. A.; SANTOS, M. G.; HELING, A. L.; FERREIRA, S. D.; WENGRAT, A. P. G. S.; BATTISTUS, A. G. Crescimento e trocas gasosas no período vegetativo da soja inoculada com bactérias diazotróficas. **Nativa**, v. 4, p. 277-286, 2016.

CARRASCO-ESPINOSA, K.; GARCÍA-CABRERA, R. I.; BEDOYA-LÓPEZ, A.; TRUJILLO-ROLDÁN, M. A.; VALDEZ-CRUZ, N. A. Positive effect of reduced aeration rate on growth and stereospecificity of DL-malic acid consumption by *Azospirillum brasilense*: improving the shelf life of a liquid inoculant formulation. **Journal of Biotechnology**, v. 195, p. 74-81, 2015.

FIBACH-PALDI, S.; BURDMAN, S.; OKON, Y. Key physiological properties contributing to rhizosphere adaptation and plant growth promotion abilities of *Azospirillum brasilense*. **FEMS Microbiology Letters**, v. 326, n. 2, p. 99-108, 2012.

FRANÇA, C. R. R. S.; JUNIOR, M. A. L.; FIGUEIREDO, M. V. B.; STAMFORD, N. P.; SILVA, G. A. Viabilidade da conservação de rizóbios por condicionadores líquidos. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 4, p. 661-668, 2013.

GOMES, J. B. V. et al. Análise de componentes principais de atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos do bioma cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 28, n. 1, p. 137-153, 2004.

GOPAL, S. K.; BABY, A. Enhanced shelf life of *Azospirillum* and PSB through addition of chemical additives in liquid formulations. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v. 5, n. 4, p. 2023-2029, 2016.

HAIR, J. F. J.; CURI, N.; MOTTA, P. E. F.; KER, J. C.; MARQUES, J. J. G. S. M.; SCHULZE, D. G. Análise multivariada de dados. 6. ed. Porto Alegre: **Bookman**, 2009.

HUSSON, F.; JOSSE, J.; LÊ, S.; MAZET, J. Multivariate exploratory data analysis and data mining. Disponível em: <<http://factominer.free.fr>>. Acesso em: 4 setembro. 2020.

KASCHUK, G.; HUNGRIA, M.; LEFFELAAR, P. A.; GILLER, K. E.; KUYPER, T. W. Differences in photosynthetic behaviour and leaf senescence of soybean (*Glycine max* [L.] Merrill) dependent on N₂ fixation or nitrate supply. **Plant Biology**, v. 12, n. 1, p. 60-69, 2010.

MOHAMED, S. S., HASSAN, M. A., ABDELGANI, M.E. The shelf life of Rhizobial liquid inoculants amended with diferente polymeric additives. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**. P 28-36, 2019.

NEHRA, V.; SAHARAN, B. S.; CHOUDHARY, M. Evaluation of *Brevibacillus brevis* as a potential plant growth promoting rhizobacteria for cotton (*Gossypium hirsutum*) crop. **Springerplus**, v. 5, n. 1, p. 948, 2016.

PAWAR, P. U.; KUMBHAR, C. T.; PATIL, V. S.; KHOT, G. G. Effect of co-inoculation of *Bradyrhizobium japonicum* and *Pseudomonas fluorescens* on growth, yield, and nutrient uptake in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Crop Research**, v. 53, n. 1, p. 57-62, 2018.

PIONEER. **Cuidados com a soja nas fases iniciais de crescimento**. 2004. Disponível em: <<http://www.pioneersementes.com.br/media-center/artigos/43/cuidados-com-a-soja-nas-fases-iniciais-de-crescimento>>. Acesso em: 09. Janeiro 2021

PRAVEEN BIRADAR, B.J.; SANTHOSH, G.P., Cell Protectants, Adjuvants, Surfactant and Preservative and their Role in Increasing the Shelf Life of Liquid Inoculant Formulations of *Pseudomonas fluorescens*. **International Journal of Pure Applied Bioscience**. v. 6, n. 4, p. 116-122, 2018.

POLONENKO, D. R.; SCHER, F. M.; KLOEPPER, J. W.; SINGLETON, C. A.; LALIBERTE, M.; ZALESKA, I. Effects of root colonizing bacteria on nodulation of soybean roots by *Bradyrhizobium japonicum*. **Canadian journal of microbiology**, v. 33, n. 6, p. 498-503, 1987.

QURASHI, A. W.; SABRI, A. N. Bacterial exopolysaccharide and biofilm formation stimulate chickpea growth and soil aggregation under salt stress. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 43, n. 3, p. 1183-1191, 2012.

RIPLEY, B.; VENABLES, B.; BATES, D. M.; HORNIK, K.; GEBHARDT, A.; FIRTH, D. Support functions and datasets for venables and ripley's MASS. Disponível em: <<http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>>. Acesso em: 30 agosto. 2020.

SAHU, P. K.; BRAHMAPRAKASH, G. P. Formulations of biofertilizers—approaches and advances. In: **Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity**. Springer, New Delhi, p. 179-198. 2016.

SANTHOSH, G. P. Formulation, and shelf life of liquid biofertilizer inoculants using cell protectants. **International Journal of Research in Biosciences, Agriculture and Technology**, v. 2, n. 7, p. 243-247, 2015.

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

SILVA, J. B. L.; FLORES, M. E. P.; JUSTINO, F. B.; TOLEDO, A. S.; PIRES, L. C.; PEREIRA, E. G.; DIAS, B. S. Propriedades fotossintéticas e trocas gasosas de folhas de plantas soja (*Glycine max*) sob elevada [CO₂] num cenário de mudança climática. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 9288-9302, 2019.

SON, T. T. N.; DIEP, C. N.; GIANG, T. T. M. Effect of Bradyrhizobia and phosphate solubilizing bacteria application on soybean in rotational system in the Mekong delta. **Omonrice**, v. 14, n. 2, p. 48-57, 2006.

SOUZA, F. H. M.; VIOLA, M. R., AVANZI, J. C., GIONGO, M.; VIEIRA FILHO, M. Thornthwaite's Climate Regionalization for the State of Tocantins, Brazil. **Floresta**, v. 49, n. 4, p. 783-792, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 6ª Ed. 2017.

TEAM, R. C. R: **A language and environment for statistical computing**. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 10 julho. 2020.

TEWARI, S.; ARORA, N. K. Talc based exopolysaccharides formulation enhancing growth and production of *Helianthus annuus* under saline conditions. **Cellular e Molecular Biology**, v. 60, n. 5, p. 73-81, 2014.

WIDAWATI, S.; SULIASIH. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination and seedling growth of *Sorghum bicolor* L. Moench. **IOP Conference Series: earth and environmental science**. 2018.

ZHAO, L.; XU, Y.; LAI, X. Antagonistic endophytic bacteria associated with nodules of soybean (*Glycine max* L.) and plant growth-promoting properties. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, n. 2, p. 269-278, 2018.

CAPÍTULO 7

IMPACTO DOS METAIS PESADOS PARA AMBIENTES AQUÁTICOS E PARA SAÚDE HUMANA

Data de aceite: 04/07/2022

Valesca Barreto Luz

Centro Universitário Cesmac

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/4488802815016137>

Joaquim Alexandre Moreira Azevedo

Instituto Federal de Alagoas, Campus Maceió

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/2531978686967018>

Alexandre Bomfim Barros

Instituto Federal de Alagoas, Campus

Avançado Benedito Bentes

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/1022009858231351>

Aline de Moraes Amaral Barros

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/3528690054214069>

Velber Xavier Nascimento

Centro Universitário Cesmac

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/6591750584705868>

Paulo Rogério Barbosa de Miranda

Centro Universitário Cesmac

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/7804594310848607>

Maria Cristina Simões Barbosa

Centro Universitário Cesmac, Programa de

Pós-graduação em Biotecnologia em Saúde

Humana e Animal

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/2602786911794189>

Camila Calado de Vasconcelos

Centro Universitário Cesmac, Programa de

Pós-graduação em Biotecnologia em Saúde

Humana e Animal

Maceió – Alagoas

<http://lattes.cnpq.br/8719460134313389>

RESUMO: Existem inúmeras maneiras de se identificar a poluição de ecossistemas, uma dessas formas é a identificação de metais. Alguns metais são classificados como elementos traço, indispensáveis à vida animal e vegetal, pois ocorrem em concentrações muito baixas, no organismo, podem participar de processos fisiológicos. Não existe consenso na definição de “metal pesado”, de acordo com a (IUPAC). Existe uma ampla tentativa de conceituar e definir o termo “metal pesado”, porém cada “metal” deve ser estudado separadamente de acordo com suas características químicas, biológicas e propriedade toxicológicas. O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão da literatura para demonstrar a necessidade de entender o quanto os metais pesados estão presentes nos ambientes aquáticos e como eles afetam a saúde ambiental e humana. Como metodologia Foram consultadas bases de dados nacionais e internacionais, utilizando os descritores “Biomonitoramento”, “metais pesados”, “Ambientes aquáticos”, priorizando os últimos 20 anos. Considerando que os metais pesados quando encontrados nos ecossistemas promovem um desequilíbrio ambiental, sugere-se que estudos de biomonitoramento sejam periodicamente realizados visando ações de preservação, conservação e recuperação, bem como subsidiar estudos relacionados com o risco

a saúde humana.

PALAVRAS-CHAVE: Poluição, Ecossistemas, Elementos traço.

IMPACT OF HEAVY METALS FOR AQUATIC ENVIRONMENTS AND HUMAN HEALTH

ABSTRACT: There are numerous ways to identify the pollution of ecosystems, one of these ways is the identification of metals. Some metals are classified as trace elements, indispensable to animal and plant life, because they occur in very low concentrations in the body, they can participate in physiological processes. There is no consensus on the definition of “heavy metal”, according to (IUPAC). There is a wide attempt to conceptualize and define the term “heavy metal”, but each “metal” must be studied separately according to its chemical, biological and toxicological properties. The present work aims to present a literature review to demonstrate the need to understand how heavy metals are present in aquatic environments and how they affect environmental and human health. As a methodology National and international databases were consulted, using the descriptors “Biomonitoring”, “heavy metals”, “Aquatic environments”, prioritizing the last 20 years. Considering that heavy metals when found in ecosystems promote an environmental imbalance, it is suggested that biomonitoring studies are periodically carried out aiming at preservation, conservation and recovery actions, as well as subsidizing studies related to the risk to human health.

KEYWORDS: Pollution, Ecosystems, Trace elements.

INTRODUÇÃO

De acordo com Moreira (2014), nos últimos 20 anos, a poluição dos recursos hídricos tem levado ao colapso dos ecossistemas aquáticos costeiros, que são importantes para preservação e equilíbrio da vida. Os despejos industriais e urbanos lançados nestes ecossistemas têm sido objeto de discussão em todo mundo, pois provocam modificações ambientais, aumentando também a pressão sobre as áreas costeiras.

Existem inúmeras maneiras de se verificar a poluição de ecossistemas, uma dessas formas é a identificação de metais. Alguns metais são classificados como elementos traço, indispensáveis à vida animal e vegetal, pois ocorrem em concentrações muito baixas, no organismo, podem participar de processos fisiológicos, como é o caso dos elementos essenciais, por exemplo, cobre e zinco e que, no entanto, quando em níveis elevados, tornam-se prejudiciais (PRIETO et al., 2008).

Metais, naturalmente encontrados no ambiente, como o mercúrio, o cádmio, o chumbo e o arsênio são considerados não essenciais aos organismos devido à sua alta toxicidade (são capazes de interferir em reações enzimáticas, através da mudança de conformação das enzimas) e por não participarem de processos metabólicos, além de apresentarem efeito cumulativo (OTCHERE; JOIRIS; HOLSBEEK, 2003).

Não existe consenso na definição de “metal pesado”, de acordo com a União Internacional de Química Pura e Aplicada (IUPAC), citado por Duffus (2004), existe uma

ampla tentativa de conceituar e definir o termo “metal pesado”, porém cada “metal” deve ser estudado separadamente de acordo com suas características químicas, biológicas e propriedade toxicológicas. Portanto, o termo metal pesado segundo Malavolta (2006), pode ser empregado para definir os elementos com massa superior 5 g.cm^{-3} ou possuir número atômico maior que 20.

Devido à capacidade de bioconcentrar elementos traço e compostos orgânicos, certos organismos aquáticos vêm sendo utilizados nos últimos anos como bioindicadores da poluição em ambientes aquáticos. Alguns desses organismos são migradores, o que os torna pouco úteis no estudo da contaminação de uma determinada área. Outros, como os moluscos bivalves, vivem quase sempre fixos a um determinado substrato, sendo, portanto, excelentes indicadores ambientais (CASTELLO, 2010).

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão de literatura para um maior esclarecimento do quanto os metais pesados estão presentes nos ambientes aquáticos e como afetam a saúde ambiental e humana.

METODOLOGIA

Foram consultadas bases de dados nacionais e internacionais, utilizando os descritores “Biomonitoramento”, “metais pesados”, “Ambientes aquáticos”, priorizando os últimos 30 anos.

REVISÃO DE LITERATURA

A introdução de metais pesados nos ecossistemas aquáticos pode ser determinada de forma natural pelas chuvas e pela liberação e transporte da rocha matriz, onde são encontrados naturalmente, ou através de fatores antropológicos através de resíduos originados de atividades urbanas, como esgoto, efluentes industriais ou atividades rurais através de fertilizantes ou mineração.

Os efeitos tóxicos dos metais pesados são determinados pelo índice e o alcance com que os metais ou compostos se convertem em uma forma biodisponível. Ao ingressar no ambiente, os íons livres do metal podem ligar-se com matéria orgânica, reduzindo à quantidade que está disponível (MUNIZ; OLIVEIRA-FILHO, 2008).

A agricultura, por exemplo, constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais em corpos d'água. As principais fontes liberadoras são os fertilizantes (Cd, Cr, Pb, Zn), os pesticidas (Cu, Pb, Mn, Zn), os preservativos de madeira (Cu, Cr) e dejetos de produção intensiva de bovinos, suínos e aves (Cu, As, e Zn). Além disso, os metais lançados no solo, a partir desta atividade são carreados para os rios pelo escoamento de águas superficiais provenientes das chuvas, persistindo no meio aquático por apresentar forma livre, ou iônica, o que facilita seu acúmulo nos tecidos principalmente

dos peixes (LIMA, 2013).

Nos centros urbanos a contaminação ocorre em virtude dos despejos industriais em efluentes líquidos, e o destino incorreto do lixo em geral. Segundo Rattner et al. (2009) a poluição de rios, lagos, zonas costeiras e baías tem causado degradação ambiental contínua por despejo de volumes crescentes de resíduos e dejetos industriais e orgânicos. O lançamento de esgotos não tratados aumentou dramaticamente nas últimas décadas, com impactos eutróficos severos sobre a fauna, a flora e os próprios seres humanos (TADEU, 2010).

A presença de metais em um corpo d'água afetam os seres deste ecossistema pela própria toxicidade e por ser bioacumulador. Esses metais são depositados, além da água, também nos mais variados organismos vivos. Segundo Park et al. (2016), a poluição das águas por metais pesados descarregados da indústria, tornaram-se um problema mundial nos últimos anos, na maioria das espécies os metais pesados tem efeitos tóxicos e se acumulam na biota.

Os seres vivos necessitam de pequenas quantidades de alguns metais, incluindo cobalto, cobre, manganês, molibdênio, vanádio, estrôncio, e zinco, para a realização de funções vitais no organismo. O cádmio não tem função biológica conhecida e sua ação geralmente é tóxica a uma grande variedade de seres vivos (CARVALHO, 2014).

O cádmio é um elemento raro na natureza, geralmente sendo encontrado associado ao zinco em proporções que variam de 1:100 a 1:1000, na maioria dos minérios e solos. É classificado como elemento não essencial e extremamente tóxico aos animais. É um elemento que apresenta lenta excreção pelo organismo humano, podendo permanecer no corpo por até 30 anos. Pode causar infecção nos rins e pulmão (STEPHAN, 2007).

Segundo Fergusson (1990), os metais pesados podem ser absorvidos pelos seres humanos pelas vias aéreas através de inalação, pela ingestão de alimentos ou água e através do contato com a pele. Os metais mais problemáticos para a saúde humana são o mercúrio e o chumbo. Ambos assimilados através da cadeia alimentar, podem vir a causar contaminações seguidas dos seguintes sintomas: problemas renais, tremores e distúrbios mentais (no caso do mercúrio) (FERREIRA, 2002).

O Chumbo é um elemento não essencial ao metabolismo dos animais, é um metal venenoso para os seres humanos sendo empregado em várias indústrias (tintas, baterias, tubulações) ou como aditivo de derivados do petróleo Sandilyan e Kathiresan (2014). O chumbo acumula-se no leite materno e pode provocar alterações cromossômicas, além de ser perigoso na gravidez, pode causar insuficiência renal, afetar o coração e o sistema nervoso (FASSETT, 1975).

Por ser o sistema nervoso mais sensível ao envenenamento por chumbo, a encefalopatia é considerada o mais sério problema causado pela contaminação de chumbo tanto em crianças e adultos. Apesar de não existir um limite exato, a toxicidade na infância pode ter efeitos permanentes, tais como menor quociente de inteligência e deficiência

cognitiva. Nos adultos, o sistema nervoso central também é afetado por concentrações relativamente baixas. Os danos sobre o sistema nervoso periférico, primeiramente motor, são observados principalmente nos adultos (MOREIRA e MOREIRA, 2004).

O cromo é um elemento geralmente abundante na crosta terrestre, essencial à fisiologia de animais (Cr^{3+}), enquanto nos vegetais não é conhecido nenhum efeito biológico (WHO, 1988). Sob a forma Cr^{3+} é considerado relativamente inofensivo, mas sob a forma Cr^{6+} é altamente tóxico, e alguns compostos são cancerígenos (REZENDE, 2009).

Atualmente, o cromo foi classificado pela International Agency for Research on Cancer (IARC) como Grupo 1, carcinogênico para humanos, com uma ligação bem estabelecida com o câncer de pulmão, assim como está associado a neoplasias das regiões nasal e sinonasal e reações de hipersensibilidade cutâneas (LOZI, 2019).

O Zinco é um micronutriente catiônico componente comum das rochas ígneas, um dos pontos mais interessantes sobre o Zinco é que sua presença no solo não está diretamente correlacionada com sua disponibilidade para as plantas (DUARTE e PASQUAL, 2000). É considerado o 25º elemento mais abundante na crosta terrestre, ocorre em vários minerais e em diferentes formas (sulfetos ou carbonatos de zinco). Sua disponibilidade é afetada pelo pH do solo, sendo mais disponível em solos mais ácidos. No entanto, em solos com pH ácido pode ocorrer deficiência de zinco (MOORE e RAMAMOORTHY, 1984; LESTER, 1987).

Além de todas as propriedades em ambientes naturais, o zinco também se apresenta como um metal essencial a saúde humana em pequenas quantidades, no entanto, o consumo em grandes quantidades poderá afetar a saúde humana causando cólicas estomacais vômitos e em altas doses poderá causar anemia, danos ao pâncreas e diminuição do colesterol HDL (AZEVEDO e CHASIN, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, os metais pesados estão presente no nosso cotidiano e quanto maior for a influência da ação antrópica maior será a presenças desses metais na nossa vida.

Considerando que os metais pesados quando encontrados nos ecossistemas promovem um desequilíbrio ambiental, sugere-se que estudos de biomonitoramento sejam periodicamente realizados visando ações de preservação, conservação e recuperação, bem como subsidiar estudos relacionados com o risco a saúde humana.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A.A.M. (eds). **Metais: Gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Editora Atheneu, 2003. 554p.

BARCELLOS, C. **Geodinâmica de cádmio e Zinco na Baía de Sepetiba**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Fluminense. 148 p.1995.

CARVALHO, Lisandra Maria da Silva. **A biogeoquímica de metais em sedimentos de manguezal na Ilha do Maranhão**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Maranhão, Pós-graduação em química. São Luiz, 2014.

CASTELLO, B. D. F. L. **Avaliação das teorias de As, Cu, Cd, Ni e Cd em ostras, Crassostrea Rhizophorae (Guilding, 1828), nas baías de Paranaguá e Guaratuba, Paraná**. p. 56, 2010.

DUARTE, Rogéria P. Saez; PASQUAL, Antenor. **Avaliação do cádmio (cd), chumbo (pb), Níquel (ni) e zinco (zn) em solos, plantas e Cabelos humanos**. Energia na Agricultura, vol. 15, n. 1, 2000.

DUFFUS, H.S. **“Heavy Metals” –A Meaningless term?International union of pure and applied chemistry and human heal division clinical chemistry section commission of toxicology mistry section, comission on toxicology**. Pure and Applied Chemistry, Oxford, v. 74, n. 5, p. 793–807, 2004.

FASSETT, D.W. (1975). **Cadmium: Biological Effects and Occurrence in the Environment**. Annual Review Pharmacology, v. 15, p.425-435.

FERGUSSON, J.E. **The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects**. New York: Pergamon Press, 1990. 614p.

FERREIRA, Tiago Osório. **Solos de mangue do rio Crumahú (Guarujá-SP): pedologia e contaminação por esgoto doméstico**. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2002.

LIMA, D. P. DE. **Assessment of contamination by heavy metals in water and fish from the Cassiporé, Amapá, Amazonas, Brazil basin**. Dissertação de mestrado, p. 147, 2013.

LOZI, AA. **Toxicidade comparada dos metais pesados, arsênio, cádmio, chumbo, cromo e níquel, sobre parâmetros reprodutivos de camundongos machos adultos após exposição aguda**. 2019. 156 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2019.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 631p.

MOORE, J.W., RAMAMOORTHY, S. **Heavy metals in natural waters**. New York: Springer-Verlag, 1984. 328p.

MOREIRA, Camila Campos Lopes. **Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos de mangue do Estado do Ceará: subsídios para gestão da zona costeira**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2014.

MOREIRA FR, MOREIRA JC. **Os efeitos do chumbo sobre o organismo humano e seu significado para a saúde**. Rev Panam Salud Publica. 2004;15(2):119–29.

MUNIZ, D. H. DE F.; OLIVEIRA-FILHO, E. C. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente.** Universitas: Ciências da Saúde, v. 4, n. 1, p. 83–100, 2008.

OTCHERE, F. A.; JOIRIS, C. R.; HOLSBEEK, L. and **Crassostrea tulipa from Ghana.** Environment, v. 304, p. 369–375, 2003.

PARK, J. et al. **Chemosphere Competitive adsorption of heavy metals onto sesame straw biochar in aqueous solutions.** Chemosphere, v. 142, p. 77–83, 2016.

PRIETO, A.; ZULOAGA, O.; USOBIAGA, A.; BARTOLOMÉ, L.; FERNÁNDEZ, L. A.; ETXEBARRIA, N.; CIPRAIN, E.; ALONSO, A. **Levels and spatial distribution of inorganic and organic contaminants in sediments along the Bilbao estuary.** Marine Pollution Bulletin, 12 (56): 2094-2099. 2008.

RATTNER, H. **Meio ambiente, saúde e desenvolvimento sustentável.** Ciência & Saúde Coletiva, v.14, n.6, 2009.

REZENDE, P. S. **Avaliação da distribuição e mobilidade de elementos traço em sedimentos da bacia hidrográfica do rio São Francisco.** 2009. p. 128. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Ciências Exatas, Departamento de Química Analítica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SANDILYAN, S.; KATHIRESAN, K. **Decline of mangroves e A threat of heavy metal poisoning in Asia.** Ocean & Coastal Management. 102:161e168, 2014.

STEPHAN, M.C. **Avaliação dos Níveis de Contaminação por Metais Pesados em Amostras de Sedimento da Região Estuarina de Santo e Cubatão - SP.** Dissertação (Mestrado), Universidade Católica de Santos. 65p. 2007.

TADEU, H. **Contaminação De Efluentes Líquidos Por Metais Pesados : Caracterização Dos Metais , Identificação De Áreas Afetadas E Métodos De Remoção .** [s.d.]. 2010.

CAPÍTULO 8

AS APLICABILIDADES E INOVAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA COM ENFOQUE EM SAÚDE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 03/06/2022

Caio Jorge Martins da Silva

Centro Universitário Unichristus, Graduação em
Tecnologia da Informação
Fortaleza - Ceará
<https://orcid.org/0000-0003-3027-6924>

Juliana Raissa Oliveira Ricarte

Universidade Estadual do Ceará. Mestranda
em Nutrição em Saúde
Fortaleza - Ceará
<https://orcid.org/0000-0003-0632-0702>

Xênia Maia Xenofonte Martins

Universidade Estadual do Ceará, Mestranda
em Nutrição em Saúde
Fortaleza – Ceará
<https://orcid.org/0000-0002-3427-5868>

Thaynan dos Santos Dias

Universidade Estadual do Ceará, Mestranda
em Nutrição em Saúde
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9433131605055786>

Matheus Aragão Dias Firmino

Universidade Estadual do Ceará, Mestrando
em Nutrição em Saúde
Fortaleza - Ceará
<http://lattes.cnpq.br/0977388685430422>

Géssica de Souza Martins

Universidade Estadual do Ceará, Mestranda
em Saúde Coletiva
Fortaleza - Ceará
<https://orcid.org/0000-0002-4033-4131>

Eumara Yana de Oliveira Ricarte

Universidade de Fortaleza, Graduação em
Psicologia
Fortaleza- Ceará
<http://lattes.cnpq.br/9066786567330345>

RESUMO: A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) trouxeram consigo a possibilidade de interagir com o mundo externo de uma forma totalmente nova. Este trabalho tem por objetivo mostrar a utilização da Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) na área da saúde. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, na qual a pesquisa foi realizada entre os meses de agosto e novembro de 2018, sendo escolhidos os artigos em português ou inglês, disponíveis na íntegra e publicados entre os anos de 2004 e 2018. Os principais temas abordados pelos autores dos estudos selecionados dizem respeito à Interface de Comunicação, Educação Médica, Simulação Cirúrgica e Psicoterapia. Muitos dos artigos escolhidos propõem novos conceitos sobre as tecnologias de aplicação de RV e seu potencial na prevenção e tratamento de doenças. Diferente do esperado, este trabalho mostra que essas tecnologias podem ser ferramentas determinantes para o treinamento em saúde; reabilitação e auxílio de procedimentos cirúrgicos, proporcionando uma melhor precisão nos processos de incisão, ressecção, mapeamento do local alvo, além da precisão na visualização de tumores. Apesar do uso da RV e RA ser um instrumento de grande potencial no campo da saúde existem poucos estudos nacionais sobre a temática, sendo visto

maior interesse por pesquisadores estrangeiros.

