

**Daniela Reis Joaquim de Freitas**  
**(Organizadora)**

# **NOVAS TECNOLOGIAS E AS COMPETÊNCIAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS NAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**2**

**Atena**  
Editora  
Ano 2022

**Daniela Reis Joaquim de Freitas**  
**(Organizadora)**

# **NOVAS TECNOLOGIAS E AS COMPETÊNCIAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS NAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**2**

**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

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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Maurilio Antonio Varavallo – Universidade Federal do Tocantins  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> 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<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Sheyla Mara Silva de Oliveira – Universidade do Estado do Pará  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Suely Lopes de Azevedo – Universidade Federal Fluminense  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>o</sup> Dr<sup>a</sup> Welma Emídio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco



## Novas tecnologias e as competências técnico-científicas nas ciências biológicas 2

**Diagramação:** Camila Alves de Cremo  
**Correção:** Yaiddy Paola Martinez  
**Indexação:** Amanda Kelly da Costa Veiga  
**Revisão:** Os autores  
**Organizadora:** Daniela Reis Joaquim de Freitas

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

N936 Novas tecnologias e as competências técnico-científicas nas ciências biológicas 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 978-65-258-0642-6

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.426220310>

1. Biologia. I. Freitas, Daniela Reis Joaquim de (Organizadora). II. Título.

CDD 570

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://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

As Ciências Biológicas é um amplo campo de estudo no qual são observados os seres vivos e suas relações, bem como sua interação com o meio ambiente. É considerável como esta vasta área pode interagir com diferentes áreas do conhecimento, como a indústria, a tecnologia farmacêutica, a pesquisa, a educação, a bioconservação, a medicina etc.

Na obra aqui apresentada, “Novas tecnologias e as competências técnico-científicas nas Ciências Biológicas 2”, é proposta uma discussão sobre formação de conhecimento e implementação de novas tecnologias, através de seus 9 capítulos, compostos por artigos científicos originais e revisões bibliográficas atuais baseados em trabalhos de pesquisa realizados em universidades e importantes centros de pesquisa. Estes trabalhos aqui descritos abordam temas como: a utilização de neurociência para tornar indivíduos líderes melhores; a utilização do metaverso e de ambientes virtuais na educação; a formação e análise de múltiplas inteligências; um trabalho sobre o processo de aprendizagem dos alunos do 1º ano do Ensino Médio ao desenvolverem materiais autorais digitais educacionais para construção de *posts* no *Instagram* relacionando Fisiologia Humana à Cultura Pop; há também trabalhos envolvendo a área biotecnológica, como um estudo teórico sobre a viabilidade de obtenção de nanocelulose como subproduto etanol de segunda geração a partir de alga; ou um estudo de otimização da extração do óleo essencial de bagas verdes de aroeira-rosa, *Schinus terebinthifolius* RADDI; ou um interessante trabalho de Parasitologia no qual é avaliado o processo de penetração de larvas de *Toxocara canis* no duodeno e íleo de camundongos Swiss com alta carga parasitária; uma revisão integrativa com o objetivo de esclarecer como a genética do gene ACE2 tem relação com a infecção por COVID-19; e um capítulo sobre análise microbiológica em queijos comercializados nos municípios de Soure e Belém, no estado do Pará.

Esta diversidade de temas traz um olhar diferenciado ao leitor, pois envolve diferentes profissionais, com as formações mais variadas possíveis, e agrega conhecimento atual e aplicado.

Acreditamos que esta obra será muito importante para sua formação. A Atena Editora, prezando pela qualidade, conta com um corpo editorial formado por mestres e doutores formados nas melhores universidades do Brasil para revisar suas obras. Esperamos que você aproveite bem sua leitura.

Daniela Reis Joaquim de Freitas

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### MÚLTIPLAS INTELIGÊNCIAS

Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203101>

### **CAPÍTULO 2..... 14**

#### METAVERSO NA EDUCAÇÃO

Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203102>

### **CAPÍTULO 3..... 26**

#### NEUROLEADERSHIP: TRANSFORMANDO UM INDIVÍDUO DE SERVIDOR EM LÍDER ATRAVÉS DA NEUROCIÊNCIA

Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues

Eduardo Antonio de Souza Campos

Jennifer Aline Silva de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203103>