PALAVRAS – CHAVE: Realidade aumentada. Realidade virtual. Tecnologia da Informação em saúde.

THE APPLICABILITIES AND INNOVATIONS OF VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY WITH A FOCUS ON HEALTH: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) have brought with them the possibility of interacting with the external world in a whole new way. This work aims to show the use of Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) in the health area. This is an integrative literature review, in which the research was carried out between August and November 2018, with articles in Portuguese or English, available in full and published between 2004 and 2018 being chosen. topics addressed by the authors of the selected studies concern the Communication Interface, Medical Education, Surgical Simulation and Psychotherapy. Many of the selected articles propose new concepts about VR application technologies and their potential in disease prevention and treatment. Differently from what was expected, this work shows that these technologies can be decisive tools for health training; rehabilitation and assistance in surgical procedures, providing better precision in the processes of incision, resection, mapping of the target site, in addition to precision in the visualization of tumors. Despite the use of VR and AR being an instrument of great potential in the field of health, there are few national studies on the subject, with greater interest being seen by foreign researchers.

KEYWORDS: Augmented reality. Virtual reality. Health Information Technology.

1 | INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual (RV) e a Realidade Aumentada (RA) trouxeram consigo a possibilidade de interagir com o mundo externo de uma forma totalmente nova, mostrando que o contato entre homem e a máquina está cada vez mais íntimo, sendo possível perceber várias formas de interação muito além do uso de teclado e *mouse*. Essa relação tem trazido inovações em áreas como vendas, entretenimento, educação e saúde (KIRNER; SISCOOTTO, 2007), por conta disto, empresas destas áreas têm buscado agregar essa ferramenta em seus processos, trazendo assim novas perspectivas para as suas áreas de atuação.

A RA pode ser utilizada por qualquer área do conhecimento, e o seu uso faz com que o ambiente físico seja potencializado com informações e elementos virtuais, auxiliando a interação do usuário com o mundo ao redor, tendo este um aumento em seu desempenho dado pela inserção de textos, imagens e objetos tridimensionais em seu ambiente físico com o qual ele interatua. O cliente enxerga um cenário real e elementos complementares que podem ser animados e sonorizados para amplificar sua capacidade de visualização e relacionamento com o ambiente no qual está inserido (ROMÃO; GONÇALVES, 2013). Contudo, vale a pena ressaltar que a RA não se aplica apenas a um único sentido podendo

ser incluído tato, força e cheiro (AZUMA, 2001).

Já a RV permite que o usuário tenha a percepção de estar em uma outra realidade, pois esta tecnologia simula em tempo real, um mundo virtual, através da tela do monitor, tela de projeção ou pela inserção do usuário através do Head Mounted display (HMD) neste mundo (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

Devido a sua ampla utilização em diversas áreas de atuação, a RA e a RV vieram mostrar que podem ser muito mais que uma ferramenta de entretenimento, podendo auxiliar nos processos e facilitar o trabalho do dia a dia. Ultimamente seu uso vem sendo bastante explorado na área saúde, pois permite auxiliar os profissionais da saúde a executar técnicas que antes eram consideradas de alta complexidade, admitindo a melhor visualização, melhor técnica cirúrgica ou até mesmo procedimentos menos invasivos. Diante disso, o objetivo desse trabalho constitui-se em mostrar a utilização da realidade virtual e aumentada na área da saúde.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

A RA pode ser definida como a adição de informações virtuais no mundo real (imagens dinâmicas, sons espaciais, sensações táteis) geradas por computador em tempo real e devidamente posicionadas no espaço 3D, percebidas através de dispositivos tecnológicos (KIRNER; KIRNER; 2011).

A intuitividade e a adaptabilidade da RA é impressionante, os objetos virtuais são transportados para o ambiente do utilizador, precisando apenas de uma simples explicação sobre seu funcionamento, então rapidamente o usuário tem sua visão abrilhantada por esses elementos virtuais (BUCCIOLI;ZORZAL; KIRNER, 2006).

Embora a RA pareça ser uma tecnologia nova, os seus conceitos foram quase todos formados bem antes de sua popularização, ocorrida na década de 90, seu alicerce na verdade se deu na metade da década de 60 com um cientista da computação chamado Ivan Sutherland (TORI; HOUNSELL, 2018)

Ivan Sutherland (1965) fez sua primeira publicação denominada “The Ultimate Display” onde determinava conceitos válidos até hoje. Esta se tratava de uma tela onde o usuário poderia ver e interagir com objetos virtuais, porém estes nos davam a impressão de real, o que mais chama a atenção para este trabalho é o quanto ele nos demonstra que nesta “nova Realidade”, os objetos seriam tão naturais aos olhos que as representações deles, tais como uma cadeira ou uma algema eram tão vivos que não seria possível diferenciá-los da realidade, o autor chegou a comparar esse mundo com o de Alice no País das Maravilhas.

Os profissionais de saúde foram um dos grandes beneficiados pela RA, pois esta tecnologia tem facilitado o trabalho desta categoria, seja no pré-operatório ou no momento da cirurgia. Kim et al. (2012) realizou um estudo, onde utilizou a RA para auxiliar no processo

de desenho do local alvo. Os autores empregaram essa tecnologia no método cirúrgico por laparoscopia em um útero, a partir desse procedimento foi possível ter a melhor visualização e delineamento do órgão e de um mioma, o que não foi possível somente por exames de imagem como ressonância ou tomografia.

A reconstrução intraoperatória das imagens em cirurgias minimamente invasivas (CMI) é uma tarefa desafiadora, Chen et al. (2018) nos apresenta uma estrutura de reconstrução de superfície com RA que foi capaz de fornecer um resultado promissor. Uma forma de medir seus resultados foi através da comparação desta com outras ferramentas de remodelagem. A forma usada para mensurar a diferença entre os dois métodos foi a verificação do desvio padrão de reconstrução monocular com a sigla em inglês (DPRM) onde a RA chegou ao valor DPRM de 2.54 mm mostrando ser muito mais preciso que sistemas monoculares de reconstrução convencionais com o DPRM de 7,21 mm.

Marescaux et al. (2004) relatam o que pode ter sido a primeira cirurgia a usar a RA como ferramenta auxiliar para determinar os locais corretos para a dissecação de um tumor no rim de um paciente. Estes demonstram que a tecnologia utilizada para auxiliar a adrenalectomia laparoscópica foi proveitosa, isto ocorreu por que o sistema de RA conseguiu mapear e identificar com precisão a veia adrenal principal, onde pode ser feita a excisão de forma segura.

Em relação a Realidade Virtual, ela pode ser definida como uma das interfaces mais orgânica, robusta e avançada de comunicação entre homem-máquina, isso é possível pois ela se utiliza de vários sentidos do corpo humano, tais como a visão, a audição, o tato e o olfato permitindo a interação, navegação e imersão em um ambiente virtualizado de forma natural e intuitiva (BURDEA; COIFET,2003; PINHO; KINER; 1997; TORI; KIRNER, 2006).

Embora a RV seja bastante difundida no século XXI, ela tem suas origens no século passado precisamente na década 50, Morton Heilig em 1956, começou a construir o Sensorama, uma máquina que permitia ao usuário fazer um passeio pré-gravado de motocicleta por Manhattan. O utilizador poderia sentir sensações, aromas, vibrações e o vento, além de ouvir sons, tornando uma experiência única à época (KIRNER; KIRNER,2011).

Na área da saúde, a RV passou a ser utilizada como ferramenta na reabilitação motora no final do século XX, e sua aplicabilidade passou a ser bem mais pesquisada. Essa tecnologia passou a ter efeitos benéficos no tratamento fisioterapêutico de pessoas com Paralisia Cerebral (PC), vítimas de Acidente Vascular Cerebral (AVC) e portadoras do mal de Parkinson. Essa inovação permite a promoção e desenvolvimento das habilidades de percepção e motoras do paciente, gerando experiência virtual e interativa. Tal interação é feita através de um jogo, onde o paciente realizará os movimentos adaptados, isso permitirá o controle motor e estimulará a plasticidade do Sistema Nervoso Central (MELLO; RAMALHO, 2015).

Outra aplicabilidade da RV na área da saúde, envolve o campo dos serviços de

saúde pública da Vigilância Alimentar e Nutricional, onde por meio de uma plataforma disponibilizada na internet, os profissionais podem realizar as atividades e treinamento de coleta de dados referentes à medição e pesagem de pacientes (medidas antropométricas) (BARILLI; EBECKEN; CUNHA, 2011).

3 | METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, a pesquisa foi realizada nos meses de agosto e novembro de 2018. As buscas foram realizadas em revistas indexadas nas plataformas: SciELO, ACM Digital Library, ScienceDirect, IEEEExplore, Scopus, Web Of Science e Web of Knowledge, PubMed, Biblioteca Digital Brasileira de Computação e Workshop Brasileiro de Métodos Ágeis. Neste estudo, a partir do tema “AS APLICABILIDADES E INOVAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA COM ENFOQUE EM SAÚDE” estabeleceu-se a seguinte questão norteadora: o que dizem as evidências científicas nacionais e internacionais disponíveis sobre a utilização de recursos de realidade virtual e realidade aumentada no campo da saúde e que benefícios estas inovações trazem para a terapêutica médica?

Os dados foram coletados utilizando-se as seguintes palavras chaves: Augmented reality technology (1), Surgery (2), Medical applications (3) e Virtual Reality (4), utilizando-se os operadores lógicos booleanos “AND” e o “OR”. Com o intuito de se esgotar todas as possibilidades de busca, cada descritor (palavra-chave) de um grupo foi combinado com o descritor do outro grupo, efetuando-se a combinação de todos os descritores, dois a dois, entre si.

Encontrou-se na busca um total de 454 artigos: 126 na ScienceDirect, 103 na IEEEExplore, 98 na Medline, 115 na PubMed, e 12 na Biblioteca Digital Brasileira de Computação. Foram escolhidos os artigos em português ou inglês, disponíveis na íntegra. Em um primeiro momento foram encontrados 454 artigos e como primeiro critério de filtro foram retirados os que não estavam ligados ao tema e aqueles que não atendiam a amplitude de tempo estipulado, entre os anos de 2004 e 2018, sendo retirados 287 artigos. Como segunda forma de seleção foram retirados os artigos que mesmo atingindo aos critérios de pesquisa não tinham a mesma objetividade buscada neste trabalho, mantendo-se apenas 37 artigos. Por fim foram excluídos os artigos semelhantes encontrados nas diferentes plataformas. Para descrição das buscas e seleção dos estudos utilizou-se o *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* (PRISMA), conforme Figura 1.

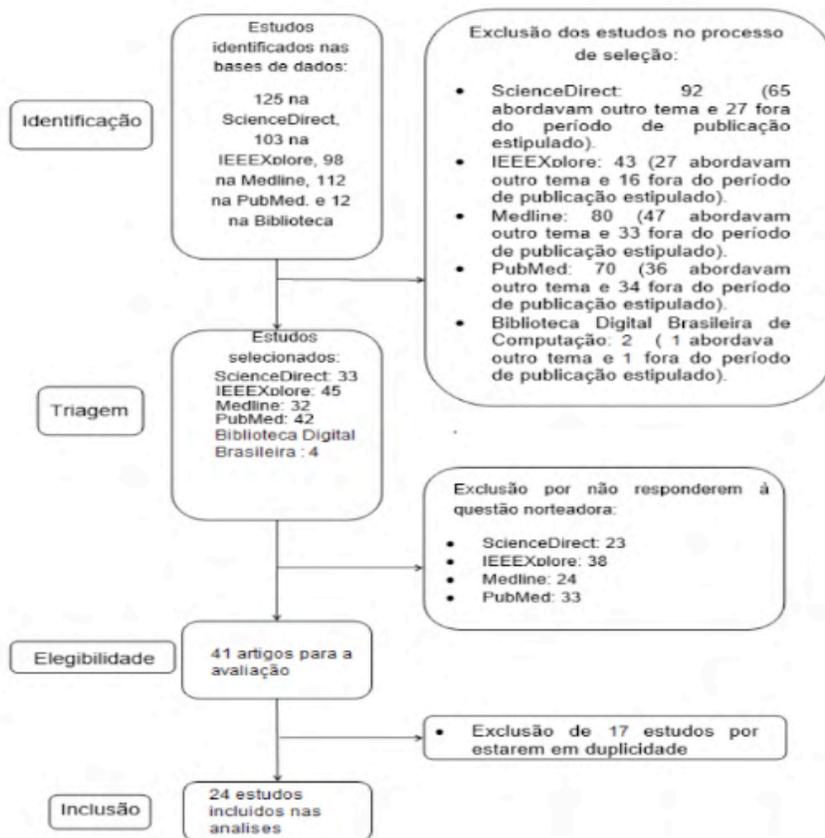


Figura 1. Descrição das buscas e seleção dos estudos

Fonte: Autoria própria.

4 | RESULTADOS

Foram analisados vinte e quatro trabalhos, onde os principais temas abordados pelos autores dos estudos selecionados dizem respeito à Interface de Comunicação, Educação Médica, Simulação Cirúrgica. O Quadro 1 mostra os resultados do estudo que apresentam sobre a RV e a RA aplicada a área da saúde.

Título	Autoria	Ano	Base de dados
Detecção em tempo real de objetos em vídeo usando Realidade Aumentada	Rafael Santin e Claudio Kirner	2005	ScienceDirect
Augmented reality technology for preoperative planning and intraoperative navigation during hepatobiliary surgery: a review of current methods	Rui Tang, Long-Fei Ma, Zhi-Xia Rong, Mo- Dan Li, Jian-Ping Zeng, Xue-Dong Wang, Hong-En Liao, Jia-Hong Dong	2018	IEEEExplore
Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências	Marcos Wagner S. Ribeiro, Ezequiel Roberto Zorzal – organizadores	2011.	Biblioteca Digital Brasileira de Computação
Aplicações médicas usando a Realidade Virtual e Realidade Aumentada	Fátima L. S. Nunes, Rosa M. E. M. Costa, Ana Cláudia M. T. G. Oliveira, Sérgio R. Delfino, Larissa Pavarini, Ildeberto A. Rodello, José Remo F. Brega, Antônio C. Sementille	2007	Biblioteca Digital Brasileira de Computação
Computer-assisted surgery: virtual and augmented-reality displays for navigation during urological interventions	Matthias N. van Oosterom, Henk G. van der Poel, Nassir Navabd, Cornelis J.H. van de Velde, and Fijs W.B. van Leeuwen	2018	ScienceDirect
Augmented Reality in Surgery	Jeffrey H. Shuhaiber	2004	ScienceDirect
Can Augmented Reality Be Helpful in Pelvic Bone Cancer Surgery? An In Vitro Study	Hwan Seong Cho, Min Suk Park, Sanjay Gupta Ilkyu Han, Han-Soo Kim, Hyunseok Choi, Jaesung Hong	2018	Medline,
Application of an augmented reality tool for maxillary positioning in orthognathic surgery – A feasibility study	Robert A. MISCHKOWSKI, Max J. ZINSER, Alexander C. KU" BLER, Barbara KRUG, Ulrich SEIFERT, Joachim E. ZOLLER	2006	PubMed
Registration and Fusion Quantification of Augmented Reality based Nasal Endoscopic Surgery	Yakui CHU, Jian YANG, Danni AI, Wenjie Li, Hong SONG, Liang LI, Shaodong MA, Duanduan CHEN, Lei CHEN, Yongtian WANG	2017	Medline,
Impact of Soft Tissue Heterogeneity on Augmented Reality for Liver Surgery	Nazim Haoouchine, Stephane Cotin, Igor Peterlik, Jeremie Dequidt, Mario Sanz Lopez, Erwan Kerrien and Marie-Odile Berger	2013	IEEEExplore
Realidade Virtual Conceitos e Tendências	Claudio Kirner, Romero Tori editores	2004	Biblioteca Digital Brasileira de Computação
Use of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies in Endoscopic Training.	Bhushan Sheena, Anandasabapathy Sharmila, Shukla Richa	2018	PubMed
Tracking by Detection for Interactive Image Augmentation in Laparoscopy	Jae-Hak Kim, Adrien Bartoli1, Toby Collins, and Richard Hartley.	2012	PubMed
Virtual Reality in Psychotherapy: Review	Giuseppe Riva	2005	IEEEExplore
Virtual Reality–Based Simulators for Cranial Tumor Surgery: A Systematic Review	Travis Mazur, Tarek R.Mansour, LukeMugge, Azedine Medhkour	2018	Medline
A Case-Based Study with Radiologists Performing Diagnosis Tasks in Virtual Reality.	JE Venson, JC Albiero Berni, C Edmilson da Silva Maia, AM Marques da Silva, M Cordeiro d'Ornellas, A Maciel	2017	Medline
Overview: Virtual Reality in Medicine	Claudio Pensieri e Maddalena Pennacchini	2014	PubMed
Virtual Reality Programs Applications in Healthcare	Hassan A. Aziz	2018	Medline
Medical education: simulation and virtual reality	Alessandro Wasum Mariani e Paulo Manuel Pêgo-Fernandes	2011	IEEEExplore
A realidade virtual e seu uso como recurso terapêutico ocupacional: revisão integrativa	Tayane Leôncio Caiana, Dhyego de Lima Nogueira, Ana Carollyne Dantas de Lima	2016	Biblioteca Digital Brasileira de Computação

Multi-site lymphatic venous anastomosis using echography to detect suitable subcutaneous vein in severe lymphedema patient	Makoto Mihara, Hisako Hara , Yoshihisa Kawakami, Hang Peng Zhou , Shuichi Tange , Kazuki Kikuchi , Takuya Iida	2018	PubMed
Acute Effect of Virtual Reality Exercise Bike Games on College Students' Physiological and Psychological Outcomes	Nan Zeng, Zachary Pope, Zan Gao	2017	PubMed
The best of the week's health-related TV and radio	Layla Haidrani	2016	ScienceDirect
Drill through bones in virtual reality	Alice Klein	2018	PubMed

Quadro 1 – Estudos escolhidos da revisão

Fonte: Autoria própria (2018)

Foi observado que dez artigos abordavam apenas a utilização da RA, sendo dois estudos voltados para a aplicação dessa tecnologia no processo pedagógico e de treinamento médico (SANTIN; KIRNER, 2005; SHUHAIBER, 2004). Dois artigos exploravam as vantagens da utilização da RA em cirurgias hepáticas (TANG et al., 2018; HAOUCHINE et al., 2013); um estudo explanava sobre o tratamento cirúrgico via endoscopia nasal em tumores na base do crânio por meio da RA com o objetivo de reduzir os efeitos traumáticos do procedimento (CHU et al., 2017); um trabalho abordava o uso desta tecnologia em cirurgias ósseas, permitindo a remodelagem e o reparo do abobado craniano (MISCHKOWSKI et al., 2006); uma publicação que explica o funcionamento do EyeDecide® este aplicativo fornece a profissionais de saúde, estudantes, enfermeiros, enfermeiros oftalmológicos e pacientes, uma melhor compreensão das doenças oftalmológicas pela perspectiva do enfermo (HAIDRANI, 2016) e três estudos demonstravam a RA como ferramenta de mapeamento, marcação e rastreamento do local alvo, admitindo melhor alcance de margem planejada (CHO et al., 2018; KIM et al., 2012; MIHARA et al., 2018).

Conforme o estudo de Shuhaiber (2004), a RA permite obter informações adicionais que não podem ser detectadas pelos 5 sentidos de um ser humano. Apesar da função básica dos sistemas de RA ser a “visão de raio-x” para o planejamento cirúrgico, o sistema amplia também a torção e a simulação. A associação dinâmica da operação em um órgão real com os dados de imagem pode criar modos de diagnóstico e tratamento de pacientes tecnicamente desafiadores. Cirurgiões muito experientes podem se beneficiar de tais sistemas para permitir uma terapia completa e radiológica.

Os Diferentes autores (CHO et al., 2017; TANG et al., 2018; CHU et al., 2017) são claros ao dizer que uma maior precisão nos pontos afetados pela cirurgia, obtidos na fase pré-operatória, causa um menor trauma na área de intervenção permitindo uma recuperação em menor tempo, além disto, com a diminuição do erro do ponto afetado são diminuídas as possibilidades de morte e necessidade de uma nova cirurgia.

Em relação a RV, foram analisadas dez publicações sobre a temática, dos quais três estudos elucidavam as aplicações dessa tecnologia na área da saúde, assim como suas técnicas empregadas e suas limitações (KIRNER, 2004; PENSIERI; PENNACCHINI,

2014; AZIZ, 2018). Um artigo explanava sobre a importância da utilização da RV no treinamento médico, permitindo dessa forma a não utilização do paciente nesse momento (MARIANI; PÊGO-FERNANDES, 2011). Uma publicação relata que 8 alunos de primeiro ano de medicina foram separados em dois grupos onde uma parte utilizava um manual e a outra utilizaria o OSSO VR® um simulador em RV para pregar uma haste no osso da canela, os alunos que utilizaram a tecnologia tiveram uma melhor performance do que aqueles que se utilizaram apenas do manual (KLEIN, 2018). Um estudo demonstrava o uso dessa ciência no planejamento cirúrgico craniano auxiliando na ressecção de tumores nesta área do corpo, além de melhorar o treinamento neurocirúrgico (MAZUR et al., 2018). Um trabalho abordava a aplicação da realidade virtual no desenvolvimento de ambientes virtuais auxiliando o processo e psicoterapia (RIVA, 2005). Um outro trabalho falava sobre a utilização da RV para diagnósticos radiológicos, onde vários especialistas testaram a eficiência desta tecnologia neste procedimento sendo percebido um alto nível de eficácia em sua aplicabilidade. Uma outra publicação fala do uso de Realidade virtual para medir se a RV é uma ferramenta de auxílio em uma vida saudável, neste estudo doze estudantes saudáveis fizeram duas sessões de exercícios onde uma se utilizava de uma bicicleta ergométrica tradicional e a outra utilizava o aplicativo VirZoom®, ao final do teste, quando foi utilizado o jogo em realidade virtual os participantes tiveram uma melhor eficiência e também foi apresentado um maior nível de prazer ao fazer a atividade sendo esta ferramenta ao fim do Trabalho considerada eficaz, agradável e motivadora (ZENG; POPE; GAO, 2017) O último esboço demonstra a grande importância da RV como ferramenta na promoção de saúde, auxiliando na função motora, cognitiva e afetiva (CAIANA; NOGUEIRA; LIMA, 2016).

A análise criteriosa dos estudos selecionados permite afirmar que os clínicos estão cada vez mais interessados em aplicar a simulação de RV em suas pesquisas e ensaios clínicos por causa do “*feedback*” encorajador publicado na literatura médica em uma ampla gama de condições de saúde clínica.

Muitos dos artigos escolhidos propõem novos conceitos sobre as tecnologias de aplicação de RV e seu potencial na prevenção e gestão de doenças. Além disso, autores como Mariani e Pêgo-Fernandes (2011) afirmam que a capacidade de compartilhar os dados coletados por sistemas de simulação de RV por meio de redes de comunicação e registros eletrônicos de saúde tornam a tecnologia mais atraente, pois desempenha um papel importante na tomada de decisões para estudos de casos específicos e ensino a distância.

Acerca da simulação proporcionada pela RV, suas maiores vantagens são as possibilidades de fornecer treinamento sem envolver os pacientes e possibilitar treinamento e a possibilidade dos instrutores fazerem uma melhor avaliação das habilidades de seus alunos. Apesar do alto custo dos simuladores, eles podem, se usados corretamente, reduzir o custo total do processo de aprendizagem evitando complicações e uso indevido

ou desperdício de materiais médicos. Isso é especialmente importante no caso de técnicas envolvendo materiais ou equipamentos caros e frágeis. Outra vantagem é que os cadáveres não são utilizados e a experimentação em animais não é necessária, o que reduz as dificuldades relacionadas para adquirir tais materiais e os possíveis conflitos éticos dentro do treinamento (CAIANA; NOGUEIRA; LIMA, 2016).

Foram analisados quatro estudos que abordavam a junção da RV e RA para utilização na área da saúde. Dentre eles, o artigo de Ribeiro e Zorzal (2011) abordava a origem, o desenvolvimento e os benefícios que essas tecnologias geram para diversos campos de atuação, principalmente para a medicina. O trabalho de Nunes et al. (2007) discorre sobre a importância que a RV e a RA exercem na criação de ambientes realísticos utilizados para a educação médica, apoio em tele cirurgias e alguns tratamentos de saúde, sendo essas tecnologias grandes impulsionadoras da qualidade dos procedimentos de saúde e o estudo de Oosterom (2018) retrata sobre a aplicação dessas inovações para a criação de roteiros cirúrgicos voltados para intervenção urológica. O último mostra que com a utilização da RA e da RV no treinamento médico, torna este processo mais seguro e sem riscos, sendo este mais barato do que os simuladores baseados em manequins (BHUSHAN; ANANDASABAPATHY; SHUKLA, 2018).

Erros médicos reduzidos, diminuição dos custos de treinamento e aumento da proficiência dos médicos especialistas são algumas das vantagens apontadas por diferentes autores acerca da utilização da RV e RA na seara da medicina. Oosterom et al. (2018) ressalta que, embora ainda haja muito espaço para o refinamento, os resultados obtidos indicam um futuro promissor para a cirurgia urológica assistida por computador, por meio dessas técnicas.

Pode-se esperar, portanto, uma nova geração de técnicas de diagnóstico por imagens médicas que utilizem conceitos de realidade virtual e realidade aumentada para uma visualização eficaz da anatomia humana.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho apresentou a evolução da realidade virtual e aumentada, sob o aspecto histórico, apresentando conceitos, definições, tecnologias, interações e aplicações. A progressão tecnológica foi abordada de forma sucinta, elencando os pontos-chaves de cada época.

Para mudar o estigma de inutilidade da RV e RA, mostrou-se necessário apresentar outras áreas de atuação na tentativa de esclarecer que a realidade misturada pode ser utilizada por pessoas que possuem diferentes áreas de conhecimento.