### **CAPÍTULO 4..... 35**

#### A APRENDIZAGEM DE FISIOLOGIA HUMANA POR MEIO DA CONSTRUÇÃO DE MATERIAIS AUTORAIS DIGITAIS EDUCACIONAIS

Luciana de Lima

Francisco Davi da Silva

Robson Carlos Loureiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203104>

### **CAPÍTULO 5..... 47**

#### OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE BAGAS VERDES DE AROEIRA-ROSA, *Schinus terebinthifolius* RADDI

Rafael Cappellari

Lasara Luana Gomes Ribeiro dos Santos Alves Silva

Vanessa Cardoso Nunes

Diones Krinski

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203105>

### **CAPÍTULO 6..... 57**

#### ESTUDO TEÓRICO SOBRE A VIABILIDADE DE OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE E COMO SUBPRODUTO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE ALGA

Ágatha Laginski Puchta

Rosilene Aparecida Prestes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203106>

### **CAPÍTULO 7..... 68**

#### INFLUÊNCIA DA SUSCETIBILIDADE GENÉTICA DO GENE ACE2 NA OCORRÊNCIA

## DE CASOS DA COVID-19: UMA REVISÃO

Alice Mafalda do Couto Miranda  
Jucimara Ferreira Figueiredo Almeida  
Mário Sérgio Ribeiro dos Santos  
Flávia de Paula

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203107>

## **CAPÍTULO 8..... 89**

### **PROCESSO DE PENETRAÇÃO DE LARVAS DE *Toxocara canis* OCORRE NO DUODENO E ÍLEO DE CAMUNDONGOS SWISS INFECTADOS POR ALTAS DOSES**

Micaele Quintana de Moura  
Luciana Farias da Costa de Avila  
Eliza Simone Viégas Sallis  
Maria Elisabeth Aires Berne

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203108>

## **CAPÍTULO 9..... 96**

### **ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EM QUEIJOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DE SOURE E BELÉM/PA**

Eduarda Monteiro Martins  
Hamilton Mendes de Figueiredo  
Dayse Estefany Moreira da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.4262203109>

## **SOBRE O ORGANIZADOR..... 104**

## **ÍNDICE REMISSIVO..... 105**

# CAPÍTULO 1

## MÚLTIPLAS INTELIGÊNCIAS

Data de aceite: 03/10/2022

### Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues

Chefe do Departamento de Ciências e  
Tecnologia da Logos University International  
Diretor do Centro de Pesquisas e Análises  
Heráclito- CPAH  
Castelo de Paiva - Portugal  
<http://lattes.cnpq.br/1428461891222558>

**RESUMO:** Denomina-se inteligências múltiplas à teoria desenvolvida a partir da década de 1980 por uma equipe de investigadores da Universidade de Harvard, liderada pelo psicólogo Howard Gardner, buscando analisar e descrever melhor o conceito de inteligência. Gardner afirmou que o conceito de inteligência, como tradicionalmente definido em psicometria (testes de QI) não era suficiente para descrever a grande variedade de habilidades cognitivas humanas. Desse modo, a teoria afirma que uma criança que aprende a multiplicar números facilmente não é necessariamente mais inteligente do que outra que tenha habilidades mais forte em outro tipo de inteligência. A criança que leva mais tempo para dominar uma multiplicação simples, pode aprender melhor a multiplicar através de uma abordagem diferente; pode ser excelente em um campo fora da matemática; ou pode até estar a olhar e compreender o processo de multiplicação em um nível profundo. Neste último exemplo, uma compreensão mais profunda pode resultar em lentidão que parece (e pode) esconder uma inteligência matemática potencialmente maior do que a de uma criança que rapidamente memoriza

a tabuada, apesar de uma compreensão menos detalhada do processo de multiplicação. A teoria recebe reações mistas da comunidade científica, muitos psicólogos não acreditam que existam diferenças entre os conceitos de inteligência, que não são suportados pela prova empírica. É criticada por alguns, como Perry D. Klein, por ser uma teoria não falseável. Já Linda Gottfredson, uma das críticas, afirma que a teoria é bastante atrativa por sugerir que “*todos podem ser inteligentes*” de alguma forma, o que pode enviesar o estudo do tema. Eu acredito que há múltiplas inteligências com base na cognição, mas que há uma inteligência primária, precursora e propulsora para as respectivas habilidades intelectuais cognitivas que, inclusive, é capaz de desenvolver as demais inteligências.

**PALAVRAS-CHAVE:** Inteligência múltipla; habilidades cognitivas; psicólogos.

**ABSTRACT:** Multiple intelligences is the theory developed from the 1980s onwards by a team of researchers from Harvard University, led by psychologist Howard Gardner, seeking to better analyze and describe the concept of intelligence. Gardner claimed that the concept of intelligence, as traditionally defined in psychometrics (IQ tests) was not sufficient to describe the wide variety of human cognitive abilities. Thus, the theory states that a child who learns to multiply numbers easily is not necessarily smarter than one who has stronger abilities in another type of intelligence. The child who takes the longest to master simple multiplication may best learn to multiply through a different approach; may excel in a field outside of mathematics; or you may even be looking at

and understanding the multiplication process at a deep level. In this last example, deeper understanding can result in sluggishness that appears (and can) hide potentially greater mathematical intelligence than that of a child who quickly memorizes the multiplication table despite a less detailed understanding of the multiplication process. The theory receives mixed reactions from the scientific community, many psychologists not that there are differences between the concepts of intelligence, which are not supported by empirical evidence. It is criticized by some, such as Perry D. Klein, for being an unfalsifiable theory. Linda Gottfredson, one of the critics, says that the theory is quite attractive because it suggests that “everyone can be intelligent” in some way, which can bias the study of the topic. I believe that there are multiple intelligences based on cognition, but that there is a primary intelligence, precursor and propellant for the respective cognitive intellectual abilities, which is even capable of developing the other intelligences.

**KEYWORDS:** Multiple intelligence; cognitive abilities; psychologists.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um professor que pratica uma boa didática ele uni teoria e prática de ensino, não adianta o professor falar, falar e falar em sala de aula e não praticar (no caso de algumas disciplinas, como por exemplo, ciências, é muito fácil, em certos conteúdos trabalhar com a prática) e em outras disciplinas, como por exemplo história e geografia, o professor pode utilizar os recursos que existem hoje em dia, como os recursos audiovisuais, porque o que vemos fica muito mais fácil de aprendermos do que somente o que escutamos. Além da aula ficar monótona, o aluno fica desmotivado e o professor pode se esforçar ao máximo que entendimento da matéria não será assimilado totalmente pelos discentes. Para a efetivação da didática unem-se todos os elementos integrantes do processo de ensino-aprendizagem: o professor, o aluno, a disciplina, o contexto escolar, o objetivo e finalidade do processo educativo, as estratégias e métodos de ensino, por isso a importância de um Plano de Curso e um Plano de aula (RODRIGUES, 2021a). Mas, por que estamos comentando sobre o processo ensino-aprendizagem no trabalho com o tema “Múltiplas Inteligências”? Vamos ao exemplo: (ANTUNES, 2000)

Que aluno nunca se sentiu incapaz por não conseguir resolver uma expressão numérica durante o ensino fundamental? Se envolvesse letras então.... Porém, ao mesmo tempo que não conseguia tirar boas notas em matemática, possuía uma facilidade enorme com textos ou fazia aqueles desenhos elaborados incríveis! Ou o aluno poderia saber a tabuada toda de cor, mas não conseguia comunicar-se de jeito nenhum, se tivesse apresentação de trabalho era um suor frio, mal-estar e tudo. Acho que todos já passaram por isso, possuir muita facilidade em uma determinada disciplina e encontrar maior dificuldade em outra área.

A definição de pessoas mais ou menos inteligentes começa desde a infância. Normalmente, nas escolas utilizam-se parâmetros como notas, desempenho em provas

e resolução de problemas para escolher o destaque da turma. Porém, esse pensamento não valoriza as inteligências múltiplas. As escolas, normalmente, priorizam mais o desenvolvimento das inteligências lógico-matemática e linguística, porém, as atividades multidisciplinares também são positivas. Atividades como dança, música e artes plásticas, jogos cooperativos e estímulo à interação com a natureza são exemplos de ações que ajudam a ampliar outras inteligências. (GARDNER, 2002)