Diferente do esperado, este trabalho mostrou que essas tecnologias podem ser cruciais para o treinamento em saúde e auxílio em procedimentos cirúrgicos, proporcionando além de uma melhor e mais barata capacitação uma maior precisão nos

processos de incisão e ressecção além da precisão no mapeamento do local alvo e na visualização de tumores. Dessa forma otimizando o pré e o pós-cirúrgico, diminuindo os riscos e proporcionando indiretamente uma melhor e mais rápida recuperação do paciente, e tão importante quanto sua recuperação, salvar sua vida.

Apesar do uso da RV e RA ser um instrumento de grande potencial no campo da saúde existem poucos estudos nacionais sobre a temática, sendo visto maior interesse por pesquisadores estrangeiros. Mais pesquisas se fazem necessárias para que as tecnologias citadas neste estudo possam se tornar uma ferramenta essencial e mais barata do que as tecnologias convencionais atuais. Testes devem ser feitos em maior escala para dar uma ainda maior credibilidade aos números percebidos nos estudos pesquisados neste trabalho, e pôr fim ao conseguir-se credibilidade ao ferramental passar a utilizá-la na prática sendo este mais um ponto determinante no salvamento de vida das pessoas.

REFERÊNCIAS

AZIZ, Hassan A. **Virtual reality programs applications in healthcare**. Journal of Health & Medical Informatics, v. 9, n. 1, p. 305, 2018.

Azuma, R. T., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. **Recent Advances in Augmented Reality**. IEEE Computer Graphics and Applications, v.21, n.6, p. 34-47, 2001.

Barilli, Elomar Christina Vieira Castilho; Ebecken, Nelson Francisco Favilla; Cunha, Gerson Gomes. **A tecnologia de realidade virtual como recurso para formação em saúde pública à distância: uma aplicação para a aprendizagem dos procedimentos antropométricos**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 16, p. 1247-1256, 2011.

BHUSHAN, Sheena; ANANDASABAPATHY, Sharmila; SHUKLA, Richa. **Use of Augmented Reality and Virtual Reality Technologies in Endoscopic Training**. Clinical Gastroenterology and Hepatology, v. 16, n. 11, p. 1688-1691, 2018.

BUCCIOLI, Arthur AB; ZORZAL, Ezequiel R.; KIRNER, Claudio. **Usando realidade virtual e aumentada na visualização da simulação de sistemas de automação industrial**. In: **SVR2006-VIII Symposium on Virtual Reality**. 2006.

BURDEA, Grigore C.; COIFFET, Philippe. **Tecnologia de realidade virtual**. John Wiley & Sons, 2003.

CAIANA, Tayane Leoncio; DE LIMA NOGUEIRA, Dhyego; DE LIMA, Ana Carollyne Dantas. **A realidade virtual e seu uso como recurso terapêutico ocupacional: revisão integrativa**. Cadernos de Terapia Ocupacional da UFSCar, v. 24, n. 3, p. 575, 2016.

CHEN, Long et al. **SLAM-based dense surface reconstruction in monocular Minimally Invasive Surgery and its application to Augmented Reality**. Computer methods and programs in biomedicine, v. 158, p. 135-146, 2018.

CHO, Hwan Seong et al. **Can augmented reality be helpful in pelvic bone cancer surgery? An in vitro study**. Clinical Orthopaedics and Related Research®, v. 476, n. 9, p. 1719-1725, 2018.

Haidrani, L. **The best of the week's health-related TV and radio**. *NURSING STANDARD*, 2016

HAOUCHINE, Nazim et al. **Impact of soft tissue heterogeneity on augmented reality for liver surgery.** IEEE transactions on visualization and computer graphics, v. 21, n. 5, p. 584-597, 2014.

KIM, Jae-Hak et al. **Tracking by detection for interactive image augmentation in laparoscopy.** In: **International Workshop on Biomedical Image Registration.** Springer, Berlin, Heidelberg. p. 246-255, 2012.

KIRNER, Claudio; PINHO, Márcio Serolli. Introdução à realidade virtual. In: Workshop de Realidade Virtual. p. 1-40, 1997.

Kirner, Claudio;Robson Siscoutto. “Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações.” *Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC. 2007.*

KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Evolução e tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. **Livro do XIII Pré-Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia,** p. 10-25, 2011.

KLEIN, Alice. **Drill through bones in virtual reality.** New scientist, n. 3172, p. 16, 2018.

MAZUR, Travis et al. **Virtual reality–based simulators for cranial tumor surgery: a systematic review.** World neurosurgery, v. 110, p. 414-422, 2018.

MARESCAUX, Jacques et al. **Augmented-reality–assisted laparoscopic adrenalectomy.** Jama, v. 292, n. 18, p. 2211-2215, 2004.

MARIANI, Alessandro Wasum; PÊGO-FERNANDES, Paulo Manuel. **Medical education: simulation and virtual reality.** Sao Paulo Medical Journal, v. 129, n. 6, p. 369-370, 2011.

MELLO, B. C. C.; RAMALHO, T. F. **Uso da realidade virtual no tratamento fisioterapêutico de indivíduos com Síndrome de Down.** Revista neurociências, São Paulo, v. 23, n. 1, p 143-149,2015.

MIHARA, Makoto et al. **Multi-site lymphatic venous anastomosis using echography to detect suitable subcutaneous vein in severe lymphedema patients.** Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery, v. 71, n. 2, p. e1-e7, 2018.

MISCHKOWSKI, Robert A. et al. **Application of an augmented reality tool for maxillary positioning in orthognathic surgery—a feasibility study.** Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery, v. 34, n. 8, p. 478-483, 2006

Nunes F. L.S et al. **Aplicações Médicas usando Realidade Virtual e Realidade Aumentada.** In: Kirner, Claudio;Robson Siscoutto. “Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações.” *Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC. 2007.*

Pensieri, Claudio;Pennacchini, Maddalena. **Overview: Virtual reality in medicine.** Journal of Virtual Worlds Research, v. 7, n. 1, 2014.

RIBEIRO, Marcos Wagner S.; ZORZAL, Ezequiel Roberto. **Realidade virtual e aumentada: Aplicações e tendências.** XIII Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia-MG-Brasil, v. 15, 2011.

RIVA, Giuseppe. **Realidade virtual na psicoterapia**. *Cyberpsychology & comportamento*, v. 8, n. 3, p. 220-230, 2005.

ROMÃO, Viviane Pellizzon Agudo; GONÇALVES, Marília Matos. **REALIDADE AUMENTADA: CONCEITOS E APLICAÇÕES NO DESIGN**. *Unoesc & Ciência-ACET*, v. 4, n. 1, p. 23-34, 2013.

SANTIN, Rafael ; KIRNER, Claudio . **Deteção em tempo real de objetos em vídeo usando Realidade Aumentada**. In: **Workshop de Realidade Aumentada**, 2005, Piracicaba. *Anais do Workshop de Realidade Aumentada*. Piracicaba: Unimep. v. 2. p. 25-28.

SHUHAIBER, Jeffrey H. **Augmented reality in surgery**. *Archives of surgery*, v. 139, n. 2, p. 170-174, 2004.

SUTHERLAND, Ivan E. **Sketchpad a man-machine graphical communication system**. *Simulation*, v. 2, n. 5, p. R-3-R-20, 1964.

SUTHERLAND, Ivan E. **The ultimate display**. *Multimedia: From Wagner to virtual reality*, p. 506-508, 1965.

Tang R et al. **Augmented reality technology for preoperative planning and intraoperative navigation during hepatobiliary surgery: A review of current methods**. *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. v.17, n.2, p.101-112, 2018.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio. **Fundamentos da Realidade Virtual**. In: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

VAN OOSTEROM, Matthias N. et al. **Computer-assisted surgery: virtual-and augmented-reality displays for navigation during urological interventions**. *Current opinion in urology*, v. 28, n. 2, p. 205-213, 2018.

VENSON, J. E. et al. **A Case-Based Study with Radiologists Performing Diagnosis Tasks in Virtual Reality**. In: *MEDINFO 2017: Precision Healthcare Through Informatics: Proceedings of the 16th World Congress on Medical and Health Informatics*. IOS Press, 2018. p. 244.

ZENG, Nan; POPE, Zachary; GAO, Zan. **Acute effect of virtual reality exercise bike games on college students' physiological and psychological outcomes**. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, v. 20, n. 7, p. 453-457, 2017.

CLIMA ORGANIZACIONAL: CONCEITO-FERRAMENTA PARA A GESTÃO DA QUALIDADE

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 17/04/2022

Flávia Christiane de Azevedo Machado

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal - Rio Grande do Norte
<http://orcid.org/0000-0003-1587-2664>

Suelen Ferreira de Oliveira

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal - Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/7065067438025384>

Janete Lima de Castro

Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Natal – Rio Grande do Norte
<http://lattes.cnpq.br/9530544825874259>

RESUMO: Introdução: O clima organizacional é representado pelos conceitos e sentimentos que as pessoas partilham a respeito da organização e que afetam de maneira positiva ou negativa sua satisfação e motivação para o trabalho. **Objetivo:** identificar fatores que interferem no clima organizacional. **Metodologia:** Ensaio narrativo realizado a partir de estudos que foram captados nas bases de dados eletrônicas LILACS e SCIELO em pesquisa desenvolvida no mês de Outubro de 2021. **Resultados:** A busca e análise das fontes de dados pesquisadas, levaram a identificação dos seguintes fatores como relacionados ao clima organizacional: suporte organizacional; gestão do conhecimento; liderança. **Conclusão:** As pesquisas de clima consideram as percepções das pessoas sobre

o ambiente de trabalho que possam esclarecer melhor as várias relações, hierarquias e o próprio ambiente que perpassa a organização. Essa percepção tem impacto sobre como e quanto os funcionários trabalham.

PALAVRAS-CHAVE: Cultura Organizacional; Administração dos serviços de saúde.

ORGANIZATIONAL CLIMATE: TOOL CONCEPT FOR QUALITY MANAGEMENT

ABSTRACT: Introduction: The organizational climate is represented by the concepts and feelings that people share about the organization and that positively or negatively affect their job satisfaction and motivation. **Objective:** to identify factors that interfere with the organizational climate. **Methodology:** Narrative essay based on studies that were collected from the electronic databases LILACS and SCIELO, in a research developed in October 2021. **Results:** The search and analysis of the surveyed data sources led to the identification of the following factors as related to organizational climate: organizational support; knowledge management; leadership. **Conclusion:** Climate surveys consider people's perceptions of the work environment that can shed more light on the various relationships, hierarchies, and the environment itself that permeates the organization. This perception has an impact on how and how hard employees work. **KEYWORDS:** Organizational Culture; Administration of health services.

1 | INTRODUÇÃO

Os serviços de saúde devem prestar assistência à população na prevenção e tratamento de doenças, na recuperação e reabilitação da saúde. Para tanto, devem desenvolver ações no sentido de estabelecer uma política de qualidade em sua gestão e uma estratégia para tal fim seria operacionalizar ações de avaliação e monitoramento (ANVISA, 2011; RODRIGUES et al., 2011). Não obstante, no Brasil há crescentes iniciativas de instituir uma cultura avaliativa no âmbito dos serviços de saúde.

Os serviços de saúde, sejam eles públicos, sejam eles privados, são organizações com missões e valores que objetivam o cuidado à saúde de seus usuários através de um conjunto de ações e procedimentos capazes de promover a cura e melhora na qualidade de vida das pessoas (GARIGLIO, 2012). Nessa perspectiva, mobilizar os recursos da organização, (materiais, financeiros, técnicos e humanos) para o alcance das suas metas, constitui-se em uma das mais importantes ferramentas de gestão, principalmente no que se refere aos recursos humanos que, através de seus valores e comportamentos, traduzem a qualidade do ambiente de trabalho observado (FERRARI; BASILE; PRESCILLA, 2019).

Nesta perspectiva de alcançar metas, é fundamental ter uma equipe de trabalho que compartilhe a missão do serviço, apreenda valores organizacionais coerentes a esta missão e convivam e auxiliem a construção de um clima organizacional satisfatório e impulsionador de atitudes como proatividade, compartilhamento, criatividade e comprometimento.

De fato, no tocante ao desempenho como um todo, variáveis contextuais têm influência como a formação das equipes de trabalho, as relações de poder, as condições de saúde, as características da cultura, os valores organizacionais e o clima organizacional, e variáveis individuais, como significado e envolvimento no trabalho, comprometimento organizacional, motivação para trabalhar e satisfação com o trabalho (PAULA; QUEIROGA, 2015).

Pela amplitude de variáveis inerentes ao desempenho, o desempenho é apreendido como o conjunto de comportamentos da pessoa no trabalho que leva a empresa a obter resultados. Esses comportamentos estão relacionados ao *contexto* (proatividade do funcionário, o que inclui espontaneidade, altruísmo, iniciativa, responsabilidade, entre outros comportamentos não vinculados diretamente à atividade laboral) e a *tarefa em si* e, portanto, a comportamentos necessários à execução direta do trabalho (contribuições técnicas do indivíduo para o núcleo do cargo ou ocupação exercida, dependendo principalmente de habilidades cognitivas) (SONNENTAG; FRESE, 2002).

Ainda no tocante ao desempenho, Bendassolli e Malvezzi (2013), afirmam existirem três grandes linhas explicativas para os determinantes do desempenho. Primeiro, a *linha das diferenças individuais*, em que se destacam os preditores personalidade, experiência, habilidades cognitivas, motivação e autoeficácia. Em uma segunda linha, são ressaltados *aspectos do ambiente*, como estilos de liderança, clareza de papéis, cultura organizacional

e qualidade dos relacionamentos interpessoais. Uma terceira linha aborda *processos cognitivos para realizar as atividades de trabalho*, a partir da compreensão do problema, da elaboração de um plano de ação e da capacidade de manter o foco.

Neste trabalho, haverá ênfase ao clima organizacional, relacionando a segunda linha de Bendassolli e Malvezzi (2013), aspectos do ambiente, sendo o foco deste ensaio narrativo (UNESP, 20015).

Segundo Medeiros (2014, p. 31), “o clima organizacional é representado pelos conceitos e sentimentos que as pessoas partilham a respeito da organização e que afetam de maneira positiva ou negativa sua satisfação e motivação para o trabalho”. A harmonia ou desarmonia predominante no ambiente da equipe podem ter sua origem também de fatores externos à empresa, advindos de experiências pessoais (GOMES, 2015).

Considera-se, também, o clima organizacional como eventos, práticas e processos da organização, ou seja, são contempladas diversas dimensões do ambiente (CARDOSO; FORLINI; DIAS, 2019). Outra importante consideração sobre o clima organizacional é sua dinamicidade, uma vez que sofre influência de um estado momentâneo da organização, que pode alterar-se ante alguma mudança no ambiente ou no contexto e, portanto, pode-se dizer que o clima organizacional reflete uma realidade num determinado momento (CARDOSO; FORLINI; DIAS, 2019).

O Clima Organizacional (CO) engloba estrutura organizacional e de processos, relacionamento interpessoal, administração de compensações, comportamento dos funcionários, expectativa de desempenho e oportunidades de crescimento. Ademais, CO é a maneira pela qual os membros da organização percebem ou caracterizam seu ambiente de trabalho. Além disto, o Clima organizacional envolve a ligação entre pensamentos, sentimentos e comportamentos dos membros da organização, que são fatores relacionados com promoção da partilha do conhecimento (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018)

Assim, no tocante a gerência de serviços, é preciso identificar o clima organizacional vigente e instituir estratégias para um clima positivo a missão da organização e satisfação de profissionais. Sendo assim, o foco deve ocorrer nos fatores internos a organização, fatores esses sobre quais há governabilidade.

Portanto, a análise do clima organizacional constitui-se em ferramenta potencialmente eficaz na área de Gestão de Pessoas (GP) (CARDOSO; FORLINI; DIAS, 2019).

Em virtude da utilidade do clima organizacional como conceito-ferramenta para o gerenciamento de serviços orientado pela qualidade do cuidado, torna-se importante a identificação dos fatores que interferem no clima organizacional sendo este o objeto de discussão desta revisão narrativa de literatura.

2 | MÉTODO

As ideias abordadas nesta revisão de literatura que versam sobre os fatores relacionados ao clima organizacional foram captadas em bases de dados eletrônicas, no caso, as bases LILACS e SCIELO em pesquisa desenvolvida no mês de Outubro de 2021.

A pergunta norteadora da busca foi “Quais fatores interferem no clima organizacional?” com a perspectiva de contribuir para reflexões acerca de variáveis a serem analisadas e trabalhadas no processo cotidiano de gerenciamento de serviços de saúde.

Todavia, o método desenvolvido na revisão integrativa para captura dos artigos não é o intuito deste ensaio narrativo. O ensaio narrativo vigente constitui-se em revisão de literatura com finalidade de mapear sendo identificada como revisão bibliográfica. Portanto, o objetivo é construir uma contextualização para o problema e a análise das possibilidades presentes na literatura consultada para a concepção do referencial teórico da pesquisa. No caso, o referencial teórico relacionado ao clima organizacional e aos fatores associados (UNESP, 2015).

3 | DESENVOLVIMENTO

A busca e análise das fontes de dados pesquisadas, levaram a identificação dos seguintes fatores como relacionados ao clima organizacional: *suporte organizacional* (CARDOSO; FORLINI; DIAS, 2019, PAULA; QUEIROGA, 2015); *gestão do conhecimento* (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018); *liderança* (SANTOS; PARANHOS, 2017, CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020).

3.1 Suporte organizacional

O conceito de suporte organizacional encontra-se alicerçado em duas vertentes teóricas, quais sejam, a teoria das trocas sociais e a teoria da norma da reciprocidade (WAYNE et al. 2002, ASELAGÉ; EISENBERGER, 2003). A primeira concebe que as trocas sociais acontecem unicamente com base na confiança e na boa fé entre as partes (no caso, entre trabalhadores e organização), envolvendo a oferta de favores, que acabam por criar obrigações morais futuras (WAYNE et al, 2002). Já na segunda, menciona-se que as relações sociais são regidas por um princípio moral, aceito universalmente, o qual define a obrigação de retribuir favores recebidos. Assim é esperado que se deve ajudar a quem nos ajuda e não se deve prejudicar quem nos beneficia. Pesquisadores que estudam o suporte organizacional tendem a concordarem que o mesmo, se percebido de forma positiva, geralmente se associa à redução do absenteísmo e patologias laborais (GILLET et al., 2013, KURTESSIS et al., 2017, SEARS; ZHANG; HAN, 2016, WIKHAMN; HALL, 2014).

Conforme sinalizaram Futris, Schramm, Richardson e Lee (2015), Kurtessis et al. (2017) e Wikhamn e Hall (2014), o suporte organizacional está relacionado à percepção, por parte dos trabalhadores acerca da qualidade do tratamento que recebe da instituição em que exerce suas funções laborais, sendo que questões de ordem emocional (tais como

elogios e empatia), bem como de ordem instrumental (como equipamentos adequados para se trabalhar e salários considerados justos para as funções), se bem trabalhadas pela organização, podem ser consideradas importantes preditores de engajamento no trabalho. Em acréscimo, o suporte organizacional também é tido como uma variável que influencia positivamente na percepção da melhoria no relacionamento com a liderança e aumento do desempenho no trabalho (SHANOCK; EISENBERGER, 2006), à maior percepção de justiça organizacional e confiança entre os funcionários (DECONINCK, 2010), com maior percepção de compromisso afetivo e desempenho no trabalho (CASIMIR et al., 2014, KIM; EISENBERGER; BAIK, 2016), maior motivação no trabalho (CHEN; SHASSER, 2017), maior percepção de adequado clima organizacional (ALVES; NEIVA;PAZ, 2014, BALDUCCI; KANAANE, 2007), dentre outros aspectos.

A exemplo, Sousa, Mendonça, Zanini e Nazareno (2009) ao encontrarem correlações positivas entre os dois construtos, salientaram que quando o suporte organizacional é percebido pelos trabalhadores de forma positiva, os mesmos passam a se sentir valorizados e tendem a desempenhar melhor suas funções. Nessa mesma direção, alguns autores (LIU et al., 2013, SANT'ANNA; PASCHOAL;GOSENDO, 2012, WANG; HSIEH, 2013, ZHANG; QIU; TENG, 2017) destacaram que as condições mais favoráveis para o desenvolvimento de adequada percepção de suporte organizacional estão relacionadas ao quanto os trabalhadores percebem que a organização se preocupa, cuida de seu bem-estar e o valoriza.

Variáveis como relacionamento entre funcionários, salários, benefícios, condições de trabalho e relacionamento com a liderança, se bem abordados, estarão associados a maiores indicadores de suporte laboral (CARDOSO; FORLINI; DIAS, 2019).

O suporte laboral apresenta elementos comuns a satisfação com o trabalho, conceito multidimensional, dividido em cinco aspectos: *colegas, salário, promoções, trabalho e chefia*. Conforme Siqueira (2008), a satisfação no trabalho refere-se ao quanto o indivíduo vivencia experiências prazerosas no contexto das organizações (PAULA; QUEIROGA, 2015).

Desta forma, clima organizacional e satisfação no trabalho teriam elementos comuns, por ser o clima relacionado ao suporte organizacional. Todavia, o clima organizacional marca-se por apresentar uma natureza cognitiva, ao passo que a satisfação envolve uma natureza afetiva (TAMAYO; BORGES, 2001). Portanto, são construtos diferentes.

Melo (2011), em sua pesquisa, reconhece a influência de aspectos físicos, psicológicos e sociais que interferem no clima organizacional, refletindo no bem-estar das pessoas. Esse bem-estar, por sua vez, diz respeito à satisfação no trabalho, ao quanto as características da organização agradam o funcionário e o fazem se sentir bem (MARTINS, 2008). Assim, os conceitos são distintos pelo fato de a satisfação medir o quanto o funcionário “gosta ou não” de aspectos do ambiente de trabalho, enquanto no clima é mensurada a percepção de presença ou ausência desses aspectos (TAMAYO; BORGES, 2001). Dessa forma, as

semelhanças são quanto aos aspectos abordados nos dois construtos e as diferenças são quanto ao critério de mensuração.

No tocante aos aspectos relacionados ao suporte laboral que influenciam no clima organizacional, abordaremos nos subtópicos seguintes o ramo da atividade da organização, fluxos de comunicação e relações interpessoais; desenvolvimento profissional e benefícios e ergonomia. A liderança como aspecto relacionado a chefia será abordada em um tópico específico em virtude de maiores aprofundamentos.

3.1.1 Ramo da atividade da organização, fluxos de comunicação e relações interpessoais

Acredita-se que pode haver percepções distintas sobre o clima organizacional e, talvez, o ramo de atividade da organização pode ser uma variável que influencie positiva ou negativamente essa percepção. Todavia, os estudos recentes que fizeram avaliações da percepção de suporte em relação ao tipo de organização não encontraram um resultado comum. Em acréscimo, no estudo de Formiga, Fleury e Souza (2014) a percepção de suporte quanto às interações humanas no trabalho foi superior em trabalhadores de empresas privadas, ao passo que Formiga et al. (2015) encontraram maior percepção de suporte na referida dimensão em trabalhadores de organizações públicas e, por fim, Oliveira et al (2016) não encontrou diferenças significativas em relação aos tipos de organizações avaliadas.

De forma específica, o fator Comunicação, integração e satisfação está associado à qualidade percebida pelos funcionários em relação à circulação de informações e cooperação entre os trabalhadores, assim como aos sentimentos dos funcionários pela organização. O resultado encontrado em todos os ramos indica uma percepção não muito adequada desses quesitos na organização (RUEDA; SANTOS, 2011). Concorda-se com Robbins (2005) na medida em que o autor afirma que a adequada comunicação tende a proporcionar a facilitação no trabalho, levando os indivíduos a perceberem maior qualidade nesse ambiente. Sobre a integração e satisfação, Abreu et al. (2013) ressaltaram que os relacionamentos interpessoais são diretamente intervenientes na percepção do clima organizacional, e que quanto mais acolhedora a organização se apresentar a seus funcionários, maior será a tendência de percepção de um bom local para se trabalhar, aumentando, assim, a satisfação com o contexto laboral. Assim, a adequada comunicação tende a proporcionar a facilitação no trabalho, levando os indivíduos a perceberem maior qualidade nesse ambiente (ROBBINS, 2005). Por outro lado, condições inadequadas de trabalho tendem a levar ao adoecimento físico e psíquico dos trabalhadores, seja pela falta de cuidado com a segurança no trabalho, ou mesmo pela escassez de recursos materiais disponíveis aos funcionários (OLIVEIRA et al., 2016).

3.1.2 *Desenvolvimento profissional e benefícios*

No tocante ao desenvolvimento profissional e Benefícios, aspectos condizentes às políticas de promoção de pessoas e benefícios oferecidos pela organização também têm influência sobre a satisfação por parte dos trabalhadores. Para Paz (2004) e Paschoal, Torres e Porto (2010), quando não há a percepção de que existam possibilidades de crescimento na organização, também há uma tendência de se diminuir a confiança do trabalhador para com as ações da organização. Sobre os benefícios, Bispo (2006) e Luz (2007) afirmaram que os fatores financeiros são variáveis também responsáveis pela manutenção do adequado clima organizacional, entretanto pode ter uma influência negativa caso os indivíduos não estejam suficientemente contemplados por tais ações.

Outro aspecto importante relacionado ao desenvolvimento profissional é o estímulo a autonomia. Neste sentido, Chaves e Guimarães (2016) chegaram à conclusão que a promoção da autonomia no trabalho tende a proporcionar, além de um clima agradável no trabalho, também a possibilidade de tornar as funções e decisões nesse contexto mais democráticas.

3.1.3 *Ergonomia*

Conforme destacam Canela, Lima e Santiago (2016) e Santos (2016), a ergonomia, que tem por objetivo possibilitar conforto aos indivíduos no trabalho, tende a ser percebida pelo funcionário como um fator positivo em relação ao clima organizacional. Do contrário, havendo más condições ergonômicas, pode acarretar descontentamentos e riscos à saúde física dos trabalhadores. Estivalet et al (2016) sinalizam que um ambiente seguro para a execução das funções laborais geralmente é associado à percepção positiva de clima organizacional.