Para isso existe uma explicação e pode ser encontrada na Teoria das Múltiplas Inteligências do psicólogo Howard Gardner, cuja principal discussão é de que existem vários tipos de inteligência. Gardner nasceu nos Estados Unidos, formado no campo da Psicologia e da Neurologia. Ele é professor de Psicologia na Universidade Harvard, localizada em Cambridge, ficou conhecido no meio educacional pela sua teoria sobre as inteligências múltiplas, ampliando muito a visão dos pedagogos e professores sobre o conceito de inteligência. Essa teoria surgiu no final do século XX, com base no interesse dele pela inteligência, que nasceu durante a sua pós-graduação estudando as teorias de Jean Piaget. Esse interesse deu origem à sua tese que contemplou a teoria mundialmente conhecida. Para ser considerada uma inteligência múltipla, a capacidade questionada, deverá ser universal na espécie humana, devendo ser vinculada ao estímulo cultural e que tenham raízes biológicas. Sobre esses critérios Gardner afirma:

ao criarmos nossa lista, nós procuramos evidências de várias fontes diferentes: o conhecimento a respeito do desenvolvimento normal e do desenvolvimento em indivíduos talentosos; as informações sobre o colapso das capacidades cognitivas nas condições de dano cerebral; os estudos sobre populações excepcionais, incluindo prodígios, idiotas sábios e crianças autistas; os dados sobre a evolução da cognição ao longo do milênio; as considerações culturais cruzadas sobre a cognição; os estudos psicométricos, incluindo exames de correlações entre testes; e os estudos de treinamento psicológico, particularmente as medidas de transferência e generalização através das tarefas. Somente a inteligência candidata que satisfaziam todos ou mais dos critérios foram selecionadas como inteligências genuínas.

Howard Gardner começou a questionar se o teste de QI era o suficiente para medir a inteligência das pessoas. A partir desse questionamento surgiu a ideia de que cada indivíduo é diferente um do outro, possuindo um número de faculdades mentais que são relativas. Assim nasce a teoria das inteligências múltiplas, que defende que o cérebro humano possui nove tipos de inteligências. Porém cada indivíduo, na maioria dos casos, possui apenas uma ou duas inteligências desenvolvidas, isso explica o motivo de uma pessoa ser muito boa em cálculos e possuir dificuldades em dança, por exemplo. Segundo Gardner, são raros os casos de uma única pessoa possuir todas as oito inteligências desenvolvidas, mas não é impossível. Uma personalidade conhecida que pode ser exemplo desses casos raros é Leonardo Da Vinci, que além de pintor (famoso pela Monalisa), foi também botânico, matemático, anatomista e inventor. (ANTUNES, 2000)

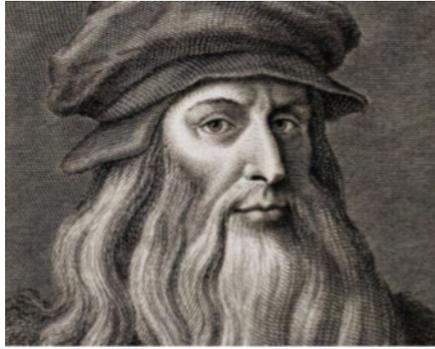


Figure 1 Leonardo Da Vinci

As inteligências manifestam-se com mais ênfase conforme o estímulo que recebem e são independentes, mas todas as oito inteligências estão interligadas. Isso faz com que acreditemos que todas as pessoas possuem capacidade de desenvolver todas as inteligências (lógico-matemática, linguística, corporal, naturalista, intrapessoal, interpessoal, espacial e musical).

Com o desenvolvimento dessa teoria, as pessoas não precisam se sentir inferior por não saber algo ou não possuir facilidade em determinada área. Todas as pessoas são capazes, basta apenas o estímulo certo para desenvolver determinada inteligência! Porém, há uma inteligência precursora e significativa em âmbito de sobrevivência e vamos discorrer sobre isso neste estudo.

## 2 | DESENVOLVIMENTO

Agora que já definimos Múltiplas Inteligências, vamos conhecer cada uma delas. A escola tem um papel significativo para o desenvolvimento das inteligências múltiplas, adotando atividades multidisciplinares que incentivem as capacidades intelectuais dos alunos gradativamente e aplique tais inteligências. As inteligências que Gardner levantou em pesquisas tem áreas bem mais abrangentes, sendo elas: linguística, lógico-matemática, espacial, pictórica, musical, corporal-sinestésica, naturalista, interpessoal e intrapessoal, existentes no cérebro de todos os seres humanos, sendo que cada um tem as que são mais e menos desenvolvidas.

Grande parte das áreas do currículo pode ser apresentada de várias maneiras; o jeito como se apresenta pode significar a diferença, entre uma experiência bem-sucedida e uma malsucedida, pois é sabido que os alunos aprendem de maneiras diferentes. (GARDNER, 2002)

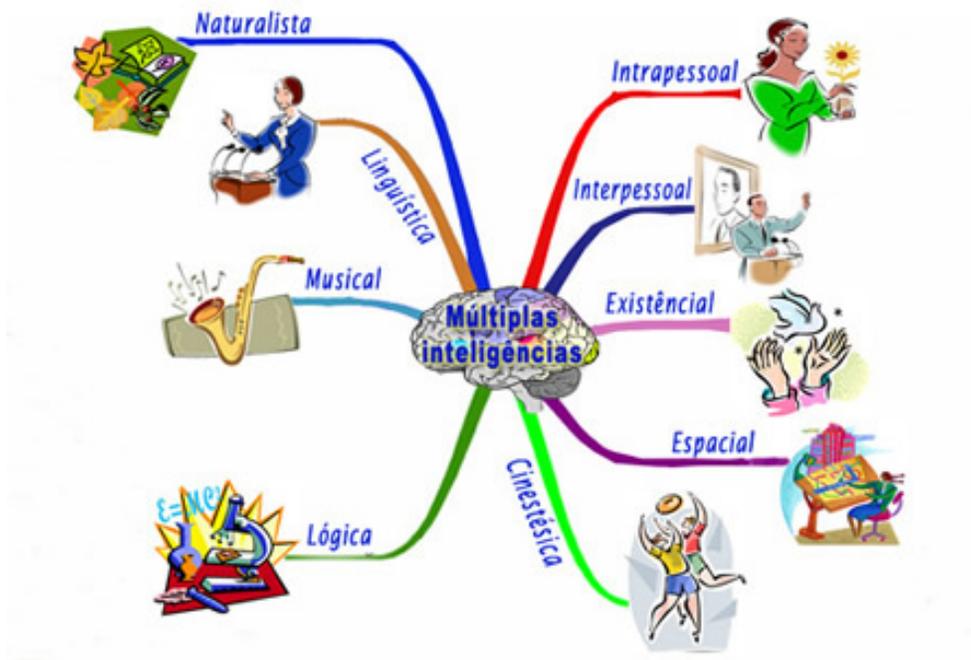


Figure 2 Área Cerebral de Cada Inteligência

O nosso cérebro é constituído das nove inteligências emocionais e isso tem ajudado muito a escola, os professores, os pais e os próprios alunos a entenderem seu processo de ensino-aprendizagem. Os professores e a escola precisam passar por períodos de reciclagem para buscar novas formas de trabalho, que se baseiem no respeito à integridade do indivíduo, e também as formas de avaliar os alunos, através da sensibilidade. (ARMSTRONG, 2001). Segundo Rodrigues (2021b), existem diversos tipos de inteligência, como por exemplo:



Figure 3 Inteligências Múltiplas: Como Aplicar na Gestão Escolar?

⇒Lógico-Matemática

Profissionais que dominam essa habilidade são os mestres-de-obras, economistas, engenheiros, matemáticos, cientistas, contadores, estatísticos e analistas.



Figure 4 Você não é Burro: Conheça Suas Múltiplas Inteligências

Os professores para desenvolver essas inteligências em seus alunos, eles podem dar aos mesmos desafios lógicos, criar olimpíadas individuais de conhecimento, estimular a competitividade e o trabalho em equipe com torneios de matemática e física etc. Lembra quando comentamos na introdução deste trabalho a importância da prática nas disciplinas e não somente a teoria? Nesse tipo de inteligência podemos chegar a conclusões através da razão, como por exemplo resolver equações e provas, ter pensamento lógico, fazer

cálculos e resolver problemas abstratos. Essas pessoas dominam números, tarefas complexas e atividades lógicas. O discente deve enxergar as projeções geométricas, solucionar problemas matemáticos, da área da informática, química ou física.

#### ⇒Linguística

Esse tipo de inteligência surge logo cedo, aos dois anos de idade e está diretamente ligada à capacidade de domínio da linguagem e da expressão. Quem possui esta habilidade tem mais êxito na hora de transmitir ideais, ensinar, convencer, negociar e motivar. Da mesma forma fica mais fácil analisar e interpretar ideias e informações e produzir trabalhos envolvendo linguagem escrita e oral, gestual, corporal e entre outras. Vamos dar alguns exemplos de quem as possui, são profissionais como: jornalistas, escritores, cineastas, mestres de cerimônia, vendedores, CEOs e políticos. Será que você tem algumas dessas competências? Gostar de ler, gostar de escrever, ter boa memória, saber debater e ter ótima verbalização? Se sim, você desenvolveu a inteligência linguística.