3.2 **Gestão do conhecimento**

A Gestão do Conhecimento (GC) é a atuação sistematizada, formal e deliberada para capturar, preservar, compartilhar e (re)utilizar os conhecimentos tácitos e explícitos criados e empregados pelas pessoas durante as tarefas de rotina e de melhoria dos processos produtivos, de modo a gerar resultados mensuráveis para a organização e para as pessoas. Além disso, ela permite que uns aprendam com os outros, melhorando as suas operações, e impulsionando a geração de novos conhecimentos que podem trazer inovação e otimização aos produtos e processos. Assim, a GC é estratégica para a sobrevivência das empresas, ou seja, um fator de uso conhecimento na criação do valor. Pesquisas sugerem descobrir quais são os fatores motivadores a intenção de partilhar o conhecimento, assim como as barreiras a esta partilha, examinando os ambientes de trabalho e como fatores, como cultura, comportamento e CO, influenciam a GC (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

A GC trata do compartilhamento das melhores práticas e procedimentos, definindo padrões operacionais, de armazenamento de dados e recuperação de informações, colocando ênfase sobre as formas de promover, motivar, incentivar, fomentar e guiar o processo do conhecimento e suprime a ideia de capturar e distribuir o conhecimento. Além disso, considera-se que o conhecimento compõe um capital específico da empresa, atividades que incentivam a geração de novos conhecimentos correspondem a uma evolução ou uma atualização deste capital de conhecimento. Os ativos intangíveis, como o conhecimento, têm substituído os ativos tangíveis como principal motor do crescimento econômico, tais como máquinas, prédios, recursos físicos (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

Adicionalmente, a GC permite que a empresa ajude os funcionários no desenvolvimento de competências individuais, que, por conseguinte, geram inovação do produto e dos processos da empresa. A implantação da GC envolve fatores individuais, organizacionais e tecnológicos, sendo necessário pensar em desenvolvimento de carreira por meio do mapeamento das competências, ligado às metas individuais e ascensões de cargos no emprego (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

Uma dificuldade da GC é delinear as iniciativas para afetar a capacidade de criação de valor organizacional e medir este resultado no desempenho do negócio, o que destaca a importância da compreensão da integração da GC na estratégia e cultura da organização. Outra dificuldade é aproveitar o conhecimento tácito da organização, o potencial dos colaboradores que retêm este conhecimento dada as suas características intangíveis. Esta perspectiva de adequação inclui criação, codificação, disseminação, transferência, aplicação e uso do conhecimento. A relevância da GC está relacionada ao seu impacto sobre as melhorias de desempenho de negócios, ou seja, para que as organizações obtenham ganhos, elas têm de ser capazes de transformar suas áreas de conhecimento em produtos e serviços rentáveis, mas também de renovar de forma dinâmica as suas capacidades (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

Assim, é preciso continuar e ativamente adquirir, organizar, compartilhar e aplicar seus recursos de conhecimento. Além disso, os benefícios focam na significativa e contínua resolução de problemas organizacionais, que irão conectar a GC ao desempenho da empresa e demonstrar impactos financeiros e não financeiros. Quando existe interação e cooperação entre os membros de um grupo, há um maior interesse em trabalhar em conjunto para partilhar e desenvolver o conhecimento tácito e tentar promover melhores desempenho e aprendizagem uns dos outros. Quando os funcionários percebem um maior grau de cooperação na atmosfera da organização, eles estão mais propensos a construir relacionamentos com outros membros (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

Por conseguinte, é possível identificar fatores do clima organizacional que interferem na gestão do conhecimento.

3.2.1 Fatores do clima organizacional que interferem na gestão do conhecimento

Há um consenso na literatura, que aponta que o Clima Organizacional (CO) favorável, dado pela cooperação, envolvimento da liderança, estratégia organizacional e a cultura de equipe, propiciam a interação social, contato pessoal, comunicação aberta, socialização entre os funcionários, comportamentos de coordenação, elevado grau de autonomia, aumento da confiança e integração com o trabalho promovendo benefícios sobre a GC. Por conseguinte, há uma necessidade de criar um CO que ajude os membros da organização a desenvolver uma atitude favorável frente ao trabalho, seguido por normas subjetivas, motivações extrínsecas, envolvimento e visibilidade. Esses elementos constituem exemplos do impacto positivo e, por sua vez, melhores práticas do CO para favorecer a GC. Porém, organizações com muita formalização e centralização dificultam a integração entre os membros da organização e a interação social o que acaba promovendo barreiras do CO que comprometem o bom desempenho dos níveis da GC (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

Alguns critérios usados com frequência no mundo contemporâneo, como as novas tecnologias de informação e a inovação possuem também uma relação de causa efeito entre o CO e a GC. Organizações inovadoras precisam de um CO que estimule a mente aberta, empenhada e envolvida, relacionamentos de confiança e apoio mútuo para desenvolver novas ideias e responder rapidamente a novas oportunidades, propiciando reforçados níveis de gestão do conhecimento. O uso da tecnologia da informação pode auxiliar a aplicação da GC, para isso, deve prevalecer um clima de aderência ao sistema que deve ser prático e dinâmico, caso contrário, o impacto positivo pode ser revertido e visto como obstáculo nas organizações (RODRIGUEZ; MUNIZ JR; MUNYON, 2018).

Portanto, há necessidade de criar um CO que ajude os membros da organização a desenvolver uma atitude favorável diante do trabalho, seguido por normas subjetivas, motivação extrínseca (RAMAYAH; YEAP; IGNATIUS, 2013), envolvimento e visibilidade, processo no que a alta gerência deve ter liderança (BOH; WONG, 2013), promovendo um clima aberto que favoreça a tomada de riscos, a confiança e a interação aberta (BERTELS; KLEINSCHMIDT; KOEN, 2011), coletando e qualificando o conhecimento individual, o capital intelectual e organizando as informações da sua organização (TSENG; CHANG; CHEN, 2012).

Organizações inovadoras devem ter uma estrutura descentralizada, menos formalizada e mais integrada (CHEN; HUANG; HSIAO, 2010), precisando de um CO que estimule uma mente aberta, empenhada e envolvida, relacionamentos de confiança e apoio mútuo para desenvolver novas ideias e responder rapidamente a novas oportunidades, devendo envolver uma mudança cultural para o fortalecimento das redes locais, “cultural” (DIELEMAN, 2013), dedicando tempo em atividades de transformação do conhecimento

em inovações, proporcionando reforçados níveis de GC (CHEN; HUANG; HSIAO, 2010).

A liderança tem um rol fundamental na criação de CO e GC favoráveis, e algumas das melhores práticas são: criar uma cultura organizacional caracterizada por apoio da alta gerência e divisão de conhecimentos através da interação entre administradores e empregados. Os gerentes devem motivar os funcionários a propor ideias para novas oportunidades e fomentar uma cultura positiva de interação social para a implementação de iniciativas de GC, os gestores devem também cultivar um clima aberto, favorecendo a tomada de riscos, a confiança e a interação aberta (BERTELS; KLEINSCHMIDT; KOEN, 2011). O líder da gerência do conhecimento deve coletar e qualificar o conhecimento individual e organizar as informações acumuladas em banco de dados ou biblioteca (TSENG,; CHANG; CHEN, 2012).

No tocante a liderança, este é um fator deveras importante tanto relacionado ao suporte organizacional, como visto anteriormente, quanto a gestão do conhecimento. Assim, a liderança é o terceiro tópico relacionado ao clima organizacional.

3.3 Liderança

O conceito de liderança envolve, em suas definições mais usuais, três elementos: influência, grupo e objetivo. Os líderes tratariam de influenciar, induzir e impactar o comportamento de outros, processo que se dá em um contexto grupal. O último elemento envolve a ideia de direção – o comportamento dos membros do grupo é influenciado no sentido de determinados objetivos. Esses elementos tiveram destaque e foram aplicados na teoria e na pesquisa sobre liderança, marcadamente até a metade dos anos 1980. A partir de então, as definições empregadas utilizam o conceito da “gestão do simbólico”. A característica fundamental da liderança, na perspectiva simbólica, seria promover valores que forneçam significados partilhados sobre a natureza da organização. Desta forma, os líderes seriam aqueles que “mudam a forma das pessoas pensarem sobre o que é desejável, possível e necessário SANTOS; PARANHOS, 2017, CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020).

Os líderes são os chefes visíveis das organizações e são responsáveis por projetar e definir o ambiente onde os funcionários realizam seu trabalho. Assim, eles são responsáveis por promover diferentes recursos e processos que podem influenciar as experiências de trabalho dos funcionários. O importante papel da liderança na saúde e no bem-estar dos trabalhadores tem sido reconhecido, com foco nos dois lados da moeda: a consideração dos líderes como potenciais estressores e como potencializadores da saúde (TORDERA; MONTESA; MARTINOLLI, 2020).

Os líderes podem atuar como estressores quando fazem altas demandas e / ou exercem uma liderança pobre ou abusiva. Além disso, a liderança ineficaz pode expor os funcionários a outros estressores no local de trabalho, como sobrecarga de funções e insegurança no trabalho. A liderança eficaz também pode ser um fator chave no

desenvolvimento de funcionários saudáveis e organizações sustentáveis. O contexto social do local de trabalho é um fator chave na determinação do bem-estar dos funcionários, em que a relação com o líder desempenha um papel central. Os líderes podem facilitar o acesso a recursos valiosos, como autonomia, reconhecimento e recompensas ou oportunidades de autodesenvolvimento. Esses recursos podem promover diretamente o bem-estar ou amortecer os efeitos negativos das demandas de trabalho (TORDERA; MONTESA; MARTINOLLI, 2020)

Desta forma, o reconhecimento da missão do serviço em questão e atribuições para alcançá-la é algo fundamental para a efetividade e, por consequência, para um clima organizacional adequado ao funcionamento fluido deste serviço. Assim, o conhecimento do líder sobre as atribuições de cada membro do grupo para alcançar o objetivo é essencial, havendo a possibilidade de mobilizar as competências de cada um para este fim utilizando-se de habilidades gerenciais específicas interpessoais, intrapessoais, intelectuais e técnicas.

Existe a proposição de oito práticas para os gerentes eficazes: (i) perguntar o que precisa ser feito; (ii) perguntar o que é bom para a instituição; (iii) fazer planos de ação; (iv) assumir a responsabilidade pela decisão; (v) assumir a responsabilidade pela comunicação; (vi) focar em oportunidades ao invés de em problemas; (vii) fazer reuniões produtivas e, (viii) falar “nós” ao invés de “eu” (SANTOS; PARANHOS, 2017).

No tocante a liderança, serão abordadas a liderança colaborativa e a teoria da troca líder-membro. No caso, frise-se que a liderança colaborativa pode ser interpretada como um meio de viabilizar uma interação líder-liderado intersubjetiva como preconizado nesta teoria da troca líder-membro. Assim, esta teoria da troca líder-membro seria um construto conceitual e a liderança colaborativa uma forma de operacionalização deste construto.

3.3.1 Liderança colaborativa e formas participativas de gestão

A necessidade de liderança colaborativa e formas participativas de gestão emergem dos alicerces da democracia e da necessidade de representação nas burocracias públicas. Portanto, o compartilhamento da tomada de decisão e do controle permitem que os membros da equipe assumam um papel mais participativo para que a máquina pública funcione de forma mais eficaz (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020). Pesquisas anteriores mostraram que formas colaborativas e compartilhadas de liderança são adequadas para a maioria das instituições governamentais, especialmente nas áreas de saúde, educação e gerenciamento de projetos (CURRIE; LOCKETT, 2011; OSPINA, 2017; WHITE; CURRIE; LOCKETT, 2016). Uma vez que esses ambientes compreendem uma gama de organizações baseadas no conhecimento, que são caracterizadas por alta complexidade de tarefas e funcionários qualificados, os servidores públicos são mais propensos a assumir funções de liderança e responsabilidades (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020).

A liderança compartilhada (liderança distribuída, horizontal ou plural) pode ser entendida como um processo coletivista, no qual várias pessoas assumem papéis de liderança, tanto formal quanto informalmente. Nesse processo, a responsabilidade da liderança é dividida entre os indivíduos de acordo com suas competências únicas. A combinação de diferentes experiências pode criar um tipo de liderança mais forte, baseada no compartilhamento de conhecimentos e competências. Nessa perspectiva coletivista, a liderança não é apenas um estilo ou conjunto de ações e características individuais, mas um processo de influência entre dois ou mais indivíduos, conduzindo e influenciando-se mutuamente, em direção ao alcance de um objetivo comum (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020).

Organizações complexas, baseadas no conhecimento, com profissionais altamente qualificados são as adequadas para o desenvolvimento de lideranças compartilhadas, pois esses indivíduos costumam preferir trabalhar de forma independente de forma integrada. Nesse contexto, compartilhar a liderança é fundamental, pois é difícil para um único líder ter todos os conhecimentos e habilidades necessárias para liderar as diferentes especialidades de trabalho (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020). Devido a essas condições específicas, pesquisas anteriores geralmente encontraram efeitos mais fortes de formas plurais de liderança em equipes de alta administração (MIHALACHE et al., 2014), voluntários (ROUTHIEAUX, 2015); equipes virtuais (DRESCHER et al., 2014) e equipes de pesquisa e desenvolvimento (FAUSING et al., 2015).

A liderança compartilhada é uma forma de desenvolver práticas de gestão mais consistentes, promovendo um ambiente de trabalho mais integrado e satisfatório para os membros da equipe. Nesse sentido, é fundamental apontar que a liderança compartilhada é um processo que emerge da interação entre os indivíduos. Portanto, algumas condições podem facilitar ou mesmo restringir a distribuição da liderança (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020).

Pesquisas mostraram o impacto da liderança compartilhada nos indicadores de desempenho, como produtividade, comprometimento, inovação e desempenho de serviço (LACERENZA; SALAS, 2017; FITZGERALD et al., 2013) e como a estrutura institucional pode afetar a dinâmica da liderança distribuída (CURRIE; KOTEYKO; NERLICH, 2009). No entanto, poucos estudos examinaram empiricamente quais características de equipe podem ajudar as formas plurais de liderança a florescer. A segurança participativa é apontada como um facilitador do surgimento de liderança compartilhada em organizações públicas.

A segurança participativa refere-se a um ambiente de equipe interna positivo, caracterizado por propósito compartilhado, apoio social e voz que pode facilitar o surgimento de liderança compartilhada em um contexto público. A ênfase no tocante ao contexto público é importante em virtude de características próprias que interferem na liderança exercida (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020). Como apontado por Perry e

Rainey (1988), enquanto as instituições privadas são de propriedade privada, as públicas são de propriedade coletiva da comunidade a que servem, que financia suas ações por meio de impostos e tem uma influência essencial nas ações organizacionais. Além disso, as empresas públicas lidam com metas intangíveis, simbólicas, múltiplas e desafiadoras para medir que devem respeitar princípios como democracia, justiça, capacidade de resposta, equidade social, abertura, responsabilidade e correção moral. Frequentemente, alguns desses objetivos são conflitantes e fortemente influenciados por atores políticos e escrutínio público (CURRIE; KOTEYKO; NERLICH, 2009). As diferenças no capital humano também são uma distinção importante entre a administração pública e privada. As agências governamentais frequentemente elaboraram estruturas administrativas que tornam a gestão mais complexa e sobrecarregam o pessoal com burocracia excessiva (VAN WART, 2013). Além disso, os líderes públicos não têm total liberdade para contratar e demitir seus funcionários, e existem poucos motivadores extrínsecos para estimular o trabalho dos servidores públicos (por exemplo, aumentos, bônus e promoções).

Além disso, os funcionários públicos apresentam muitas características comportamentais diferentes dos que atuam em empresas privadas, como maior senso de identificação com as missões organizacionais e maior motivação intrínseca (BULLOCK; STRITCH; RAINEY, 2015; CHAPMAN et al., 2016). Por fim, a influência constante dos políticos e a existência de restrições institucionais também influenciam a tomada de decisão nessas burocracias, o que impacta sua eficácia (HVIDMAN; ANDERSEN, 2014). Apesar da estabilidade entre os servidores públicos, há um alto nível de rotatividade entre os nomeados políticos devido a mudanças em diferentes mandatos (BULLOCK; STRITCH; RAINEY, 2015), o que pode, em última análise, afetar o desempenho.

Devido às características mencionadas acima, algumas práticas de liderança podem ser mais adequadas ao contexto público. A liderança transformacional, por exemplo, foi sugerida como uma boa opção para agências governamentais, pois realça dois aspectos críticos da natureza de tais organizações: valência de missão e clareza de objetivos, sendo que ambos impactam resultados importantes, como desempenho, satisfação e motivação (WRIGHT; MOYNIHAN; PANDEY, 2011)

No entanto, como a inclusão democrática e o pluralismo são características vitais da administração pública, um estilo coletivo de liderança pode se adequar ainda melhor a esse tipo de organização, pois a distribuição da liderança reflete melhor o caráter integrador e participativo das burocracias governamentais. Como tal, o processo de compartilhamento da liderança pode ser uma forma mais apropriada de atingir os objetivos essenciais do líder público (por exemplo, servir ao interesse público, promover a democracia e a ética) do que os processos verticais e hierárquicos de liderança (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020).

O principal argumento da liderança colaborativa consiste na dificuldade de uma única pessoa possuir todas as características e competências necessárias para uma

liderança eficaz, questão que se torna ainda mais difícil nos dias de hoje, com o aumento da complexidade das organizações e a necessidade de adaptação às constantes mudanças. Além disso, muitas abordagens contemporâneas de liderança têm se concentrado na perspectiva relacional da liderança, percebendo-a como uma prática não hierárquica que se distribui por toda a organização (CARVALHO; SOBRAL; MANSUR, 2020). Portanto, ter um processo de liderança horizontal que conta com líderes plurais com diferentes competências e habilidades pode ser uma forma eficaz de lidar com os dilemas das organizações contemporâneas (VAN WART, 2013).

3.3.2 Teoria da troca líder-membro (relação intersubjetiva líder-liderado)

Diferentes abordagens teóricas propuseram e exploraram uma relação positiva entre liderança eficaz e bem-estar dos funcionários. A teoria da troca líder-membro tem se mostrado uma estrutura apropriada para estudar essas relações (MONTANO et al., 2017). Em comparação com outras abordagens de liderança, tem sido sugerida como a melhor para explorar essas conexões (GREGERSEN; VINCENT-HÖPER; NIENHAUS, 2014). Por exemplo, em sua meta-análise sobre liderança e saúde, Montano et al (2017) descobriram que a teoria da troca líder-membro estava associada a níveis mais elevados de bem-estar e funcionamento. Eles também descobriram que a teoria da troca líder-membro estava relacionada a níveis mais baixos de sintomas afetivos, como esgotamento, estresse e queixas de saúde. Além disso, o bem-estar media a relação entre teoria da troca líder-membro e desempenho.

A teoria da troca líder-membro é baseada na premissa de que os líderes não usam o mesmo estilo ou comportamento de maneira uniforme com todos os subordinados. Em vez disso, os líderes tendem a formar relacionamentos únicos com cada subordinado. As relações de troca recíproca de alta qualidade são geralmente descritas como tendo níveis positivos de respeito e confiança. Consequentemente, os subordinados na teoria da troca líder-membro elevados representam o “dentro do grupo”, que é caracterizado pela comunicação privilegiada, enquanto aqueles que não têm um relacionamento teoria da troca líder-membro de alta qualidade formam o “grupo externo” (TORDERA; MONTESA; MARTINOLLI, 2020).

Por outro lado, os indivíduos que alcançam um status “dentro do grupo” se beneficiam de receber atribuições de trabalho desejáveis e maiores níveis de suporte de seu supervisor. Além disso, os membros do grupo geralmente recebem mais amplitude de decisão no trabalho. Por outro lado, espera-se que os membros do “grupo externo” cumpram os elementos básicos do contrato de trabalho, onde o trabalho é simplesmente trocado por um salário, com poucas oportunidades para uma interação superior-subordinado favorável (TORDERA; MONTESA; MARTINOLLI, 2020). Os membros do “grupo externo” raramente, ou nunca, se reúnem com os supervisores, recebem pouco feedback de desempenho e

frequentemente recebem tarefas monótonas, o que levou Lagace (1990) a classificar esses indivíduos como “trabalhadores contratados” (p. 12)

Líderes de alta qualidade foram descritos como recursos importantes para funcionários, e pesquisas descobriram que subordinados que gostam de alta interação líder-liderado são mais propensos a receber oportunidades de treinamento, controle sobre seu trabalho, informações, suporte, ou melhor qualidade de comunicação (NIELSEN, 2017). Por essas razões, espera-se que a interação líder-liderado de alta qualidade afete positivamente o bem-estar dos funcionários.

A este respeito, a relação entre qualidade da interação líder-liderado e estresse foi explorada, e pesquisas descobriram que está negativamente relacionado à percepção de estressores no trabalho, como ambiguidade de papéis, conflito de papéis, sobrecarga de papéis e conflito vida-trabalho por exemplo (CULBERTSON; HUFFMAN; ALDEN-ANDERSON, 2010; DUNEGAN; UHL-BIEN; DUCHON, 2002; GERSTNER; DAY, 1997; TORDERA ET AL., 2008). Da mesma forma, foi negativamente relacionado à experiência geral de estresse e níveis mais baixos de burnout (SON; KIM; KIM, 2014). Esses resultados foram confirmados em uma recente meta-análise de Harms et al. (2017). A pesquisa também estudou extensivamente a relação entre a interação líder-liderado e aspectos cognitivos do bem-estar relacionado ao trabalho, como satisfação no trabalho, encontrando consistentemente relacionamentos positivos (DULEBOHN ET AL., 2012, GERSTNER; DAY, 1997; LIAO ET AL, 2017) . Alguns estudos também consideraram indicadores de bem-estar livres de contexto, como satisfação com a vida, e descobriram que eles estavam relacionados à qualidade interação líder-liderado (GONZÁLEZ-NAVARRO ET AL. 2019; KACMAR; CARLSON; BRYMER, 1999). No entanto, deve-se observar que o bem-estar do funcionário é um conceito amplo que compreende várias conceituações e operacionalizações, que vão desde a saúde física até a satisfação no trabalho, envolvimento ou bem-estar psicológico.

3.3.2.1 O Contexto da Teoria da troca líder-membro: Clima Organizacional como uma Condição Limite

Clima organizacional é um conceito amplo que abrange as percepções dos funcionários sobre o ambiente de trabalho, em termos de procedimentos, práticas e comportamentos (ROUSSEAU, 1988; SCHNEIDER, 1990) que refletem os valores, crenças normativas e premissas que caracterizam a cultura da organização. Além disso, diferentes dimensões foram propostas e examinadas, levando à definição de climas genéricos e focalizados. Para ambos os tipos, muitos estudos mostraram que o clima organizacional está positivamente relacionado ao bem-estar dos funcionários (PAULIN; GRIFFIN, 2016; VIITALA; TANSKANEN; SÄNTTI, 2015). A teoria da troca líder-membro é um recurso valioso para os funcionários que lhes proporciona altos níveis de confiança, suporte e autonomia e, por sua vez, afeta seu bem-estar. No entanto, esses recursos podem ser especialmente benéficos para o bem-estar dos funcionários em contextos de trabalho mais enriquecidos e

/ ou exigentes. De fato, nesses contextos, a autonomia e o apoio fornecidos pelos líderes são mais úteis para lidar com oportunidades de realizar tarefas, implementar novas ideias ou alcançar níveis mais elevados de realização e autodesenvolvimento. Nesse sentido, a qualidade da teoria da troca líder-membro e o clima organizacional podem criar sinergias exclusivas que influenciarão positivamente o bem-estar dos funcionários.

De fato, pesquisas anteriores mostraram que diferentes dimensões do clima psicológico moderam a relação entre interação líder-liderado e a percepção de sobrecarga de papéis (TORDERA ET AL., 2008). Mais especificamente, as percepções de climas altamente enriquecidos orientados para suporte, inovação, metas e regras foram encontradas para fortalecer a relação negativa entre a interação líder-liderado e sobrecarga de papéis. Assim, altas interações líder-liderado estariam associadas a menos sobrecarga de papéis no trabalho.

No tocante à inovação e metas, essas são duas características importantes do ambiente de trabalho que caracterizam as organizações dos tempos atuais (2022).

Ambientes de trabalho caracterizados por uma alta orientação para a inovação podem fornecer um contexto mais enriquecedor, onde os funcionários podem encontrar níveis mais elevados de significância e oportunidades de crescimento. Isso seria alcançado procurando por novas soluções para problemas, encontrando novas formas de trabalhar, elaborando novos produtos ou serviços, ou implementando novas idéias. De fato, o clima de inovação tem sido positivamente relacionado ao bem-estar e negativamente às reações de estresse (GONZÁLEZ-ROMÁ; PEIRÓ; TORDERA, 2002; NEWMAN ET AL., 2019). Ao mesmo tempo, ambientes inovadores requerem um alto nível de recursos cognitivos e emocionais (MONTANI ET AL., 2019). Em tais contextos, os recursos fornecidos pela alta qualidade da interação líder-liderado, como informações, suporte e autonomia, serão mais valiosos. Portanto, propomos que os funcionários com percepções mais elevadas do clima de inovação se beneficiem mais da teoria da troca líder-membro para se manterem bem.