#### ⇒Corporal

Esse tipo de inteligência é ligado ao uso do próprio corpo para resolver problemas, por isso as pessoas desse grupo normalmente querem se tornarem atletas, dançarinos, artistas circenses, mergulhadores, bombeiros, motoristas, entre outros. As pessoas com esse tipo de habilidade se destacam em suas capacidades motoras de resolver problemas ou elaborar produtos utilizando o corpo inteiro ou parte do mesmo, e a expressão de sentimentos. Podemos dizer que é uma inteligência ligada à coordenação, ao equilíbrio e à expressão por meio do corpo. Essa inteligência precisa ser trabalhada quando a criança não consegue fazer atividades que exigem controle motor refinado, como por exemplo amarrar cadarços entre outras coisas.

#### ⇒Naturalista

As pessoas que conversam com plantas, que estão inteiramente ligadas com a natureza podem ser encaixadas nesse tipo de inteligência. Quem possui essa habilidade tem mais aflorados os seus sentidos em relação à vida na natureza. Podemos citar os seguintes profissionais: biólogos, floricultores, agricultores, guia turísticos, geólogos, engenheiros climáticos, jardineiros e meteorologistas eles possuem o desenvolvimento dessa inteligência.

#### ⇒Intrapessoal

Os indivíduos com essa habilidade conseguem conviver com suas limitações e potencialidades e focam nas atividades que possuem maior domínio, mas sem deixar de trabalhar seus pontos de melhoria. É a inteligência da autoestima, do autorrespeito e da autoaceitação e se refere às pessoas que desenvolveram um alto nível de autoconhecimento, conseguindo compreender todas as suas emoções, quais são seus valores e os ideais e o que os motiva a seguir com os objetivos traçados, isso faz com que quem possui esse tipo de inteligência têm facilidade de lidar com a maioria dos tipos de trabalho, otimismo, respeito a valores morais e controle de vícios e emoções.

### ⇒Interpessoal

Quem possui esse tipo de inteligência trabalha como terapeuta, professor, psicólogo, médico, profissional de RH, político, líder religioso, conselheiro, vendedor, gerente, advogado e pedagogo, pois sabem ler nas entrelinhas o que os outros pensam e como se sentem no dia a dia. Reconhecer e entender os sentimentos, motivações, desejos e intenções de outras pessoas. É importante a participação em grêmios estudantis, desafios entre equipes, desenvolvimentos de games ou aplicativos que visam solucionar os pontos de dor das pessoas para aprimorar essas habilidades em jovens.

### ⇒Espacial

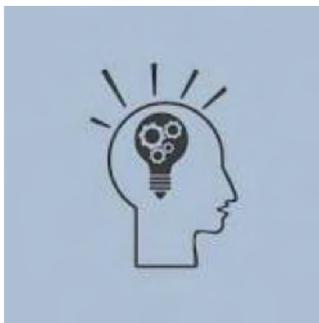
Essa inteligência está ligada à percepção espacial e visual, à interpretação e criação de imagens visuais e à imaginação pictórica. Há uma melhor compreensão de informações gráficas, como mapas. Mas quem possui esse tipo de inteligência? As pessoas que possuem a criatividade aflorada, bom sentido de localização e facilidade com mapas, gráficos e diagramas. São eles: arquitetos, cartunistas, fotógrafos, escultores, designers, inventores, navegadores, artistas plásticos, estrategistas e jogadores de xadrez. Como podemos trabalhar esse tipo de inteligência nas escolas? Com acontecimento de feiras artísticas com prototipagem de projetos robóticos e desenvolver animações em 3D.

### ⇒Musical

Essa inteligência está relacionada à sensibilidade que as pessoas possuem em reconhecer notas musicais vindas de qualquer tipo de objeto. Esse é um tipo de inteligência que é muito facilmente reconhecido. Exemplos de pessoas que possuem esse tipo de inteligência: compositores, músicos, DJs, cantores, produtores musicais e engenheiros acústicos. As escolas para desenvolver essa inteligência nos alunos podem disponibilizar instrumentos para formar uma banda, formar um coral ou criar concursos de canto.

### ⇒Pictórica

Esse tipo de inteligência está ligado a pessoas com facilidade em se expressar através dos desenhos, pinturas e esculturas e que criam imagens mentais.



Múltiplas Inteligências

No trabalho

No ambiente de trabalho, ao saber as inteligências de cada pessoa, é possível direcionar as atividades de acordo com as habilidades de cada um e, conseqüentemente, facilitar os processos e aumentar a produtividade da empresa. Os gestores devem se basear na teoria das inteligências múltiplas para avaliar quais delas cada funcionário tem em maior evidência, e não assumir, simplesmente, que existem pessoas inteligentes e outras não.

Vamos exemplificar, um funcionário com as inteligências interpessoal e linguística bem desenvolvidas pode ser direcionado para atendimento ao cliente ou vendas e ter profissionais com perfis diversos, com inteligências, costumes e culturas diferentes, é bastante positivo, pois contribui com o desempenho da equipe, a resolução de problemas. Os gestores podem aplicar algumas medidas para identificar as inteligências múltiplas dos profissionais e buscar estratégias para desenvolvê-las. (GARDNER, 2002)

O que fazer para ter o profissional certo na função certa? Uma das possibilidades é a análise do perfil comportamental. A empresa pode fazer isso com testes e uso de softwares que ajudam a descobrir as características, as forças e as fraquezas, e também as inteligências mais desenvolvidas em cada colaborador. O próprio funcionário pode investir no autoconhecimento e analisar as suas características para descobrir quais inteligências ele tem para colocar seu foco nelas e melhor tirar benefício da sua vida profissional e pessoal. Aquele colaborador que tem um perfil lógico se sairá melhor em tarefas sistemáticas do que aquele que tem um perfil interpessoal ou linguístico.

### 3 | DISCUSSÃO

Para desvendarmos a inteligência humana que é alvo de estudo dos filósofos, psicólogos e vários ramos das ciências, desde os povos antigos, em que cada qual fazia sua consideração para destacar e valorizar o raciocínio humano, ocorrendo, portanto, muitas vezes ideias diferentes. O psicólogo francês Alfred Binet (1857-1911) foi o primeiro a produzir testes de inteligências, observando a oralidade, relação numérica e como resolver problemas do cotidiano. (CAMPBELL, 2000)

Este trabalho teve como objetivo estudar, analisar e propor alternativas para a estimulação das inteligências múltiplas, em sala de aula, bem como no dia a dia da pessoa, observando-se que as inteligências múltiplas devem se apresentar como um aprimoramento de estratégias para que o professor leve à aprendizagem, em sua prática pedagógica. Desenvolvendo projetos para trabalhar as inteligências múltiplas, observando aspectos que possam ajudar a criança e o educador, sem interferir na aprendizagem da mesma, o educador será o mediador das habilidades e não simplesmente produtor de conteúdo sem lógica, para os alunos.

Estudos de psicólogos do século XIX e XX propuseram a existência de uma inteligência geral, essa inteligência é caracterizada pela capacidade de associação

e raciocínio lógico entre elementos, usada em toda extensão das atividades humanas. São muitas as capacidades específicas, sendo as mais genéricas as habilidades para cálculos matemáticos, memorização, compreensão verbal, fluência verbal, etc. A teoria das inteligências múltiplas vem exatamente para fazer a interação entre o aprender em sala com a realidade que rodeia o indivíduo.

A Teoria das Inteligências Múltiplas incluiu, além destas inteligências lógica e linguística, as inteligências musical, corporal, intrapessoal e interpessoal. O motivo dessa inclusão é que as primeiras (relacionadas mais tradicionalmente ao intelecto) não explicam satisfatoriamente a diversidade de manifestações inteligentes. A educação necessita de uma adaptação para a considerável mudança que está acontecendo na sociedade, induzindo transformações notáveis na conceptualização do currículo, na formação dos professores no método de ensino.