O cumprimento das metas é um fator chave para o sucesso das organizações. Ambientes de trabalho orientados para objetivos podem exigir maiores exigências de alto desempenho. Ao mesmo tempo, podem ser definidos como ambientes orientados para a maestria, onde o conhecimento e o desenvolvimento de habilidades, a aprendizagem e o crescimento são enfatizados (ADRIAENSSENS et al, 2015). Altos níveis de orientação para metas de domínio foram relacionados a níveis mais altos de engajamento e níveis mais baixos de burnout (ADRIAENSSENS et al, 2015). No que diz respeito às percepções climáticas, um clima de orientação para metas tem sido positivamente relacionado ao bem-estar ocupacional (GONZÁLEZ-ROMÁ; PEIRÓ; TORDERA, 2002). Em um contexto com uma orientação mais elevada para as metas, os recursos fornecidos pelos líderes podem criar sinergias que podem aumentar seu efeito no bem-estar dos funcionários. Ao mesmo tempo, os recursos fornecidos pela teoria da troca líder-membro, como autonomia, suporte e confiança, podem ser mais úteis em ambientes de trabalho caracterizados por um clima

de orientação para metas.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado, o desempenho no trabalho é afetado por variáveis contextuais, como o clima organizacional. Pode-se afirmar que o clima varia, pois depende de como o contexto de trabalho afeta os comportamentos e as atitudes de quem faz parte dele. As pesquisas de clima consideram, portanto, as percepções das pessoas sobre o ambiente de trabalho que possam esclarecer melhor as várias relações, hierarquias e o próprio ambiente que permeia a organização. Essa percepção tem impacto sobre como e quanto os funcionários trabalham (PAULA; QUEIROGA, 2015)

Ao medir o clima organizacional, é importante considerar que clima refere-se a um atributo da organização, pois é comum na literatura localizar o clima como um atributo meso, ou seja, no nível das equipes, setores ou unidades de trabalho. Por outro lado, apesar de ser coletiva, a mensuração, em geral, ocorre no nível individual, uma vez que a organização não fornece esses dados diretamente, mas por meio dos indivíduos. Assim, é prática comum aplicar escalas psicométricas, respondidas individualmente, e calcular fatores gerais que representam o clima de um setor ou organização. Pode-se também recolher e analisar as percepções individuais compartilhadas sobre políticas, práticas e procedimentos da instituição. Ambos os caminhos são viáveis, porém, o pesquisador deve estar ciente do nível de análise e ter definições claras (PAULA; QUEIROGA, 2015).

Em relação ao clima organizacional, o mapeamento realizado neste estudo para responder “Quais fatores interferem no clima organizacional ? ” viabilizou a identificação dos fatores: *suporte organizacional; gestão do conhecimento e liderança.*

REFERÊNCIAS

ABREU, Nelsio Rodrigues de et al. Análise dos fatores intraorganizacionais influenciadores no clima organizacional em um Hospital Universitário. *Race*, [s. l.], v. 12, n. 1, p. 39-70, Jun. 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5160831>

ADRIAENSSENS, Jef; GUCHT, Veronique de; MAES, Stan. Association of goal orientation with work engagement and burnout in emergency nurses. *Journal Of Occupational Health*, [S.L.], v. 57, n. 2, p. 151-160, mar. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1539/joh.14-0069-0a>.

ALVES, Valdenis de Deus; NEIVA, Elaine Rabelo; PAZ, Maria das Graças Torres da. Configurações de poder, suporte organizacional e bem-estar pessoal em uma organização pública. *Psicol. pesq.*, Juiz de Fora, v. 8, n. 2, p. 159-169, dez. 2014. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-12472014000200005&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 26 fev. 2022. <http://dx.doi.org/10.5327/Z1982-1247201400020005>.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 63 de 25 de Novembro de 2011. Dispõe sobre os Requisitos de Boas Práticas de Funcionamento para os Serviços de Saúde. Acesso em: 2014 03 dez. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/3fcb208049af5f1e96aeb66dcbd9c63c/RDC+36+de+25_11_2011+Vers%C3%A3o+Publicada.pdf?MOD=AJPERES

ASELAGE, Justin; EISENBERGER, Robert. Perceived organizational support and psychological contracts: A theoretical integration. *Journal of Organizational Behavior*. *Journal Of Organizational Behavior*, [s. l.], v. 24, n. 5, p. 491-509, 2003. Disponível em: <https://psycnet.apa.org/record/2003-07370-004>. DOI: <https://doi.org/10.1002/job.211>

BALDUCCI, Daniel; KANAANE, Roberto. Relevância da gestão de pessoas no clima organizacional de uma empresa de engenharia. *Bol. - Acad. Paul. Psicol.*, São Paulo, v. 27, n. 2, p. 133-147, dez. 2007. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-711X2007000200012&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 26 fev. 2022.

BENDASSOLLI, P. F. ; MALVEZZI, S. . Desempenho no trabalho: definições, modelos teóricos e desafios à gestão. In: Livia de Oliveira Borges; Luciana Mourão. (Org.). *O trabalho e as organizações: modos de atuação a partir da psicologia*. 1ed. Porto Alegre: Artmed, 2013, v. , p. 53-84.

BERTELS, Heidi M. J.; KLEINSCHMIDT, Elko J.; KOEN, Peter A. Communities of Practice versus Organizational Climate: which one matters more to dispersed collaboration in the front end of innovation? *Journal Of Product Innovation Management*, [S.L.], v. 28, n. 5, p. 757-772, abr. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-5885.2011.00836.x>.

BISPO, Carlos Alberto Ferreira. Um novo modelo de pesquisa de clima organizacional. *Production*, [S.L.], v. 16, n. 2, p. 258-273, ago. 2006. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132006000200007>.

BOH, Wai; WONG, Sze. Organizational Climate and Perceived Manager Effectiveness: influencing perceived usefulness of knowledge sharing mechanisms. *Journal Of The Association For Information Systems*, [S.L.], v. 14, n. 3, p. 122-152, mar. 2013. Association for Information Systems. <http://dx.doi.org/10.17705/1jais.00326>.

BULLOCK, Justin B.; STRITCH, Justin M.; RAINEY, Hal G. International Comparison of Public and Private Employees' Work Motives, Attitudes, and Perceived Rewards. *Public Administration Review*, [s. l.], v. 75, n. 3, p. 479-489, fev. 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/puar.12356>. Acesso em: 26 fev. 2022.

CANELA, Danilo Crisóstomo da Silva; LIMA, Murilo Campos Rocha; SANTIAGO, Alvany Maria dos Santos. Clima Organizacional: estudo de caso em um instituto federal de educação, ciência e tecnologia. *Id On Line Revista de Psicologia*, [S.L.], v. 10, n. 30, p. 210-224, 3 jul. 2016. *Lepidus Tecnologia*. <http://dx.doi.org/10.14295/idonline.v10i30.436>.

CARVALHO, Juliana; SOBRAL, Filipe; MANSUR, Juliana. Exploring shared leadership in public organizations: evidence from the educational arena. *Revista de Administração Pública*, [S.L.], v. 54, n. 3, p. 524-544, jun. 2020. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-761220190319x>.

CASIMIR, Gian et al. The relationships amongst leader-member exchange, perceived organizational support, affective commitment, and in-role performance. *Leadership & Organization Development Journal*, [S.L.], v. 35, n. 5, p. 366-385, 1 jul. 2014. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/loj-04-2012-0054>.

CHAPMAN, Carrie et al. HOW PUBLIC SERVICE LEADERSHIP IS STUDIED: an examination of a quarter century of scholarship. *Public Administration*, [S.L.], v. 94, n. 1, p. 111-128, 8 ago. 2015. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/padm.12199>.

CHAVES, Jaqueline Alves; GUIMARÃES, Maria da Gloria Vitário. Análise do clima organizacional em centro cirúrgico de um Hospital Universitário da cidade de Manaus. *Rev Farol*, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 205-209, 2016. Disponível em: <https://www.revistafarol.com.br/index.php/farol/article/view/25/26>

CHEN, Chung-Jen; HUANG, Jing-Wen; HSIAO, Yung-Chang. Knowledge management and innovativeness. *International Journal Of Manpower*, [S.L.], v. 31, n. 8, p. 848-870, 16 nov. 2010. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/01437721011088548>.

CHEN, Yu-Ping; SHAFFER, Margaret A. The influences of perceived organizational support and motivation on self-initiated expatriates' organizational and community embeddedness. *Journal Of World Business*, [S.L.], v. 52, n. 2, p. 197-208, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jwb.2016.12.001>.

CULBERTSON, Satoris S.; HUFFMAN, Ann H.; ALDEN-ANDERSON, Rachel. Leader-Member Exchange and Work-Family Interactions: the mediating role of self-reported challenge- and hindrance-related stress. *The Journal Of Psychology*, [S.L.], v. 144, n. 1, p. 15-36, 24 nov. 2009. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/00223980903356040>.

CURRIE, Graeme; KOTEYKO, Nelya; NERLICH, Brigitte. The dynamics of professions and development of new roles in public services organizations: the case of modern matrons in the english nhs. *Public Administration*, [S.L.], v. 87, n. 2, p. 295-311, 22 maio 2009. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9299.2009.01755.x>.

CURRIE, Graeme; LOCKETT, Andy. Distributing Leadership in Health and Social Care: concertive, conjoint or collective?. *International Journal Of Management Reviews*, [S.L.], v. 13, n. 3, p. 286-300, 21 abr. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1468-2370.2011.00308.x>.

DECONINCK, James B.. The effect of organizational justice, perceived organizational support, and perceived supervisor support on marketing employees' level of trust. *Journal Of Business Research*, [S.L.], v. 63, n. 12, p. 1349-1355, dez. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbusres.2010.01.003>.

DIELEMAN, Hans. Organizational learning for resilient cities, through realizing eco-cultural innovations. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], v. 50, p. 171-180, jul. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.027>.

DRESCHER, Marcus A et al. The dynamics of shared leadership: building trust and enhancing performance.. *Journal Of Applied Psychology*, [S.L.], v. 99, n. 5, p. 771-783, 2014. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/a0036474>.

DULEBOHN, James H et al. A Meta-Analysis of Antecedents and Consequences of Leader-Member Exchange. *Journal Of Management*, [S.L.], v. 38, n. 6, p. 1715-1759, 19 jul. 2011. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0149206311415280>

DUNEGAN, Kenneth J.; UHL-BIEN, Mary; DUCHON, Dennis. LMX and subordinate performance: The moderating effects of task characteristics. *Journal Of Business And Psychology*, [S.L.], v. 17, n. 2, p. 275-285, 2002. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1019641700724>.

ESTIVALETE, V.F.B et al. Suporte Social e Suporte Organizacional como Antecedentes do Bem-Estar no Trabalho: a perspectiva de colaboradores de uma empresa de logística ferroviária. *Revista de Administração da Unimep*, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 31-56, 31 ago. 2016. Instituto Educacional Piracicabano da Igreja Metodista. <http://dx.doi.org/10.15600/1679-5350/rau.v14n2p31-56>

FAUSING, Maj Schoeler et al. Antecedents of shared leadership: empowering leadership and interdependence. *Leadership & Organization Development Journal*, [S.L.], v. 36, n. 3, p. 271-291, 5 maio 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/loj-06-2013-0075>.

FERRARI, Hugo Cardoso; BASILE, Julia Forline; PRESCILLA, Jhenifer Dias. Clima e suporte organizacional: avaliação e relação entre as temáticas. *CES Psicol. Medellín*, v. 12, n. 2, p. 65-82, Aug. 2019. Available from <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2011-30802019000200065&lng=en&nrm=iso>. access on 26 Feb. 2022. <https://doi.org/10.21615/cesp.12.2.6>.

FITZGERALD, Louise et al. Distributed leadership patterns and service improvement: evidence and argument from english healthcare. *The Leadership Quarterly*, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 227-239, fev. 2013. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.leaqua.2012.10.012>.

FORMIGA, Nilton; FLEURY, Luis Felipe de Oliveira; SOUZA, Marcos Aguiar de. Evidências de validade da escala de percepção de suporte organizacional em funcionários de empresa pública e privada. *Est. Inter. Psicol.*, Londrina, v. 5, n. 2, p. 60-76, 2014. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-64072014000200005&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 26 fev. 2022. <http://dx.doi.org/10.5433/2236-6407.2014v5n2p34>.

FORMIGA, N. Soares et al. Suporte organizacional em trabalhadores de diferentes empresas: comprovação de uma medida. *Revista de Psicología Universidad de Antioquia*, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 9–19, 2015. Disponível em: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/psicologia/article/view/25260>. Acesso em: 26 fev. 2022..

FUTRIS, Ted G.; SCHRAMM, David G.; RICHARDSON, Evin W.; LEE, Tae Kyoung. The impact of organizational support on the transfer of learning to practice. *Children And Youth Services Review*, [S.L.], v. 51, p. 36-43, abr. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.childyouth.2015.01.019>.

GARIGLIO, M. T. O cuidado em saúde. In: MINAS GERAIS. Escola de Saúde Pública do Estado de Minas Gerais. Oficinas de qualificação da atenção primária à saúde em Belo Horizonte: Oficina 2 – atenção centrada na pessoa. Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <https://www.nescon.medicina.ufmg.br/biblioteca/ imagem/4097.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019

GERSTNER, Charlotte R.; DAY, David V. Meta-Analytic review of leader–member exchange theory: correlates and construct issues. *Journal Of Applied Psychology*, [S.L.], v. 82, n. 6, p. 827-844, 1997. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.82.6.827>

GREGERSEN, Sabine; VINCENT-HÖPER, Sylvie; NIENHAUS, Albert. Health-Relevant Leadership Behaviour: a comparison of leadership constructs. *German Journal Of Human Resource Management: Zeitschrift für Personalforschung*, [S.L.], v. 28, n. 1-2, p. 117-138, fev. 2014. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/239700221402800107>.

GOMES, J. L. P. Análise do clima organizacional: o caso do Atacadão Vicunha. 2015. 79 f. [Trabalho de Conclusão de Curso] – Centro de Ensino Superior do Seridó, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

- GONZÁLEZ-NAVARRO, Pilar et al Culture, Work, and Subjective Well-Being: the role of Imx and resilience in spanish and chinese cultures. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, [S.L.], v. 16, n. 24, p. 4945, 6 dez. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16244945>
- GONZÁLEZ-ROMÁ, Vicente; PEIRÓ, José M.; TORDERA, Núria. An examination of the antecedents and moderator influences of climate strength. *Journal Of Applied Psychology*, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 465-473, 2002. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.87.3.465>
- GILLET, Nicolas; HUART, Isabelle; COLOMBAT, Philippe; FOUQUEREAU, Evelyne. Perceived organizational support, motivation, and engagement among police officers. *Professional Psychology: Research and Practice*, [S.L.], v. 44, n. 1, p. 46-55, 2013. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/a0030066>.
- HARMS, P.D.; et al. Leadership and stress: a meta-analytic review. *The Leadership Quarterly*, [S.L.], v. 28, n. 1, p. 178-194, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.leaqua.2016.10.006>.
- HVIDMAN, Ulrik; ANDERSEN, Simon Calmar. Impact of Performance Management in Public and Private Organizations. *Journal Of Public Administration Research And Theory*, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 35-58, 5 abr. 2013. Oxford University Press (OUP). <http://dx.doi.org/10.1093/jopart/mut019>.
- KACMAR, K. Michele; CARLSON, Dawn S.; BRYMER, Robert A. Antecedents and Consequences of Organizational Commitment: a comparison of two scales. *Educational And Psychological Measurement*, [S.L.], v. 59, n. 6, p. 976-994, dez. 1999. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/00131649921970297>.
- KIM, Kyoung Yong; EISENBERGER, Robert; BAIK, Kibok. Perceived organizational support and affective organizational commitment: moderating influence of perceived organizational competence. *Journal Of Organizational Behavior*, [S.L.], v. 37, n. 4, p. 558-583, 10 jan. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/job.2081>.
- KURTESSIS, James N et al. Perceived Organizational Support: a meta-analytic evaluation of organizational support theory. *Journal Of Management*, [S.L.], v. 43, n. 6, p. 1854-1884, 12 mar. 2015. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0149206315575554>
- LACERENZA, Christina Noelle; SALAS, Eduardo. The New Leader on the Block: a review and research agenda of shared leadership. *Academy Of Management Proceedings*, [S.L.], v. 2017, n. 1, p. 17153, ago. 2017. Academy of Management. <http://dx.doi.org/10.5465/ambpp.2017.17153abstract>.
- LAGACE, Rosemary R.. Leader-Member Exchange: Antecedents and Consequences of the Cadre and Hired Hand. *The Journal Of Personal Selling And Sales Management*, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 11-19, 1990. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/40471781>. Acesso em: 26 fev. 2022.
- LIAO, Shu-Sien; et al. LMX and employee satisfaction: mediating effect of psychological capital. *Leadership & Organization Development Journal*, [S.L.], v. 38, n. 3, p. 433-449, 2 maio 2017. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/loj-12-2015-0275>
- LIU, Li et al. Positive resources for combating depressive symptoms among Chinese male correctional officers: perceived organizational support and psychological capital. *Bmc Psychiatry*, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 1-9, 19 mar. 2013. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1186/1471-244x-13-89>.
- LUZ, R. *Gestão do clima organizacional*. 3. ed. Rio de Janeiro: Quality, 2007

MARTINS, Maria do Carmo Fernandes. Clima organizacional. In: SIQUEIRA, Mirlene Maria Matias. Medidas do comportamento organizacional: ferramentas de diagnóstico e de gestão. Porto Alegre: Artmed, 2008. p. 29-40.

MEDEIROS, D. L. Clima organizacional e satisfação: o caso da companhia de serviços urbanos de Natal – URBANA. 2014. Monografia (graduação em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Departamento de Ciências Administrativas, Natal, 2014. Disponível em: <http://monografias.ufrn.br/handle/123456789/835>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MELO, R. A. A satisfação dos colaboradores de uma rede de supermercados de Rio Branco em relação aos indicadores de qualidade de vida no trabalho, 2011. (Monografia de graduação). Recuperado de <http://bdm.unb.br/handle/10483/3256>

MENEZES, Igor Gomes; GOMES, Ana Cristina Passos. Clima organizacional: uma revisão histórica do construto doi 10.5752/p.1678-9563.2010v16n1p158. Psicologia em Revista, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 158-179, 13 set. 2010. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. <http://dx.doi.org/10.5752/p.1678-9563.2010v16n1p158>.

MIHALACHE, Oli R et al. Top Management Team Shared Leadership and Organizational Ambidexterity: a moderated mediation framework. Strategic Entrepreneurship Journal, [S.L.], v. 8, n. 2, p. 128-148, 25 out. 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/sej.1168>

MONTANI, Francesco; et al. Examining the inverted U-shaped relationship between workload and innovative work behavior: the role of work engagement and mindfulness. Human Relations, [S.L.], v. 73, n. 1, p. 59-93, 11 mar. 2019. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0018726718819055>.

MONTANO, Diego; REESKE, Anna; FRANKE, Franziska; HÜFFMEIER, Joachim. Leadership, followers' mental health and job performance in organizations: a comprehensive meta-analysis from an occupational health perspective. Journal Of Organizational Behavior, [S.L.], v. 38, n. 3, p. 327-350, 21 jul. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/job.2124>.

NEWMAN, Alexander; et al. Innovation climate: a systematic review of the literature and agenda for future research. Journal Of Occupational And Organizational Psychology, [S.L.], v. 93, n. 1, p. 73-109, 19 jul. 2019. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/joop.12283>.

NIELSEN, K. (2017). Leaders can make or break an intervention – but are they the villains of the play? In K. Kelloway, K. Nielsen, & J. Dimoff (Eds.), Leading to occupational health and safety: How leadership behaviours impact organizational safety and well-being (pp. 197–210).

OLIVEIRA, Tiago Fernandes; LINS, Vinicius Luis de; SILVA, Rosana Marques da; FONTOURA, Léia Viviane. Qualidade de vida no trabalho: um estudo comparativo entre professores de escola pública e privada / Quality of work life: A comparative study between public and private schools teachers. Psicol. Argum, [S.I.], v. 85, n. 34, p. 104-119, jun. 2016.

OSPINA, Sonia M.. Collective Leadership and Context in Public Administration: bridging public leadership research and leadership studies. Public Administration Review, [S.L.], v. 77, n. 2, p. 275-287, 21 dez. 2016. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/puar.12706>.

PASCHOAL, Tatiane; TORRES, Cláudio V; PORTO, Juliana Barreiros. Felicidade no trabalho: relações com suporte organizacional e suporte social. Revista de Administração Contemporânea, [S.L.], v. 14, n. 6, p. 1054-1072, dez. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-65552010000700005>.

- PAULA, Alexandre Pinto Vieira de; QUEIROGA, Fabiana. Satisfação no trabalho e clima organizacional: a relação com autoavaliações de desempenho. *Revista Psicologia Organizações e Trabalho*, [S.L.], v. 15, n. 4, p. 362-373, 2015. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.17652/rpot/2015.4.478>
- PAULIN, Deanna; GRIFFIN, Barbara. The relationships between incivility, team climate for incivility and job-related employee well-being: a multilevel analysis. *Work & Stress*, [S.L.], v. 30, n. 2, p. 132-151, 2 abr. 2016. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/02678373.2016.1173124>.
- PAZ, M. G. T. (2004). Poder e saúde organizacional. Em A. Tamayo (Org.), *Cultura e saúde nas organizações* (pp. 127-154). Porto Alegre: Artmed.
- PERRY, James L.; RAINEY, Hal G.. The Public-Private Distinction in Organization Theory: a critique and research strategy. *The Academy Of Management Review*, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 182, abr. 1988. Academy of Management. <http://dx.doi.org/10.2307/258571>.
- RAMAYAH, T; YEAP, Jasmine A. L.; IGNATIUS, Joshua. An Empirical Inquiry on Knowledge Sharing among Academicians in Higher Learning Institutions. *Eric*, [s. l], v. 51, n. 2, p. 131-154, jun. 2013.
- ROBBINS, S. P. *Comportamento organizacional*. 11ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- RODRIGUES, M. V et al. *Qualidade e acreditação em saúde*. Rio de Janeiro: Editora FGV; 2011.
- RODRIGUEZ, Indira Arias; MUNIZ JR, Jorge; MUNYON, Timothy. A relação entre clima organizacional e gestão do conhecimento: uma revisão da literatura. *Rev. Psicol., Organ. Trab., Brasília*, v. 18, n. 1, p. 316-325, mar. 2018. Disponível em <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-66572018000100006&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 26 fev. 2022. <http://dx.doi.org/10.17652/rpot/2018.1.13244>.
- ROUSSEAU, D. M. The construction of climate in organizational research. In C. L. Cooper & I. Robertson (Eds.), *International review of industrial and organizational psychology*.p. 137-158, 1998.
- ROUTHIEAUX, R. L. Shared leadership and its implications for nonprofit leadership. *The Journal of Nonprofit Education and Leadership*, v. 5, n. 3, p. 139-152, 2015.
- RUEDA, F. J. M., SANTOS, A. A. A. *Escala de Avaliação do Clima Organizacional (CLIMOR)*. Vetor Editora, São Paulo, 2011.
- SANTOS, L. J., PARANHOS, M. S. Os trabalhadores das Equipes de Saúde da Família no Rio de Janeiro: aspectos da liderança em pesquisa de clima organizacional. *Ciêns Saúde Colet*. v. 22, n.3, p.759-769, 2017
- SANTOS, V. B. A percepção do clima organizacional dos servidores públicos, sob a ótica da ergonomia: um estudo de caso nas recém-criadas coordenações de infraestrutura, finanças e compras da UFPE. *Dissertação de mestrado*. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016
- SANT'ANNA, Liliane Lima; PASCHOAL, Tatiane; GOSENDO, Eliana Elisabete Moreira. Bem-estar no trabalho: relações com estilos de liderança e suporte para ascensão, promoção e salários. *Revista de Administração Contemporânea*, [S.L.], v. 16, n. 5, p. 744-764, out. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-65552012000500007>

SEARS, Greg J.; ZHANG, Haiyan; HAN, Yu. Negative affectivity as a moderator of perceived organizational support – work outcome relationships. *Personality And Individual Differences*, [S.L.], v. 98, p. 257-260, ago. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2016.04.026>.

SHANOCK, Linda Rhoades; EISENBERGER, Robert. When supervisors feel supported: relationships with subordinates' perceived supervisor support, perceived organizational support, and performance. *Journal Of Applied Psychology*, [S.L.], v. 91, n. 3, p. 689-695, 2006. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.91.3.689>.

SCHNEIDER, B. *Organizational Climate and Culture*. Jossey-Bass. 1990.

SIQUEIRA, M. M. M. Satisfação no trabalho. In M. M. M. Siqueira (Org.), *Medidas do comportamento organizacional: Ferramentas de diagnóstico e gestão*, p. 265-274. Porto Alegre: Artmed, 2008.

SOUSA, Ivone Félix de; MENDONÇA, Helenides; ZANINI, Daniela Sacramento; NAZARENO, Elias. *Estresse Ocupacional, Coping e Burnout*. *Evs*, [s. l.], v. 36, n. 1, p. 57-74, fev. 2009.

SON, Sujin; KIM, Do-Yeong; KIM, Mina. How perceived interpersonal justice relates to job burnout and intention to leave: the role of leader-member exchange and cognition-based trust in leaders. *Asian Journal Of Social Psychology*, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 12-24, 22 jan. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/ajsp.12038>

SONNENTAG, Sabine; FRESE, Michael. Performance Concepts and Performance Theory. *Psychological Management Of Individual Performance*, [S.L.], p. 1-25, 28 jan. 2005. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/0470013419.ch1>.

TAMAYO, A.; BORGES, L. O. Valores del trabajo y valores de las organizaciones. In ROS, M.; GOUVEIA, V. (Orgs.). *Psicología social de los valores* (pp. 325-352). Madrid: Biblioteca Nueva, 2001.

TSENG, Chun-Pin; CHANG, Min-Li; CHEN, Cheng-Wu. Retracted: human factors of knowledge sharing intention among taiwanese enterprises. *Human Factors And Ergonomics In Manufacturing & Service Industries*, [S.L.], v. 22, n. 4, p. 328-339, 30 mar. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/hfm.20507>.

TORDERA, Núria; MONTESA, David; MARTINOLLI, Guido. LMX and Well-Being: psychological climates as moderators of their concurrent and lagged relationships. *Revista Psicologia: Organizações & Trabalho*, [S.L.], v. 20, p. 1284-1295, 2020. GN1 Genesis Network. <http://dx.doi.org/10.17652/rpot/2020.4.13>.

UNESP. Faculdade de Ciências Agrônômicas - Campus Botucatu. Tipos de Revisão de Literatura. Botucatu; 2015. Disponível em: Tipos de Revisão de Literatura - Unesp - Faculdade de Ciências Agrônômicas - Câmpus de Botucatu Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/#!/biblioteca/normas-tecnicas/tipos-de-revisao-de-literatura/>. Acesso em: 25 de Outubro de 2021.

VAN WART, Montgomery. Lessons from Leadership Theory and the Contemporary Challenges of Leaders. *Public Administration Review*, [S.L.], v. 73, n. 4, p. 553-565, 9 maio 2013. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/puar.12069>.

VIITALA, Riitta; TANSKANEN, Jussi; SÄNTTI, Risto. The connection between organizational climate and well-being at work. *International Journal Of Organizational Analysis*, [S.L.], v. 23, n. 4, p. 606-620, 12 out. 2015. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijoa-10-2013-0716>.

WANG, Yau-De; HSIEH, Hui-Hsien. Organizational ethical climate, perceived organizational support, and employee silence: a cross-level investigation. *Human Relations*, [S.L.], v. 66, n. 6, p. 783-802, 8 nov. 2012. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0018726712460706>.

WAYNE, Sandy J et al. The role of fair treatment and rewards in perceptions of organizational support and leader-member exchange. *Journal Of Applied Psychology*, [S.L.], v. 87, n. 3, p. 590-598, 2002. American Psychological Association (APA). <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.87.3.590>.

WIKHAMN, Wajda; HALL, Angela T.. Accountability and satisfaction: organizational support as a moderator. *Journal Of Managerial Psychology*, [S.L.], v. 29, n. 5, p. 458-471, 8 jul. 2014. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/jmp-07-2011-0022>

WHITE, Leroy; CURRIE, Graeme; LOCKETT, Andy. Pluralized leadership in complex organizations: exploring the cross network effects between formal and informal leadership relations. *The Leadership Quarterly*, [S.L.], v. 27, n. 2, p. 280-297, abr. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.leaqua.2016.01.004>.

WRIGHT, Bradley E.; MOYNIHAN, Donald P.; PANDEY, Sanjay K.. Pulling the Levers: transformational leadership, public service motivation, and mission valence. *Public Administration Review*, [S.L.], v. 72, n. 2, p. 206-215, 26 dez. 2011. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1540-6210.2011.02496.x>.

ZHANG, Li; QIU, Yang; TENG, Eryue. Cross-level relationships between justice climate and organizational citizenship behavior: perceived organizational support as mediator. *Social Behavior And Personality: an international journal*, [S.L.], v. 45, n. 3, p. 387-397, 5 abr. 2017. Scientific Journal Publishers Ltd. <http://dx.doi.org/10.2224/sbp.4842>.

EFEITOS DO *POWERBREATHE* NO TREINAMENTO DA MUSCULATURA RESPIRATÓRIA DE ATLETAS DE BASQUETEBOL EM CADEIRA DE RODAS

Data de aceite: 04/07/2022

Data de submissão: 21/05/2022

Nayane Magalhães de Andrade Oliveira

Centro Universitário de Patos de Minas
(UNIPAM)

Patos de Minas - MG

<http://lattes.cnpq.br/8539017201636627>

Juliana Ribeiro Gouveia Reis

Centro Universitário de Patos de Minas
(UNIPAM)

Patos de Minas - MG

<http://lattes.cnpq.br/8098784283750357>

RESUMO: Este estudo teve como objetivo verificar os efeitos do aparelho *POWERbreathe* no treinamento muscular respiratório (TMR) dos atletas que praticam basquetebol em cadeira de rodas. Participaram do estudo nove atletas que realizaram o TMR três vezes por semana, durante dois meses, executando duas séries de trinta respirações no dispositivo *POWERbreathe* com um intervalo de um minuto entre as séries. Foi registrado melhora na força da musculatura respiratória, capacidade inspiratória (CI) e pico de fluxo expiratório máximo (PFE), quando comparadas pré e pós TMR. No entanto apenas as medidas de CI e PFE apresentaram diferenças estatisticamente significantes. Verificou-se que o *POWERbreathe* promoveu efeitos positivos sobre a força da musculatura respiratória, além de contribuir para o aumento da CI e PFE. Tais resultados garantiram o aumento da *endurance*

e capacidade ventilatória, favorecendo o desempenho físico e melhores condições de saúde.

PALAVRAS-CHAVE: Basquetebol. Fisioterapia. Músculos respiratórios.

EFFECTS OF POWERBREATHE ON RESPIRATORY MUSCULATURE TRAINING OF WHEELCHAIR BASKETBALL ATHLETES

ABSTRACT: The objective of the study was to analyze the effects of *POWERbreathe* on respiratory muscle training (TMR) of athletes who practice wheelchair basketball. Nine athletes who underwent TMR three times a week for two months participated in the study, performing two sets of thirty breaths on the *POWERbreathe* device with one minute interval between sets. However, only CI and PFE showed statistically significant differences. We conclude that *POWERbreathe* promoted positive effects on respiratory muscle strength and promoted an increase in CI and PEF. These results showed that increased endurance and ventilatory capacity, improving physical performance and better health conditions.

KEYWORDS: Basketball. Physical Therapy Specialty. Respiratory Muscles.

1 | INTRODUÇÃO

O basquetebol em cadeira de rodas é um esporte adaptado com particularidades próprias, o que possibilita a sua prática por pessoas com deficiência física permanente dos

membros inferiores. A prática do esporte adaptado deu início no Brasil, em julho de 1958, a partir deste momento, esta modalidade esportiva tornou-se uma escolha para indivíduos paraplégicos, lesados medulares, amputados, sequelados de poliomielite e por outras incapacidades funcionais que os impeçam de correr, saltar e pular (COSTA *et al.*, 2012).

Durante a prática do basquetebol em cadeira de rodas os atletas realizam numerosos ciclos respiratórios e necessitam de uma oferta de oxigênio apropriada para realizar o trabalho respiratório (AMONETTE; DUPLER, 2002). Para minimizar o trabalho respiratório, o treinamento dos músculos inspiratórios tem apresentado benefícios funcionais como, melhora da função dos músculos, desacelerando ou até mesmo minimizando o desenvolvimento de adversidades decorrentes da redução da força dos músculos inspiratórios (NODA *et al.*, 2009).

Os músculos respiratórios ao serem treinados adquirem força muscular, sendo capazes de aumentar a ventilação pulmonar e diminuir a frequência respiratória, o que permite um maior recrutamento de oxigênio para o sistema respiratório através de poucas respirações, garantindo uma melhor função pulmonar e desempenho durante a prática de esportes (AMONETTE; DUPLER, 2002).

Pensando no restabelecimento e no equilíbrio da musculatura respiratória, existem no mercado diversos equipamentos para o treinamento da musculatura respiratória. Recentemente foi desenvolvido o *POWERbreathe* um equipamento portátil que oferece pressão contínua e específica para a força da musculatura inspiratória e para o treino da resistência dos músculos inspi- ratórios, independentemente da velocidade a que a pessoa inspira. O dispositivo inclui fluxo independente, válvula unidirecional, o que assegura uma resistência contínua e possui também um ajuste da pressão (CAINE; MCCONNELL, 2000).

Portanto o interesse em desenvolver o estudo fundamentou-se na perspectiva de que jogadores de basquetebol em cadeira de rodas com lesão medular, amputação de membro (s) inferior (es), sequelados de poliomielite e entre outras deficiências apresentam uma redução na força da musculatura respiratória, sendo importante realizar o treinamento muscular respiratório (TMR), utilizando o *POWERbreathe*, pois acredita-se que este treinamento poderá beneficiar estes indivíduos.

Considerando tais aspectos este estudo teve por objetivo verificar os efeitos do aparelho *POWERbreathe*- HaB International Ltd. E80E C2009 no treinamento da musculatura respiratória dos atletas que praticam basquetebol em cadeira de rodas, através da avaliação das pressões respiratórias máximas (inspiração e expiração), pico de fluxo expiratório máximo (PFE) e capacidade inspiratória (CI).

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo intervencional, prospectivo, com abordagem quantitativa, que foi realizado em um Centro Universitário de um município brasileiro

do estado de Minas Gerais. O presente estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa- CEP e recebeu sua aprovação em 04 de Julho de 2016, sob o protocolo de número 1.619.374.

Os critérios de inclusão do estudo foram atletas que praticam basquetebol em cadeira de rodas, do sexo masculino, com faixa etária compreendida entre 18 e 59 anos. Foram excluídos do estudo os participantes que apresentaram incapacidade de entender e realizar as atividades propostas, ou que tiveram histórico de pneumotórax espontâneo ou traumático, fraturas de costelas com ausência de recuperação, sintomas de infecção das vias respiratórias ou crise de broncoespasmo.

Após a seleção, 09 (nove) atletas foram incluídos no estudo. Foi realizado inicialmente uma avaliação, que consistiu em obter dados de identificação pessoal, história clínica e registros referentes à força dos músculos respiratórios, pico de fluxo expiratório máximo (PFE) e da capacidade inspiratória (CI). As variáveis da mecânica respiratória foram reavaliadas após o término do protocolo de treinamento.

A mensuração da força muscular respiratória foi realizada com o equipamento manovacuômetro modelo *WIK*A com escala operacional em (cmH₂O) equipado por um bocal e um clipe nasal por meio das medidas da pressão inspiratória máxima (PImáx) negativa e pressão expiratória máxima (PEmáx) positiva.

A pressão inspiratória máxima (PImáx) negativa reflete a força dos músculos inspiratórios e do diafragma, sendo obtida através de um esforço inspiratório máximo sustentado por no mínimo três segundos, a partir do volume residual (VR) até a capacidade pulmonar total (CPT). Enquanto a pressão expiratória máxima (PEmáx) positiva reflete a força dos músculos expiratórios e abdominais, sendo obtida através de um esforço expiratório máximo sustentado por no mínimo três segundos, a partir da capacidade pulmonar total (CPT) até o volume residual (VR) (SOUZA, 2002).

O atleta utilizou o clipe nasal e realizou três manobras para cada uma das pressões (inspiratória e expiratória), sendo computado o maior resultado obtido tanto da PImáx como na PEmáx. Em seguida, as medidas obtidas foram comparadas com os valores de referência de PImáx e PEmáx da população brasileira segundo Neder *et al.* (1999).

A medida do PFE foi realizada através do *Peak Flow philips respironics* em escala de (L/min), as fossas nasais foram ocluídas com um clipe nasal e o atleta foi instruído a inspirar profundamente e, em sequência, realizar uma expiração no aparelho, de forma rápida e mais forte possível. O atleta realizou três esforços expiratórios máximos onde foi selecionado a maior medida, e por seguinte comparada aos valores preditos do pico de fluxo expiratório máximo na tabela de Leiner *et al.* (1963).

A CI foi obtida pelo *Voldyne Hudson RCI®*, com escala operacional em (ml), as fossas nasais foram ocluídas com um clipe nasal e o atleta foi instruído a inspirar profundamente, realizando três medidas, sendo computado o maior resultado e por seguinte comparado com a tabela do próprio equipamento.

Após a avaliação foi iniciado o protocolo de treinamento muscular respiratório (TMR) com o *POWERbreathe* de cor vermelha, da seguinte forma: com a carga no nível 1 (um), executando duas séries, sendo cada série composta por 30 (trinta) respirações, com o intervalo de um minuto entre as duas séries. O TMR foi realizado 3 (três) vezes na semana, durante 2 (dois) meses. A vista disso, o atleta foi estimulado a tentar concluir 30 (trinta) respirações no nível 1 (um) de treinamento. Portanto, nos casos em que o atleta não conseguiu completar as 30 (trinta) respirações a carga foi mantida.

No entanto, caso o atleta conseguisse realizar 30 (trinta) respirações com facilidade, a carga foi ajustada para o nível subsequente, pois objetiva-se aumentar gradativamente o nível de treinamento de acordo com a capacidade dos músculos respiratórios.

Ao aumentar o nível de treinamento, o atleta alcançou um nível em que foi desafiante concluir as 30 (trinta) respirações, sendo assim, ao atingir esse nível, somente foi aumentado o nível de treinamento quando o atleta conseguisse realizar facilmente as 30 (trinta) respirações.

Inicialmente o *POWERbreathe* foi ajustado no nível 1 (um). Neste nível, a ponta da seta do botão de ajuste da carga necessitaria estar alinhada com a extremidade inferior da escala. A tampa do cabo foi empurrada para dentro do *POWERbreathe*, cobrindo a escala e o botão de ajuste da carga.

O *POWERbreathe* foi utilizado na postura sentada com clipe nasal, sendo segurado pelas mãos do atleta na posição vertical e com os lábios cobrindo o escudo externo para formar um selo. Foi realizada uma expiração ao máximo, em seguida foi efetuada uma respiração rápida, e forte pela boca. A inspiração foi realizada ao máximo de forma rápida, endireitando as costas e alargando o peito.

A expiração foi executada de maneira lenta e passivamente pela boca até o completo esvaziamento dos pulmões, com os músculos do peito e dos ombros relaxados. Uma pausa foi realizada até que sentisse necessidade de respirar novamente. Este exercício foi realizado com o objetivo do atleta sentir-se confiante ao realizar a respiração com o *POWERbreathe*.

Os resultados obtidos na avaliação inicial e na reavaliação final foram analisados e comparados através de estatística descritiva, média e desvio padrão, sendo expressos em gráficos e tabelas. Com o objetivo de verificar a existência ou não de diferença, estatisticamente significativa entre os resultados obtidos pelos atletas antes e após o treinamento, foi aplicado o teste de Wilcoxon (SIEGEL, 1975), aos valores obtidos e às porcentagens encontradas, nas variáveis analisadas. O nível de significância foi estabelecido em 0,05 em um teste bilateral.

3 | RESULTADOS

Participaram desta pesquisa 09 (nove) atletas que praticam basquetebol em

cadeira de rodas, que foram submetidos ao TMR com o *POWERbreathe*. Entre os atletas participantes foi identificado 5 (cinco) atletas com paraplegia resultante de lesão medular a nível torácico, compreendido entre T3 e T11, 2 (dois) atletas realizaram amputação de membro inferior unilateral e outros 2 (dois) atletas com sequela de poliomielite. Na tabela 1, estão demonstrados os valores mínimos, valores máximos, médias e desvios padrão, relativos à caracterização da amostra.

Variáveis analisadas	V. Mínimos	V. Máximos	Médias \pm DP
Idade	24 anos	50 anos	39 a 9 m \pm 9 a 6 m
Peso	58 Kg	92 Kg	74,89 \pm 11,36 Kg
Altura	168 cm	189 cm	176 \pm 0,08 cm
IMC	18,51	31,83	24,42 \pm 4,57

IMC: índice de massa corporal; **DP:** desvio padrão; **A:** anos; **M:** meses; **Kg:** quilograma; **CM:** centímetros.

Tabela 1- Caracterização da amostra, valores mínimos, valores máximos, médias e desvios padrão, relativos à caracterização da amostra.

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Ao ser mesurado a $P_{l\acute{m}ax}$ pode ser verificado que a $P_{l\acute{m}ax}$ obtida pré treinamento foi uma média de (-106,67 $\text{cmH}_2\text{O} \pm -25,00$). Após a realização do TMR foi constatado um aumento para (-115,00 $\text{cmH}_2\text{O} \pm -10,61$). No entanto, após o protocolo de treinamento não foi atingido o valor previsto para essa variável que seria uma média de (-123,48 $\text{cmH}_2\text{O} \pm -7,60$). No gráfico 1, estão demonstrados os valores de médias e desvios padrão relativos às medidas obtidas pelos atletas, antes e após o treinamento, e a medida prevista, considerando-se a variável $P_{l\acute{m}ax}$.

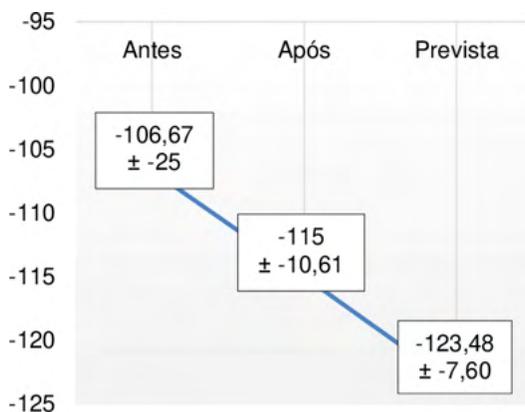


Gráfico 1- Valores de médias, desvios padrão relativos à $P_{l\acute{m}ax}$ antes e após o TMR e a medida prevista.

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

No que se refere à PEmáx foi constatado as mesma condições referentes a PImáx, houve um aumento de (84,44 cmH₂O ± 14,24) para (95,56 cmH₂O ± 20,68). No entanto não foi atingida a medida prevista da força muscular expiratória que seria uma média de (133,14 cmH₂O ± 7,70). No gráfico 2, estão demonstrados os valores de médias e desvios padrão relativos às medidas obtidas pelos atletas, antes e após o treinamento, e a medida prevista, considerando-se a variável PEmáx.



Gráfico 2- Valores de médias, desvios padrão relativos à PEmáx antes e após e a medida prevista.

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

Em relação ao PFE, o valor mensurado pré-treinamento foi uma média de (401,11 l/min ± 131,76) e após o TMR obteve-se uma média de (536,67 l/min ± 87,46), houve um aumento significativo ($p < 0,05$), no entanto não alcançou a medida prevista que seria uma média de (591,56 l/min ± 37,16). No gráfico 3, estão demonstrados os valores de médias e desvios padrão relativos às medidas obtidas pelos atletas, antes e após o treinamento, e a medida prevista, considerando-se a variável PFE.



Gráfico 3- Valores de médias, desvios padrão relativos ao PFE antes e após o TMR e a medida prevista.

Significância estatística ($p < 0,05$).

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

A CI foi a variável mensurada que apresentou um aumento significativo ($p < 0,05$) em comparação pré e pós intervenção, inicialmente obteve uma média de (2905,56 ml \pm 866,19) e após o treinamento atingiu uma média de (3961,11 ml \pm 589,37). Considera-se que a CI foi altamente satisfatória em razão de ser verificado um aumento após o treinamento, e ainda ultrapassar a média da medida prevista que era (3155,56 ml \pm 248,05). No gráfico 4, estão demonstrados os valores de médias e desvios padrão relativos às medidas obtidas pelos atletas, antes e após o treinamento, e a medida prevista, considerando-se a variável CI.

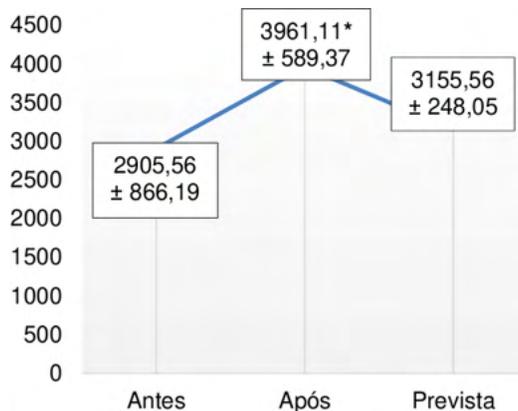


Gráfico 4- Valores de médias, desvios padrão relativos à CI antes e após o TMR e a medida prevista.

Significância estatística ($p < 0,05$).

Fonte: OLIVEIRA, 2017.

4 | DISCUSSÃO

No presente estudo foi registrado melhora na força da musculatura respiratória, CI e PFE após o TMR. No entanto apenas as medidas de CI e PFE apresentaram diferenças estatisticamente significantes, quando comparadas pré e pós TMR.

Segundo Galvan e Cataneo (2007) o aumento do PFE se deve em razão a melhora na excursão funcional do tórax, ao se ter um aumento na flexibilidade. E também em virtude do aumento da tensão muscular ou a velocidade de contração gerada pelos músculos expiratórios durante a expiração forçada.

A atividade mecânica aumentada nos músculos inspiratórios pode ter proporcionado uma maior mobilidade toracoabdominal, o que estimulou á reorganização mecânica de todos os músculos envolvidos na respiração. Além do mais, durante o treinamento muscular inspiratório (TMI), a inspiração e a expiração são ativas durante todo o ciclo respiratório, o que pode ter potencializado a função muscular, assegurando um aumento da velocidade do ar ao sair pelas vias aéreas. Sendo este outro fato que provavelmente contribui para o aumento do PFE (ZANONI *et al.*, 2012).

Ao analisar os valores da CI pré e pós-intervenção verifica-se um aumento significativo, com valores previstos para a normalidade. Este resultado evidencia que o TMR utilizando o *POWERbreathe* foi capaz de promover o aumento da CI.

A CI é uma medida importante, pois fornece de forma indireta informações sobre a resistência elástica á distensão do sistema respiratório, isto é, parênquima pulmonar e parede torácica, e sobre a força da musculatura (BARRETO, 2002). Souza (2002) reforça a dependência entre volumes pulmonares e pressões respiratórias, a determinação da pressão respiratória depende do volume pulmonar em que foram feitas as mensurações e do valor correspondente da pressão de retração elástica do sistema respiratório.

Em relação à mensuração da PImáx e PEMáx, foi registrado um aumento em ambas as variáveis, porém não houve diferença estatisticamente significativa. Acredita-se que esse resultado foi devido as mensurações realizadas pelo manovacuômetro modelo *W/K/A* com escala operacional - 0 a - 120 (cmH₂O) para a mensuração da (PImáx) negativa, e de 0 a 120 (cmH₂O) para mensuração da (PEMáx) positiva, o que limitou o registro de maiores valores dessas variáveis. Em virtude disso sugere-se um novo estudo com um equipamento em escala operacional maior, a fim de obter resultados significativos em relação ao *POWERbreathe* sobre o ganho de força da musculatura respiratória.

Diversos estudos vêm sendo realizados em indivíduos saudáveis e/ou desportivos, com o interesse de investigar se o TMI é capaz de promover o aumento da PImáx, bem como a melhora da *performance*. Foi verificado que o TMI aumenta a *performance* independentemente das características do treino ou da modalidade desportiva praticada (ILLI *et al.*, 2012). Verificou-se que o TMI com uma resistência linear específica promove benefícios para a capacidade respiratória. Além disto, estudos revisados sugerem que a

junção entre o TMI e a prática de modalidades desportivas seria capaz de melhorar o desempenho físico (JÚNIOR; GÓMEZ; NETO, 2016).

Devido à importância do TMI várias modalidades de dispositivos são utilizados. Habitualmente, a resistência pode ser aplicada de forma fixa, por equipamentos que possui uma válvula de limiar (Threshold IMT®; Respironics, EUA; POWERBreathe®, HaB International, UK) ou de maneira dinâmica através do ajuste eletrônico (POWERBreathe Knectic Series®, HaB International, UK) (SILVA *et al.*, 2015).

O *POWERbreathe* vem sendo usado para melhorar a força dos músculos inspiratórios e reduzir a respiração ofegante durante os exercícios ou atividades naqueles indivíduos com doenças respiratórias, e ainda está sendo utilizado por atletas a fim de aumentar a *performance* durante a prática do esporte (HART *et al.*, 2001).

Esteves *et al.* (2016) realizaram o TMI utilizando o *POWERbreathe Classic® Level 1 e Level 2*, em indivíduos saudáveis que praticam exercícios físicos regularmente (≥ 3 vezes por semana ou ≥ 4 horas por semana). O programa de intervenção teve a duração de cinco semanas, cinco vezes por semana, com a intensidade de 75% da P_{lmáx}, 5 séries de 12 inspirações e um minuto de repouso entre as séries. Nos primeiros dois dias do treino foi aplicada apenas 50% da P_{lmáx} para garantir adaptação ao treino. A P_{lmáx} foi avaliada semanalmente antes do treino respiratório com o objetivo de verificar a carga a ser utilizada. Após o TMI verificou-se um aumento de 37% na P_{lmáx} nestes indivíduos saudáveis.

Foi realizado outro estudo a fim de verificar os efeitos do *POWERbreathe* na função respiratória e no desempenho repetitivo de arrancada propulsiva em jogadores de basquete em cadeira de rodas, utilizou um grupo experimental composto por oito atletas que foram submetidos ao TMI, durante seis semanas, realizando trinta respirações dinâmicas, duas vezes por dia, com uma resistência correspondente a 50% da P_{lmáx}. Obtendo-se como resultados o aumento da P_{lmáx} e da P_{Emáx} (17% e 23%, respectivamente, $p < 0,03$). No grupo controle de TMI composto por oito atletas foi realizado sessenta respirações lentas uma vez por dia á 15% da P_{lmáx}, por um período de seis semanas, sendo verificado o aumento da P_{lmáx} e da P_{Emáx} com (23% e 33%, respectivamente, $p < 0,03$) (GOOSEY- TOLFREY *et al.*, 2010).

Em nosso estudo utilizamos o *POWERbreathe* em uma população de 09 (nove) atletas que praticam basquetebol em cadeira de rodas, sendo que o TMR foi realizado 3 (três) vezes na semana, durante 2 (dois) meses, totalizando 24 sessões de TMR. Diferente dos autores supracitados, o presente estudo foi realizado com a finalidade de aumentar a *endurance* dos músculos respiratórios. Para atingir tal objetivo, foi iniciado o TMI com carga mínima, sendo esta aumentada gradativamente de acordo com o relato do atleta.

De acordo com estudo realizado por Goosey-Tolfrey *et al.* (2010) ao efetuar o TMI com o aparelho *POWERbreathe* em atletas cadeirantes que praticam basquetebol, por um período de seis semanas, foi possível certificar o aumento da função respiratória e da

qualidade de vida destes atletas. Destaca-se que estes resultados foram obtidos com a realização de um leve TMI, o que significa que mesmo com uma intensidade baixa houve efeitos benéficos para os indivíduos. E os atletas relataram diminuição da falta de ar durante a prática do basquetebol, o que proporciona uma melhor função pulmonar e qualidade de vida aos atletas cadeirantes de basquetebol.

É extremamente importante ressaltar que apesar de o *POWERbreathe* ser destinado para fortalecer os músculos inspiratórios, que segundo Júnior, Gómez e Neto (2016), os músculos inspiratórios ao serem submetidos a um treinamento com carga controlada e individualizada, repetido regularmente, proporciona ganho em *sarcômeros*, consequentemente o aumento do volume muscular e da sua capacidade de produzir força. No entanto, em nosso estudo foi verificada também a melhora da força dos músculos expiratórios. Portanto, é perceptível que este dispositivo ocasiona um efeito rebote na musculatura expiratória.

O aumento da PEmáx pode ter sido em decorrência da ação mecânica aumentada nos músculos inspiratórios o que proporcionou uma maior mobilidade toracoabdominal, consequentemente uma reorganização mecânica de todos os músculos envolvidos na respiração. Além do mais, os treinamentos foram direcionados para o músculo diafragma, o que possivelmente proporcionou uma maior mobilidade abdominal, havendo o recrutamento dos músculos da parede abdominal e dos músculos acessórios que exercem função na expiração. Outro fato é que os atletas foram orientados a realizar uma expiração máxima até o volume residual. Estas considerações explicam o ganho da PEmáx mesmo sem ter sido realizado um treinamento específico para os músculos expiratórios (SAMPAIO *et al.*, 2002).

O *POWERbreathe* ao ser empregado no treinamento da musculatura respiratória dos atletas de basquetebol em cadeira de rodas foi capaz de repercutir efeitos positivos sobre a força da musculatura inspiratória e expiratória, além de contribuir para o aumento do pico de fluxo expiratório máximo e da capacidade inspiratória pulmonar. Estas condições foram expressas através da comparação das variáveis pré e pós- intervenção. Resultados satisfatórios que garantiram o aumento da *endurance* e capacidade ventilatória, assegurando maior desempenho para a prática do basquetebol em cadeira de rodas.

5 | CONCLUSÃO

Pode ser verificado que atletas que praticam basquetebol em cadeira de rodas que apresentam alterações sensoriais motoras, tais como: lesão medular, amputação de membro inferior unilateral e seqüela de poliomielite apresentam um comprometimento na força da musculatura respiratória. Porém, a realização de um protocolo de TMR através do *POWERbreathe* possibilitou a melhora na força da musculatura respiratória, aumento da capacidade inspiratória e do pico de fluxo expiratório máximo.

Sugere-se que sejam realizados novos estudos com um maior número de participantes a fim de reafirmar a eficácia do TMR para as condições respiratórias e a *performance* dos atletas de basquetebol em cadeira de rodas. E ressalta-se que o TMR pode ser incluído como parte do treinamento físico de atletas, contribuindo para o desempenho físico e melhores condições de saúde.

REFERÊNCIAS

AMONETTE, W; DUPLER, T. **The effects of respiratory muscle training on VO2 max, the ventilatory threshold and pulmonary function.** *Journal of Exercise Physiology*, Duluth, v. 5, p. 29-35, may, 2002.

BARRETO, S.S.M. **Volumes Pulmonares.** *Jornal de Pneumologia*, v.28, n.3, p.207-21, 2002.

CAINE, M.P; MCCONNELL, A.K. **Development and evaluation of a pressure threshold inspiratory muscle trainer for use in the context of sports performance.** *Sports Engineering*, v.3, p.149-159, 2000.

COSTA, S.M.L. *et al.* **Perfil do Atleta de Basquetebol Sobre Rodas de uma Instituição Pública.** *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v.16, n.2, p.59- 64, 2012.

ESTEVES, F. *et al.* **Treino de músculos inspiratórios em indivíduos saudáveis: estudo randomizado controlado.** *Saúde e Tecnologia*, v.15, p. 05-11, maio, 2016.

GALVAN, C.C.R; CATANEO, A.J.M. **Effect of respiratory muscle training on pulmonary function in preoperative preparation of tobacco smokers.** *Acta Cirúrgica Brasileira*, v.22, n.2, p. 98-104, 2007.

GOOSEY-TOLFREY, V. *et al.* **Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and repetitive sprint performance in wheelchair basketball players.** *British journal of sports medicine*, v. 44, p. 665-668, 2010.

HART, N. *et al.* **Evaluation of an inspiratory muscle trainer in healthy humans.** *Respiratory Medicine*, v.95, p.526–531, 2001.

ILLI, S.K. *et al.* **Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta- analysis.** *Sports Medicine*. v.42, n.8, p. 707-24, 2012.

JÚNIOR, B.R.V.N; GÓMEZ, T.B; NETO, M.H. **Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review.** *Fisioterapia Movimento*, Curitiba, v. 29, n. 4, p. 821-830, Oct./Dec. 2016.

LEINER, G.C. *et al.* **Expiratory peak flow rate. Standard values for normal subjects. Use as a clinical test of ventilatory function.** *The American Review of Respiratory Disease*, v.88, p.644-651, nov.1963.

NEDER, J.A. *et al.* **Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation.** *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, Ribeirão Preto, v.32, n.6, p.719-727, June. 1999.

NODA, J.L. *et al.* **O efeito do treinamento muscular respiratório na miastenia grave: revisão da literatura.** *Revista de Neurociência*, v.17, n.1, p.37-45, 2009.

SAMPAIO, L.M.M. *et al.* **Força muscular respiratória em pacientes asmáticos submetidos ao treinamento muscular respiratório e treinamento físico.** *Revista de Fisioterapia*. Universidade de São Paulo, v.9, n.2, p.43-8, jul./ dez, 2002.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica, para as ciências do comportamento.** Trad. Alfredo Alves de Farias. Ed. McGraw-Hill do Brasil. São Paulo, 1975. 350 p.

SILVA, P.E. *et al.* Treinamento muscular inspiratório com incentivador a fluxo Respirom® no pós-operatório tardio de cirurgia cardíaca pode melhorar desfechos funcionais? Um estudo duplo-cego, randomizado e sham controlado. *ASSOBRAFIR Ciência*, v.6, n.2, p.43-54, agost. 2015.

SOUZA, R.B. **Pressões respiratórias estáticas máximas.** *Jornal de Pneumologia*, v.28, n.3, p.155-65, 2002.

ZANONI, C.T. *et al.* **Efeitos do treinamento muscular inspiratório em universitários tabagistas e não tabagistas.** *Fisioterapia e Pesquisa*, v.19, n.2, p.147-52, 2012.

FEIRA DE ASTRONOMIA REALIZADA NO COLÉGIO ESTADUAL BERTHOLDO CIRILO DOS REIS

Data de aceite: 04/07/2022

Irineu Santos

Mestre em Ensino de Astronomia
Departamento de Física – Universidade
Estadual de Feira de Santana

Antonio Delson Conceição de Jesus

Orientador
Departamento de Física – Universidade
Estadual de Feira de Santana

RESUMO: Este artigo relata a experiência de uma **Feira de Ciência e Astronomia** vivenciada no Colégio Estadual Democrático Bertholdo Cirilo dos Reis, uma escola de Ensino Médio, do Município de Salvador/Bahia. Uma proposta vinculada ao programa de Mestrado de Ensino em Astronomia, da Universidade Estadual de Feira de Santa – UEFS. Torna-se obrigatório no Programa de Pós Graduação que o mestrando realize, pelo menos, uma atividade na comunidade escolar, disseminando conhecimentos de Astronomia e/ou Tecnologia Espacial. As concepções pedagógicas foram baseadas na teoria do psicólogo e pedagogo Jerome Bruner. Ele defende o ensino por descoberta em sua teoria, teorizando que o sujeito deve estar envolvido constantemente na elaboração do seu aprendizado e, desse modo, é pertinente explorar as potencialidades dos estudantes usando técnicas pedagógicas adequadas à sua maturidade e desenvolvimento cognitivo. O evento, Feira de Ciência e Astronomia, foi uma exposição de maquetes, lunetas telescópicas,

painéis, etc., na área interna do Colégio, confeccionada pelos estudantes. Visto que a unidade escolar está inserida numa comunidade carente, os artefatos foram produzidos com materiais recicláveis e de baixo custo.

PALAVRA-CHAVE: Astronomia; Ensino; Feira de Ciência; Maquete.

ASTRONOMY FAIR HELD AT COLÉGIO ESTADUAL BERTHOLDO CIRILO DOS REIS)

ABSTRACT: This article reports the experience of a Science and Astronomy Fair held at Colégio Estadual Democrático Bertholdo Cirilo dos Reis, a high school in the city of Salvador/Bahia. Activity linked to the Master's program in Teaching in Astronomy, at the State University of Feira de Santa – UEFS. It is mandatory in the Postgraduate program that the master's student performs at least one activity in the school community, disseminating knowledge of Astronomy and/or Space Technology The pedagogical concepts were based on the theory of the psychologist and pedagogue Jerome Bruner. He defends teaching by discovery in his theory, theorizing that the subject must be constantly involved in the elaboration of their learning and, therefore, it is pertinent to explore the potential of students using pedagogical techniques appropriate to their maturity and cognitive development. The event, Science and Astronomy Fair, was an exhibition of models, telescopes, panels, etc., in the inner area of the school, made by the students. Since the school unit is located in a needy community, the artifacts were produced with recyclable materials

and low cost.

KEYWORDS: Astronomy; Teaching; Science fair; Model.

1 | INTRODUÇÃO

Este artigo é o relato de uma experiência vivenciada no Colégio Estadual Democrático Bertholdo Cirilo dos Reis, escola de Ensino Médio, situado no Município de Salvador Bahia. Atividade vinculada ao Programa do Mestrado Profissional em Astronomia com o objetivo de disseminar conhecimentos de Astronomia e/ou Tecnologia Espacial, que traduz uma das ações obrigatórias da Pós Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS.

Embora a Astronomia seja uma ciência milenar, seus conteúdos não estão presentes na Educação Básica, em particular nas escolas públicas. A falta de professores com formação na área é uma das causas, além de outras, da própria escola não incluir no seu planejamento pedagógico tal conteúdo. Apesar da interdisciplinaridade da Astronomia com outras áreas do conhecimento, alguns livros didáticos que subsidiam o professor da Educação Básica, apresentam erros conceituais e, conseqüentemente, o professor, sem a devida formação pode não percebê-los e contribuir para a disseminação de concepções errôneas sobre fenômenos astronômicos. Além disso, na dimensão da interdisciplinaridade, o professor poderá cometer outros erros para justificar aqueles conceituais na Astronomia. Não raro, observa-se estudantes do Ensino Médio, e até mesmo professores, desconhecerem o número dos planetas clássicos e dos planetas anões que compõem o Sistema Solar (LANGHI, NARDI; 2007).

2 | BREVE TÓPICO DE ASTRONOMIA

O Monumento de Stonehenge, na Inglaterra, datado de 3.000 a 1.500 anos a.C. e a relação que a Egíptologia estabelece, entre as três pirâmides de Gizé (Quéops, Quéfren e Miquerinos), no Egito, com a constelação do Órion (Alnitak, Alnilam e Mintaka), são evidências de que a humanidade estuda o céu desde a Pré-história. Ao observar as variações climáticas, o homem notou que os animais e as plantas mantinham uma relação com as estações do ano. Vestígios como: arte rupestre e Megálitos são provas materiais usadas pela Arqueoastronomia para entender como foram as primeiras observações realizadas pelos povos primitivos.

Os gregos foram os primeiros a construir um modelo cosmológico que interpretava os movimentos dos astros. No século IV a. C., admitiam o conceito de que as estrelas eram fixas em uma esfera, a esfera celeste, que girava em torno da Terra a cada 24 horas. Esse modelo de interpretação do Universo foi aprofundado e detalhado, dando origem no século VI d.C., a uma astronomia, atualmente denominada na História das Ciências da Astronomia

Antiga. Vários astrônomos como: Tales de Mileto (~624 – 546 a. C.), Pitágoras (~572 – 497 a. C.), Aristóteles (384 – 322 a. C.), Claudio Ptolomeu (90 – 168 d. C.), entre outros, contribuíram para esse novo modelo que descrevia o Universo. Ptolomeu é considerado o último astrônomo importante da antiguidade.

Desvendar os mistérios do Universo continua sendo a missão da Astronomia Contemporânea. Porém, na transição entre Astronomia antiga e contemporânea houve dois eventos bastante importantes na História da Astronomia, dentre os quais a incorporação da luneta¹ para observar os astros, por Galileu Galilei (1564 – 1642). Ao usar o artefato para fazer observações astronômicas, Galileu conseguiu ver detalhes do céu, que até então não eram possíveis de serem vistos a olho nu, por exemplo, os satélites de Júpiter, as crateras da Lua, as manchas solares e a Via Láctea. Baseado nos dados de Johannes Kepler (1571 – 1630), matemático e astrônomo que foi assistente do astrônomo Tycho Brahe (1546 – 1601), em 1.600, Galileu se tornou um defensor do sistema heliocêntrico de Copérnico. Outro grande acontecimento para Astronomia foi a lunagem da espaçonave Apolo 11 em 1969, a viagem do homem ao astro mais próximo da Terra, que deu início a uma nova visão científica do Universo. (WINTER; MELO, 2007).

3 | ENSINO DE ASTRONOMIA NAS ESCOLAS PÚBLICAS

Apesar da vasta contribuição que a Astronomia e a Tecnologia Espacial têm prestado à sociedade, poucas são as pessoas que se dão conta de sua atuação, além de serem observados vários equívocos, relacionados às concepções dos fenômenos astronômicos do cotidiano como, por exemplo, a causa das estações do ano, as fases da Lua, etc. Estes erros epistemológicos são notados no público estudantil, inclusive entre os professores. Segundo Langhi e Nardi (2009), o ensino de astronomia no Brasil ainda é bastante tímido e incipiente, sobretudo no Ensino Fundamental e Ensino Médio. Contudo, nota-se uma sensível melhora na última década (FERREIRA; MEGLHIOTTI; LANGHI; NARDI 2007).

Vários artigos têm sido publicados com resultados de pesquisas abordando a deficiência do Ensino de Astronomia nas escolas públicas do Brasil. Estes pesquisadores têm constatado que, apesar da relevância do Ensino de Astronomia para a educação e formação da sociedade contemporânea, seus conteúdos às vezes são abordados de forma superficial no Ensino Fundamental e na maioria das vezes por professores de Geografia e de Ciências, sem a formação adequada na área, apesar das recomendações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC)², que estabelece que o ensino de Astronomia deve se iniciar já nas séries iniciais.

A BNCC, documento normativo que define um conjunto de competências essenciais à Educação Básica, propõe na seção de Ciência do Ensino Fundamental – Anos Finais,

¹ Alguns autores atribuem a invenção do telescópio, isto é, a luneta usada por Galileu, ao alemão Hans Lippershey (1570–1619). Em 1609 Galileu foi o primeiro astrônomo a usá-la para observar os astros.

² Base Nacional Comum Curricular em vigor a partir do ano de 2017, pela força da Lei nº: 13.415.

vários temas de Astronomia como: eclipses, movimentos relativos, Lua-Terra e Terra-Sol, uso do gnômon, interpretação das variáveis climáticas e da influência da Lua na Terra, evolução do Sistema Solar, etc., além dos estudos cosmológicos do Universo.

Enfatiza ainda, que nos últimos três anos da Educação Básica as competências específicas e habilidades introduzidas no Ensino Fundamental devem ser aprofundadas, visto que, na etapa do Ensino Médio, os estudantes devem ser instruídos a articularem os conhecimentos aprendidos na área de Ciência da Natureza e suas Tecnologias. Neste sentido, professores de áreas afins, pós-graduados em Astronomia, estarão mais habilitados a contribuir para a formação científica destes estudantes desde o Ensino Fundamental. Apesar das recomendações, alguns editais de concursos públicos para professor não incluem a contratação de tal especialista.

A consequência da ausência de professores habilitados em Astronomia é um contingente de pessoas concluindo a Educação Básica, sem conhecimentos dos conceitos de Astronomia e do desenvolvimento da Tecnologia Espacial, num momento em que um dos assuntos emergentes na Ciência Espacial é a exploração do lado oculto da Lua e do planeta Marte. Esta constatação foi verificada durante a realização de algumas atividades práticas, no decorrer da execução do Projeto (FONTANELLA e MEGLHIORATTI, 2016; DAMASIO, 2016; BNCC, 2017).

4 | PROJETO APLICADO NA ESCOLA (FEIRA DE CIÊNCIAS E ASTRONOMIA)

O projeto realizado na Escola Estadual Bertholdo Cirilo dos Reis foi uma Feira de Astronomia com o propósito de difundir alguns conhecimentos de Astronomia na comunidade escolar. A proposta do Projeto: “Feira de Ciências e Astronomia³”, era expor algumas maquetes e painéis construídos pelos alunos da referida escola. Após um levantamento prévio dos conhecimentos em Astronomia na referida escola, com a comunidade escolar, foi decidido o tipo da atividade a ser realizada. O planejamento foi iniciado, aplicando-se dois questionários como instrumento de intervenção com dez perguntas em cada (um para os discentes e outro para os docentes). Os questionários foram aplicados nas turmas do Primeiro Ano do Ensino Médio e, em seguida, convidamos alguns professores para participar da pesquisa, sendo o convite prontamente aceito por alguns. Nosso objetivo ao usar esse instrumento era ter uma noção prévia dos conhecimentos em Astronomia Básica da comunidade. Apesar de não serem complexos os conteúdos dos questionários, tanto os alunos quanto os professores nos surpreenderam, devido ao baixo número de acertos, sendo que o dos professores teve acertos inferiores ao dos alunos. Este resultado evidenciou a constatação de alguns pesquisadores da educação, referente à falta de conhecimento de Astronomia Básica por parte de professores. Tal carência compromete a formação dos alunos na referida área de conhecimento.

³ Incluir a expressão “Ciência” no nome do evento com a intenção de atrair professores de outras áreas.

Diante do exposto, planejamos uma ação que envolvesse alunos e professores, visando minorar a defasagem de saberes de Astronomia. Iniciamos através da pesquisa, ações desenvolvidas pelos estudantes e, sucessivamente, a construção de novos diálogos e reflexões. Para tanto, foram realizadas algumas atividades preparatórias, junto aos alunos, antecedentes à Feira de Ciências e Astronomia, oportunidade para a comunidade escolar ter contato com tais conceitos.

5 I FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA (METODOLOGIA DE ENSINO)

As estratégias para executar o Projeto foram embasadas na teoria de Jerome Seymour Bruner (1915 – 2016), psicólogo e pedagogo, que atuou na coordenação de grupo de pesquisa nas áreas de Psicologia, Pedagogia e Educação. Segundo ele, é possível ensinar qualquer assunto a uma pessoa, em qualquer fase do seu desenvolvimento, de maneira honesta, desde que sejam usadas técnicas de ensino adequadas.

Bruner argumenta que o ensino se dá por descoberta (o sujeito deve estar envolvido, constantemente, na elaboração do seu aprendizado) e, deste modo, é pertinente explorar as potencialidades dos estudantes, usando técnicas pedagógicas adequadas, que considerem o meio no qual o estudante está inserido. Esta proposta influenciou no planejamento e nas orientações das ações realizadas neste Projeto, considerando a realidade dos alunos, que eram em sua maioria economicamente carentes, desprovidos de instrumentos de pesquisa. Produzimos um cronograma de atividades pertinentes à realidade das turmas, adaptamos as ações desenvolvidas de acordo com as limitações sociais dos estudantes, estimulando a autoconfiança e autonomia nas decisões para organizar o evento.

Pensando no contexto social, selecionamos algumas atividades cujos materiais fossem de fácil aquisição e de baixo custo ou reaproveitáveis, para não onerá-los com gastos financeiros. Procuramos conquistar a confiança dos alunos, dando-lhes assistência e esclarecendo suas dúvidas, durante a execução do projeto, pois estes conteúdos eram inéditos para eles. Formamos um grupo de Whatsapp, para orientá-los, fornecer material e acompanhá-los mais de “perto”. Com esta ferramenta tecnológica de comunicação, as orientações poderiam ocorrer extra classe. Incentivamos a decidirem, através da formação das equipes e da organização da exposição; enfim, era importante que eles se identificassem com o evento e se sentissem coprodutores. Para compensar os seus esforços, prometemos uma bonificação em nota, mediante a qualidade dos trabalhos, que seria adicionada ao resultado da avaliação oficial da II e III Unidade.

No que tange à influência e potencialidade destes estudantes, consideramos o fato de alguns, prematuramente, já terem desenvolvido hábitos de construir ou reformar seus próprios brinquedos. Aproveitamos tais competências e habilidades para usá-las na confecção das peças de exposição. Neste sentido, a teoria de Bruner tornou-se pertinente, dado que ela reforça a ideia de que o educando é capaz de organizar diferentes modos de

representação da realidade, utilizando as técnicas do seu contexto cultural (MARQUES; FILIPPI; BORTOLINI; HANEL DIAS, 2012).

Segundo Bruner, a linguagem tem papel amplificador das competências cognitivas da criança, tendo sua eficiência tanto rápido quanto mais rico e estimulante for o meio cultural em que ela estiver inserida. Assim sendo, o quanto antes o aluno tiver a oportunidade de discutir temas científicos relevantes em sua formação escolar, a sua cultura científica irá se consolidando, principalmente, quando o ambiente escolar lhe for favorável nos aspectos motivadores. Segundo as concepções de Bruner, durante o desenvolvimento do conhecimento, a criança deve participar ativamente do seu processo de aprendizagem.

Bruner teoriza a ideia do Currículo em Espiral, cuja proposta é: partir de conteúdos simples e aumentar a complexidade gradativamente e a revisitação os conteúdos ao longo da vida escolar do estudante. A condução do Projeto caminhou, pelo menos, por um dos princípios, pois iniciamos os trabalhos com leitura introdutória de textos, pesquisas, exibição de documentário de Astronomia, atividades como resolução de questionário, etc., ou seja, a evolução da complexidade foi gradativa. (MARQUES; FILIPPI; BORTOLINI; HANEL DIAS, 2012).

6 | RELATO DA FEIRA DE CIÊNCIA E ASTRONOMIA

Os Mestrados Profissionais têm como objetivo principal a transferência imediata dos conhecimentos científicos para o mercado de trabalho e a sociedade em geral. No caso dos Mestrados Profissionais da Área de Ensino, as instituições de educação são os ambientes pertinentes para divulgação destes conhecimentos. Habitualmente, os professores mestrados exercitam os conhecimentos adquiridos nas escolas onde lecionam. O Programa do Mestrado em Astronomia prevê que o mestrando realize ações, a fim de promover a disseminação da Astronomia na sua unidade escolar.

A experiência relatada neste artigo realizou-se em uma escola pública, por ser uma atividade obrigatória do programa do curso da Pós-Graduação em Astronomia: Mestrado Profissional, da Universidade de Feira de Santana – UEFS, cuja a prática consistia numa ação envolvendo a difusão da Astronomia. Portanto, realizamos a atividade no Colégio Estadual Democrático Bertholdo Cirilo dos Reis (vide faixa na Figura 1) localizado no bairro de São João do Cabrito, Salvador, Bahia. O tema da referida proposta foi: “Feira de Ciência e Astronomia”.

A proposta foi dividida em três etapas: a etapa inicial começou na II Unidade, levantando conhecimentos prévios e atividades “leves”, como pesquisa dos assuntos que seriam tema da exposição e exibição de documentário de Astronomia. Na segunda etapa, houve a fase de aprofundamento dos conhecimentos adquiridos na primeira etapa e esclarecimento de dúvidas. A terceira e última etapa foi uma atividade prática: a construção das maquetes e a culminância do evento. A exposição, etapa de conclusão, ocorreu ao

final da III Unidade. O planejamento dos conteúdos, embasou-se na ideia do currículo em espiral de Bruner, indicando conteúdos simples, considerando a maturidade dos estudantes, evoluindo para assuntos mais complexos, tal como, sugere a sua teoria pedagógica.



Fig. 1: Faixada da unidade escolar onde foi realizada a Feira de Ciência e Astronomia.

Fonte: Dos arquivos do autor

7 | LEVANTAMENTO PRÉVIO DOS CONHECIMENTOS EM ASTRONOMIA

As atividades foram iniciadas com apresentação de um seminário à comunidade (docente e coordenação). Oportunamente, foi apresentado o resumo do Mini Projeto da Feira de Ciência e Astronomia, em uma das reuniões de planejamento pedagógico⁴. Convidamos outros colegas para fazerem parte do projeto. Apesar da boa receptividade, os demais professores não se comprometeram a participar, alegando já estarem com seus planejamentos do ano letivo estruturados.

Em uma das reuniões do AC (Atividade Complementar) solicitamos aos colegas a colaboração em responder o breve questionário de sondagem. Informamos que a ajuda deles seria bastante importante para o nosso projeto de intervenção escolar, contribuindo para uma das atividades da nossa pós-graduação. Todos os presentes foram solícitos.

No momento seguinte, foi a vez dos estudantes responderem ao questionário. Anteriormente, solicitamos para eles desenharem uma estrela. Conforme a concepção empírica e o senso comum inculcido na nossa cultura, eles desenharam a estrela com pontas. Perguntamos o significado das pontas e que tipo de astro era o Sol. As respostas

⁴ Solicitei previamente parte do horário da reunião de planejamento pedagógico para apresentar o seminário.

unânicos sobre o Sol foram de que se tratava de uma estrela; questionamos, então: se o Sol é uma estrela, onde estão suas pontas, tal como vocês desenharam para outras estrelas? Ao perceberem a contradição, não tiveram respostas; aproveitando o momento de conflito epistemológico gerado durante atividade, pedimos para eles responderem um questionário com dez questões.

Os resultados das respostas estão na Tabela 1, organizado em dois grupos, o grupo com até nota 60% de acertos e com acertos igual ou superior a 70%. O resultado desse pré-teste pode não expressar com exatidão os conhecimentos prévios das turmas em Astronomia, visto que os alunos estão habituados a valorizar, quantitativamente, os acertos, ou seja, a quantidade de proposições verdadeiras. Como eles queriam acertar o máximo de questões, tentavam fazer consultas não autorizadas.

Turmas e Série	Nº total de alunos	Alunos*	Alunos**
		N	N
1º A	24	04	20
1º B	26	19	07
1º C	22	08	14
1º E	09	08	01
1º F	17	06	11
1º D	17	14	03
2º ADM	14	04	10
Total	129	63	66

*Alunos que obtiveram notas menor ou igual a 60%.
 ** Alunos que obtiveram notas maior ou igual a 70%.

Tabela 1 – Resultado do questionário.

Fonte: Dos arquivos do autor.

Depois desta atividade preliminar, iniciamos a primeira etapa do projeto, pesquisa dos assuntos de Astronomia e exibição de documentários. Na segunda, etapa para eles aprofundarem os conhecimentos, indicamos outros materiais de pesquisa e combinávamos reunião para tirar dúvidas e fornecer mais esclarecimentos. Na terceira etapa definimos a organização espacial do evento, construção das maquetes e realização de Feira de Astronomia.

Em termos gerais, 48,8% dos alunos acertaram até 6.0 questões, e 51,2% acertaram entre 7.0 a 9.0⁵, conforme demonstra o gráfico da Figura 2. Admitindo aqui que esses dados expressam mais ou menos os conhecimentos dos alunos em Astronomia, neste caso, os alunos do Ensino Médio não conseguiram relacionar alguns conteúdos de Astronomia aprendidos nas aulas de Geografia que tiveram no 8º e 9º ano do Ensino Fundamental, 5 A 10ª questão foi “aberta” envolvendo cálculo. Nenhum estudante acertou.

admitindo-se a possibilidade que eles tenham tido contato com tal conteúdo.

O instrumento usado para averiguar os conhecimentos dos alunos (um questionário com questões e respostas objetivas) oferece ampla probabilidade de erro, pois há a possibilidade dos alunos terem assinalado as alternativas verdadeiras no “chute”. A falha se acentua quando a sala de aula tem um número significativo de alunos e a atividade é realizada apenas uma única vez. Por outro lado, o método de sondagem aplicado contribuiu para otimizar o tempo, dentro da programação do ano letivo, visto que, o calendário letivo é bastante diminuto.

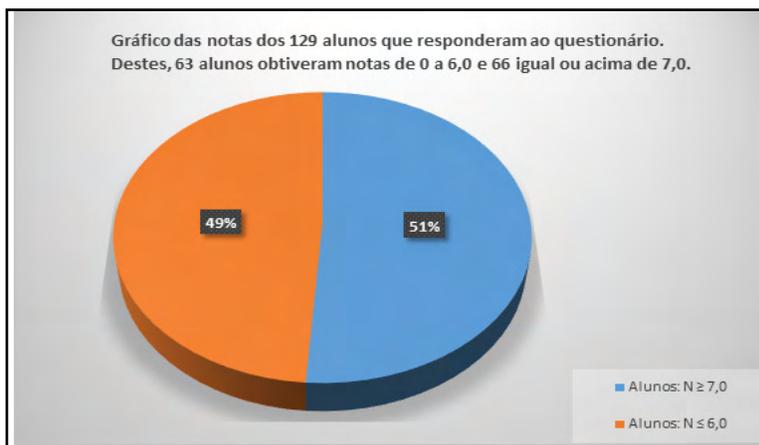


Fig. 2 – Gráfico expressando o percentual de acerto dos alunos.

Fonte: Dos arquivos do autor.

Para confrontar o resultado do questionário, inspecionamos três livros do Ensino Fundamental II adotados pelo Colégio Bertholdo para saber se os mesmos possuíam conteúdos de Astronomia. Foram analisados três livros: dois de Ciências do 9º ano: Ciências Vida & Universo, da editora FTD, 2018, e Apoema Ciências, Editora Brasil 2018, e o terceiro um livro de Geografia do 6º ano: Vontade de Saber Geografia, Editora Quinteto (veja as capas na Figura 3, a seguir). Nos referidos livros haviam tópicos de Astronomia, bem superficiais, porém os conteúdos estavam atualizados para o período.

Apesar da singela observação, foram constatados erros conceituais simples, por exemplo, um dos livros definia que planeta era um corpo, aproximadamente, esférico que orbitava o Sol, sendo dominante em sua órbita. O termo “que orbita o Sol” não está correto, em se tratando de um conceito geral, pois esta afirmação é específica para os planetas do Sistema Solar. Faltou pelo menos esta observação, visto que, esse conceito também é empregado para planetas que orbitam outras estrelas. Além de todas as características que foram definidas sobre um planeta, a expressão poderia ser ao menos assim: “um corpo que orbita uma estrela, no caso dos planetas do Sistema Solar: o Sol. Pois as demais estrelas

conhecidas têm outros nomes. Deste modo, só existe uma estrela nomeada Sol”. Na Figura 4 está a imagem do referido texto.



Fig. 3 – Capas dos livros de Ciências e Geografia que foram analisados.

Fonte: Dos arquivos do autor.

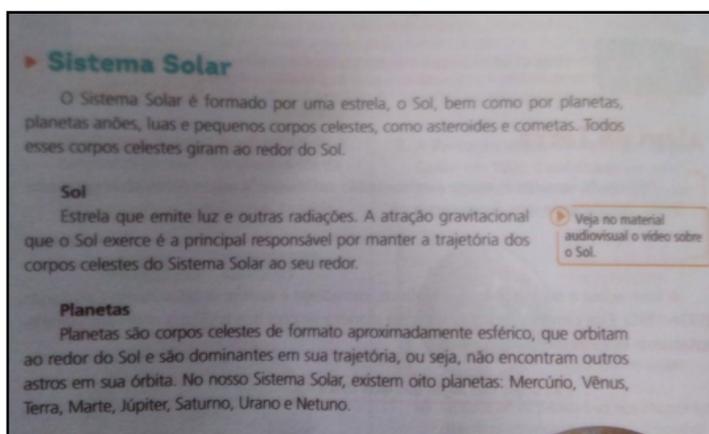


Fig. 4 – Texto retirado de um dos livros pesquisados.

Fonte: Dos arquivos do autor.

Na Tabela 2 está o resultado do questionário de sondagem respondida pelos professores. Os conteúdos abordados de Astronomia Básica foram os mesmos dos alunos, com algumas adequações ao nível do público docente, pois a intenção era que o professor de qualquer área do conhecimento tivesse condições de responder, dado que todos cursaram Ensino Médio.

Apenas 25 professores do turno matutino responderam ao questionário. A média de acertos dos professores foi de 2,5. Dentre 28% e 40% dos professores acreditam que a causa das estações do ano está diretamente relacionada à distância entre a Terra e o Sol, 84% acreditam que a Lua só tem quatro fases e, poucos professores sabiam quantos

planetas orbitam no Sistema Solar⁶, baseado nos atuais critérios da União Astronômica Internacional (UAI).

Os dados desta breve sondagem pressupõem que os professores estão bastante desatualizados no que tange aos conhecimentos astronômicos, evidenciando a necessidade de haver, permanentemente, atividades de atualização.

NÚMERO DE:						
Professores	02	05	06	04	06	02
Acertos	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0

Tabela 2 – Resultado dos acertos dos professores.

Fonte: Dos arquivos do autor.

8 | APRESENTANDO O PROJETO AOS ALUNOS

Iniciamos o Projeto sorteando os temas por equipe. Já havíamos orientado os estudantes a se organizarem em grupos e que elegessem um líder por equipe. Para otimizar o tempo ao máximo possível, várias atividades foram realizadas, extra classe. Elaboramos um modelo de relatório de acompanhamento, onde o líder monitorava a participação dos componentes, por meio de lista de presença. Foram orientados a organizar reuniões e encontros para realizarem as tarefas. Os resultados e o andamento das atividades nos foram informavam por meio do relatório. Depois de receber os relatórios preenchidos, observávamos as dúvidas e o progresso das atividades, decidindo os próximos passos e as atividades a serem realizadas (estratégia embasada na teoria de Bruner). Segundo ele, o professor é o mediador de conflitos epistemológicos e deve organizar os roteiros a serem seguidos.

Ratificando, para desenvolver a dinâmica das atividades, tomamos por base as orientações apresentadas nas propostas de Bruner, que diz que a motivação e as atividades práticas em laboratório são elementos bastante importantes para o ensino-aprendizagem, mas que as condições sociais e culturais do educando devem ser consideradas. A disponibilidade de laboratório não condiz com a realidade da escola onde o projeto foi executado, sendo necessária a habilidade do improviso. Neste sentido, propomos um construir as maquetes com materiais alternativos, conforme expostas nas seções X e XI, vide fotos. (FILIPPI; BORTOLINI; HANEL DIAS, 2012).

Os alunos, geralmente, tendem a se interessar por atividades que são pontuadas. Ou seja, atividades que resultem em possibilidades deles melhorarem suas notas. Esta atitude é comum e cultural. Para animá-los combinamos uma pontuação extra para ajudar

⁶ Assembleia Geral da União Astronômica Internacional, em 24 de agosto de 2006, definiu que o sistema solar é constituído de oito planetas clássicos, os telúrios (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) e os jovianos (Júpiter, Saturno, Urânio e Netuno) e cinco planetas anões (Ceres, Plutão, Haumea, Makemake e Eris).

na nota oficial da disciplina Física. A pontuação combinada foi de 0 a 3,0, a ser somados na nota da II e III Unidade, tomando por base a organização, o conteúdo pesquisado e a qualidade dos trabalhos.

9 I RESULTADO DA PESQUISA-AÇÃO DE ASTRONOMIA (PRIMEIRA ETAPA)

O projeto começou na II Unidade, conforme planejado. Inicialmente combinamos com as equipes a entrega dos conteúdos pesquisados e organizados em forma de trabalho. Eles não se saíram muito bem na produção textual desta primeira etapa e vários trabalhos eram cópias de downloads da internet. Obtiveram, portanto, notas ruins, causando-lhes um pouco de frustração (vide Tabela 3, a seguir). Ao iniciar a segunda etapa, explicamos a eles os motivos das notas terem sido menor que suas expectativas. Aproveitamos para orientá-los sobre como uma pesquisa deveria ser realizada, como por exemplo, sobre a necessidade de um pesquisador ser o mais honesto possível, posto que, deveriam ler os textos dos livros, artigos e pesquisas da internet e, em seguida, elaborar seus próprios textos, baseados no entendimento do que foi lido (condição para se construir conhecimentos honestos e éticos). Após este diálogo, prosseguimos com o projeto.

Os resultados dentro de uma razoabilidade, visto que, os assuntos de Astronomia não lhes eram familiares, pelo menos para a maioria dos estudantes, estão na Tabela 3.

A média das notas das equipes, na primeira etapa do Projeto	
Equipes	Média
Meteorito (1º Ano A)	1,4
Luneta de pvc. (1º Ano B)	0,7
Foguete de garrafa pet (1º ano C)	1,7
Telescópio Hubble (1º Ano E)	2,3
Foguete de garrafa pet (1º ano F)	1,3
Óptica ocular (2º Ano Tec. Adm.)	2,6
A média de todas as turmas	1,7

Tabela 3 – Resultado de notas da primeira etapa das turmas.

Fonte: Dos arquivos do autor.

10 I REALIZAÇÃO DA FEIRA DE CIÊNCIA E ASTRONOMIA (SEGUNDA ETAPA)

Demos continuidade às atividades do projeto, ao início da III Unidade. Devido ao baixo rendimento das equipes na primeira etapa, logo no início, eles não se mostraram animados, porém mantivemos diálogos de motivação constante, tentando convencê-los da possibilidade de melhores resultados nesta etapa, visto que, eles já tiveram contato com os assuntos. Aconteceram desistências, mas os trabalhos foram revigorados com a

participação de novos membros e a formação de novas equipes⁷. Com a chegada de novos membros, alteramos a organização da Feira, incluindo mais alguns temas e indicando alguns assuntos para os novos inscritos pesquisarem. A organização dos trabalhos na segunda etapa prossegiu, aparentemente mais animada, com orientação presencial, durante as aulas, nos intervalos e pela rede social (Whatsapp). A Feira de Ciência e Astronomia foi realizada em 29 de outubro do ano letivo de 2019, vide o folder, Figura 5.

Os estudantes se empenharam na organização. Todos os estandes estavam bem organizados; difícil destacar um em específico, porém faremos um breve comentário sobre um, baseado na curiosidade dos visitantes: “o balcão de medir a força peso”. A proposta da novidade era esclarecer aos visitantes como a sua força peso varia em diferentes astros e sua massa permanece constante. Para isto, o visitante media sua massa numa balança (tipo balança de banheiro) e o expositor do balcão, munido de uma calculadora, calculava sua força peso; em seguida o visitante escolhia qualquer astro exposto no painel (Sol, Lua, planetas, etc., vide Figura 6), e refazia novo cálculo e comparava com a força peso que foi medida na Terra.



Fig. 5 – Folder distribuído antes e no dia do evento.

Fonte: do Dos arquivos do autor.

⁷ Fig. 5 – Folder distribuído antes e no dia do evento.



Fig. 6 – Um dos momentos do evento no estande, balcão de medir força peso.

Fonte: Dos arquivos do autor.

Havia também uma seção com cartazes divulgando a participação feminina na Astronomia: a divulgação da primeira mulher a ir para o espaço, enviada pela União Soviética. Este tema foi incluído almejando divulgar a contribuição da mulher nesta área da Ciência que, às vezes, passa despercebida. Havia também um painel com informações referentes ao lixo espacial e suas consequências. Na Figura 7 estão as imagens de algumas maquetes. A admiração e o entusiasmo dos visitantes, discentes e docentes, de outras turmas, que nos prestigiaram com suas presenças, eram notados, reafirmando a dedicação dos organizadores do evento.



Fig.7 – Réplica do telescópio Hubble, foguete de garrafa pet e réplica do meteorito Bendegó.

Fonte: Dos arquivos do autor.

A qualidade das apresentações da Feira de Ciência e Astronomia se expressou no crescimento e no rendimento dos alunos, nos aspectos quantitativo e qualitativo, conforme demonstrada em suas notas (Tabela 4). Das 09 equipes participantes, 07 conseguiram obter a pontuação máxima combinada (3,00 pontos), representando 77, 7 % das equipes, portanto, um indicativo de que os alunos se dedicaram. A média total, das notas de todas as equipes nesta etapa, foi de 2,91. Constatou-se, portanto, que suas notas melhoraram em 74%, entre uma etapa e outra, visto que, a média total na primeira etapa foi 1,67. Nossas previsões se confirmaram, as notas foram bem melhores na última etapa.

Média das Notas da Segunda Etapa do Projeto	
Equipes	Média
Meteorito (1º Ano A)	3,0
Luneta de pvc. (1º Ano B)	2,8
Foguete de garrafa pet (1º ano C)	2,4
Telescópio Hubble (1º Ano E)	3,0
Foguete de garrafa pet (1º ano F)	3,0
Óptica ocular (2º Ano Tec. Adm.)	3,0
Lixo espacial (painéis)	3,0
O primeiro homem e a primeira mulher que foram ao espaço (painéis)	3,0
Mulheres que morreram em acidentes espaciais (painéis)	3,0
A média de todas as turmas	2,9

Tabela 4 – Resultado de notas da segunda etapa das turmas.

Fonte: Dos arquivos do autor.

11 | CONCLUSÃO

Astronomia é um tema que sempre desperta o interesse dos estudantes. Os resultados deste trabalho e depoimento dos participantes comprovaram. O crescimento dos estudantes, durante o processo, pode ser mensurado comparando os resultados quantitativos obtidos na primeira etapa com os resultados quantitativos e qualitativos, com a entrega das maquetes, na conclusão do evento. A bonificação de 3,0 pontos, combinada para ser somada com a nota da avaliação da III Unidade, foi alcançada pela maioria e a média dos participantes ficou em 2,9. Seu rendimento foi notável, visto que, as médias melhoraram em 74% entre uma etapa e outra.

As Escolas Públicas estão sujeitas a diversos problemas, no curso do ano letivo. Diante disto, o professor que pretende realizar uma atividade semelhante necessita revisar seu planejamento diversas vezes para administrar os imprevistos. Elaborar uma ação pedagógica diferenciada requer um grande esforço, mas o resultado é compensador,

conforme expressa a Figura 8.

A teoria do psicólogo Jerome Bruner escolhida contribuiu para que o êxito da docência fosse alcançado. Segundo a visão teórica de Bruner, aprendizagem pela descoberta, pressupõe colaborar para que o estudante construa seu próprio conhecimento. Quando esta estratégia é possível, ele se torna o arquiteto intelectual de sua formação. Este método foi importante para o êxito do nosso projeto. A experiência obtida para construir este evento foi emocionante, compensadora e também desafiadora, visto que os estudantes não tinham o hábito de realizar atividades do gênero. O evento ficou marcado como a primeira atividade de Astronomia do Colégio Estadual Bertholdo Cirilo dos Reis.

Encerramos este artigo com nossos sinceros agradecimentos aos alunos que nos deram a honra de orientá-los na execução deste projeto, à direção da escola, à coordenação pedagógica, aos colegas e funcionários. Logo, somos gratos a todos do Bertholdo pelo apoio e incentivo para a execução do evento e não menos importante, agradecemos os visitantes que nos prestigiaram com suas presenças.



Fig. 8 – Mais um dos momentos do evento no estande.

Fonte: Dos arquivos do autor

REFERÊNCIAS

BNCC, **Base Nacional Comum Curricular**. Portaria nº 1.570, publicado no D.O.U. 21 de dezembro de 2017.

BOCKZO, Roberto. **Conceitos de Astronomia**. Ed. Edgard Blücher Ltda. São Paulo, 1984.

CARVALHO, Wilton Pinto de et al. **O Mistério de Bendegó: história, mineralogia e classificação química**. Revista Brasileira de Geociências, v. 41, Rio de Janeiro, mar. 2011. p. 144.

FARIA, Rachel Suchi; VOELZKE, Marcos Rincon. **Análise das características da aprendizagem de Astronomia no Ensino Médio** nos municípios de Rio Grande da Serra, Ribeirão Pires e Mauá. Revista Brasileira de Ensino de Física. SP, v. 30, n. 4, 4402, 2008.

FERREIRA, Dirceu; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. **Desafios e possibilidades no ensino de Astronomia**. p. 1- 4. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/2356-8.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

FILIPPI, Adriana; BORTOLINI, Camila Comin; HANEL DIAS, Rosângela. **METACOGNIÇÃO: O ELO DE SIGNIFICAÇÃO ENTRE MÉTODO, AVALIAÇÃO E APRENDIZAGEM**. Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul (IX ANPED SUL) 2012. p. 1-3.

GONZAGA, Edson Pereira; VOELZKE, Marcos Rincon. **Análise das concepções astronômicas apresentadas por professores de algumas escolas estaduais**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 33, nº 2, 2311 2011. p. 1 – 2.

LANGHI, Rodolfo; NARDIR, Roberto. **Ensino de Astronomia: Erros Conceituais mais Comuns Presentes em Livros Didáticos de Ciências**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V. 24, n. 1 p. 87 – 111, 2007. p. 87-91.

MADEHSKY, Rainer Karl. **Curso Básico de Astrofísica E Cosmologia: O sistema solar, as estrelas e a Via Láctea**. Feira de Santana: Editora UEFS, 2014. p. 15-17, 225-235, 260.

MARQUES, Ramiro. **Pedagogia de Jerome Bruner** (2016?). Disponível em: http://www.eses.pt/usr/ramiro/docs/etica_pedagogia/A%20Pedagogia%20de%20JeromeBruner.pdf. Acesso em: 05 set. 2019.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. Editora PU. SP, 1999. Cap. 5.

MUNIZ, Sergio Ricardo. **INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE ESTATÍSTICA DE MEDIDAS: Fundamento de Matemática II**. Disponível em: https://disciplinas.usp.br/pluginfile.php/1919031/mod_resource/content/0/Introducao_Estatistica__plc0016_14.pdf. Acesso em: 25 mar. 2020.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. Ed. Livraria da Física. Porto Alegre, 2014.

PENA, Fábio Luís Alves. **Sobre a Presença do Projeto Harvard no Sistema Educacional Brasileiro**. Revista Brasileira de Ensino de Física v. 34 n. 1, 1701 (2012).

SOBRE O ORGANIZADOR

DANIELA REIS JOAQUIM DE FREITAS - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2000), com mestrado em Biologia Celular e Molecular (2002), doutorado em Ciências (2006) pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Durante o mestrado e o doutorado trabalhou diretamente com biologia celular e molecular e bioquímica, na clonagem e expressão de genes do carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*. Também trabalhou com morte celular e estresse oxidativo no carrapato. Fez pós-doutorado na área de Ciências Médicas - Farmacologia (2007) na Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre. Atualmente é professora Adjunta 3 e líder do Grupo de Estudos em Microbiologia e Parasitologia (NUEMP) no Departamento de Parasitologia e Microbiologia, e membro do Núcleo de Pesquisa em Prevenção e Controle de Infecções em Serviços de Saúde (NUPCISS) na Universidade Federal do Piauí. Também é docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Enfermagem (PPGEnf-UFPI). Tem experiência nas áreas de Biologia Celular e Molecular, Imunologia, Parasitologia, Microbiologia e Farmacologia Experimental e tem linhas de pesquisa em Controle de Infecções em Serviços de Saúde, Infecções comunitárias e Educação em Saúde.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Administração dos serviços de saúde 103

Ambientes aquáticos 83, 85

Astronomia 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 152, 153, 154, 155, 156

B

Basquetebol 128, 129, 130, 131, 136, 137, 138

Bioatividade medicinal 26

C

Câncer 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 35, 38, 39, 55, 56, 62, 87

Captopril 2, 3, 4, 6, 7

Cirurgia bariátrica 46, 47, 50

Cola-de-fibrina 2

Conservante 66, 68, 75

Cultura organizacional 103, 104, 112

D

Derivação gástrica 46

E

Ecossistemas 83, 84, 85, 87

Efeito antitumoral 13, 16, 18, 19, 21

Elementos traço 83, 84, 85, 89

Ensino 98, 122, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 155, 156

Etilismo 53

F

Feira de Ciência 140, 145, 146, 151, 152, 154

Fisioterapia 128, 138, 139

Fitoquímica 26

Fosfolípases A₂ 13, 14, 15, 16, 17

G

Gestação 52, 53, 55, 56, 57, 58, 62

Gestão do conhecimento 103, 106, 109, 110, 111, 112, 119, 125

Glycine max 65, 66, 70, 71, 72, 73, 74, 76, 77, 80, 81, 82

Gossypium hirsutum 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 80

H

Hiperferritinemia 46

I

Inoculante 65, 66, 68, 69, 71, 73, 75, 76, 77, 78

L

Lactação 52, 53, 54, 55, 56

M

Malvaceae 25, 26, 27

Maquete 140

Metais pesados 83, 85, 86, 87, 88, 89

Músculos respiratórios 128, 129, 130, 131, 136

O

Obesidade 46, 47, 48, 49, 50

P

Peçonhas de serpentes 3, 13, 14

Poluição 83, 84, 85, 86

R

Realidade aumentada 90, 91, 94, 96, 99, 101, 102

Realidade virtual 90, 91, 92, 93, 94, 96, 98, 99, 100, 101, 102

Rizobactérias 65, 66, 68, 78, 79

S

Sistema Linfoide 53

Sobrecarga de ferro 46, 49, 50

Soro-antiofidico 2

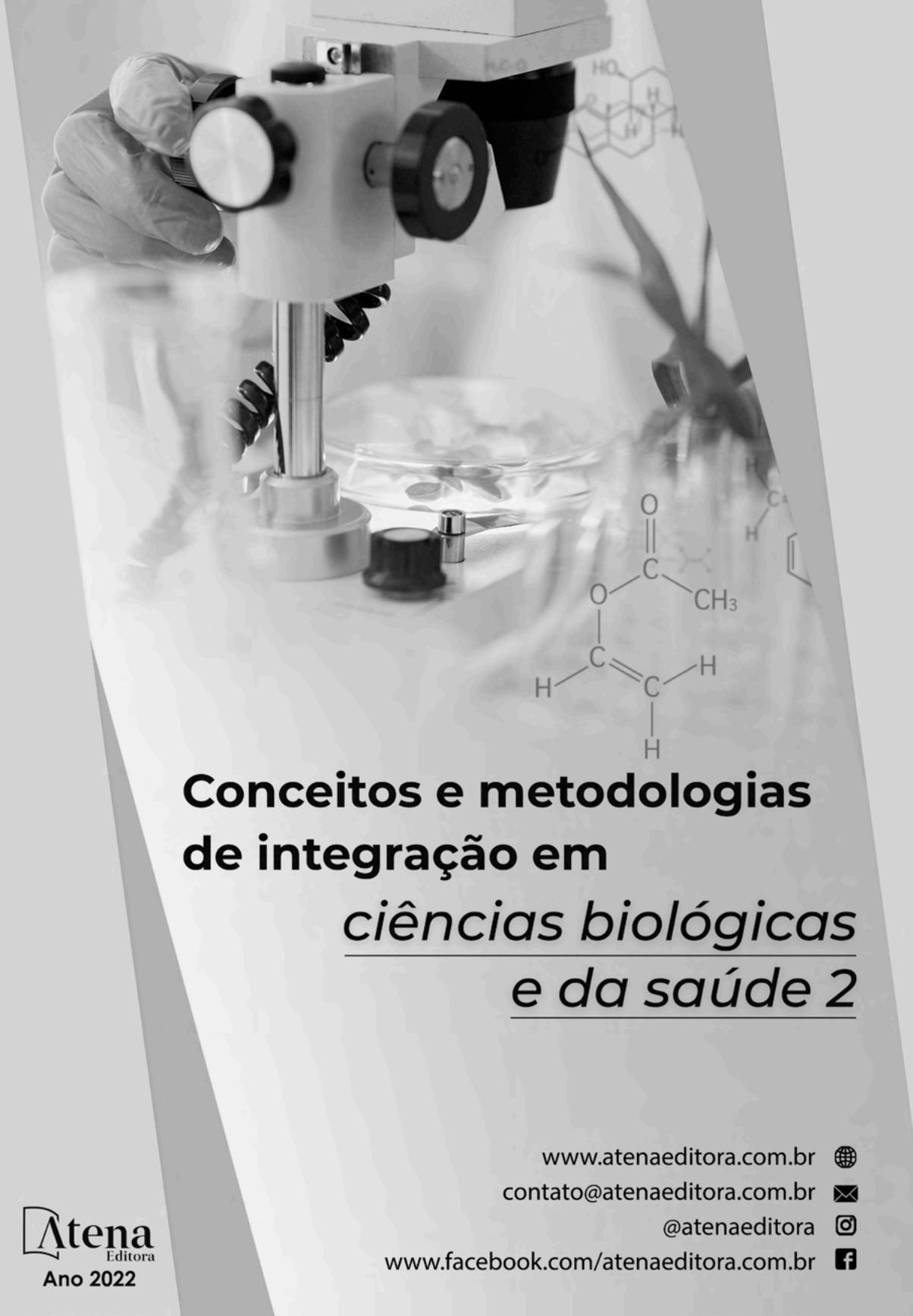
T

Toxinas-animais 2

Treinamento muscular 128, 129, 131, 135, 139

V

Venenos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 16, 21, 24



**Conceitos e metodologias
de integração em**
ciências biológicas
e da saúde 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



**Conceitos e metodologias
de integração em**
ciências biológicas
e da saúde 2

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

@atenaeditora 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 