Logo depois, a Teoria das Inteligência Emocional explicou melhor as inteligências intrapessoal e interpessoal, conceituando a influência da emoção nas manifestações inteligentes ao mostrar as consequências das reações químicas da emoção na racionalidade. Melhor explicando as diferenças individuais dentro de uma mesma capacidade, foram selecionadas para análise apenas as inteligências mais tradicionais voltadas à academia, as capacidades lógicas e linguísticas. A educação através das inteligências múltiplas deve ser aplicada como um todo sem dissociar uma inteligência da outra, pois as inteligências são mais bem desenvolvidas quando ocorre a interação entre todas elas e com as disciplinas. (ARMSTRONG, 2001)

A solução de problemas é o propósito final de todas as capacidades. Não se trata de problemas de provas, mas de situações do cotidiano e profissional onde o indivíduo precisa reunir informações e produzir uma solução ou novo conhecimento. Qualquer teoria que a inteligência, como resultado final, é a capacidade de lidar com conceitos abstratos, lidar com informações mentais, visualizar respostas e praticá-las. Resumindo, inteligência é a capacidade de resolver problemas utilizando o pensamento abstrato.

Quando observamos a realidades dos nossos alunos, de muita carência emocional, as inteligências pessoais (intrapessoal e interpessoal) se mostram úteis e importantes para serem desenvolvidas em sala, como diz o autor da teoria, Gardner (2000) que as inteligências múltiplas devem ser modificadas para a cultura em que será trabalhada. Nas capacidades intelectuais, o pensamento é a base da manifestação inteligente. O pensamento abstrato é a organização mental de ideias, com suas inferências, deduções, induções, associações, analogias, etc. A inteligência do pensamento abstrato está muito ligada pela competência do raciocínio lógico, envolvendo velocidade e abrangência das informações. Usa-se o elemento primordial neste processo que é a criatividade, importante para a busca de novas soluções (CAMPBELL, 2000).

Na inteligência potencial são importantes o estudo acadêmico, cultura geral, experiência e a capacidade de memorização. Na inteligência cinética são fatores

importantes a capacidade de ação, organização mental e o manuseio de informações de forma rápida, eficiente e produtiva, além da habilidade de buscar informações fora da mente, como livros, amigos, etc. As inteligências múltiplas devem possibilitar ao professor uma visão mais ampla do seu fazer pedagógico em que o centro de sua preocupação deve ser o aluno, em toda sua forma de pensar e agir em sala, para que o mesmo sinta vontade de aprender. (CAMPBELL, 2000).

Os testes de inteligência tendem a demonstrar para as pessoas seus QI's, mas segundo a lógica de que existem dois tipos de inteligência, a cognitiva e a lógica, e que existe uma relação entre as duas ao mesmo tempo em que são inteligências distintas, demonstra que é necessário outro método de avaliação de inteligência (RODRIGUES, 2021b).

#### 4 | INTELIGÊNCIA DWRI

O conceito inovador criado por mim há alguns anos surgiu pelo facto de os testes de inteligência não medirem, muitas vezes, a capacidade de um indivíduo de forma perfeita. Ter inteligência DWRI significa conseguir desenvolver todos os tipos de inteligência, englobando o seu património genético, os seus interesses e as suas experiências de vida que, no final, resultam numa inteligência global e não apenas direcionada.

Existem dois tipos de inteligência, a lógica e a cognitiva. Embora trabalhem em consonância, trata-se, na verdade, de realidades distintas. A inteligência DWRI é hereditária, aparecendo já na formação embrionária e é responsável pelo imaginário, entendimento do que está à nossa volta, a formação da personalidade e a condição da inteligência. A capacidade de alguém em habilidades verbais, numéricas, lógicas e espaciais, mesmo que medidas por um teste de QI, não definem a inteligência DWRI. Desta forma, um sujeito de alto QI nem sempre possui uma inteligência DWRI, podendo ter apenas inteligências específicas. Mas toda pessoa DWRI tem alto QI.

As pessoas que possuem uma inteligência DWRI são, por norma, mais ponderadas e equilibradas, não cedendo ao egocentrismo ou narcisismo. São, por isso, humildes mesmo estando plenamente conscientes das suas capacidades, o que se deve, sobretudo, pela noção de que ser mais humilde acarreta mais vantagens, incluindo para o próprio. Outra característica que prevalece nestes indivíduos é a forte capacidade de controle emocional sem que, com isso, perca a capacidade de socializar.

Os indivíduos com QI superior a 99 e que também possuam inteligência DWRI têm mais probabilidades de sucesso profissional e pessoal, não apenas pelo domínio da lógica, mas pela sua capacidade de socializar e reforçar ramificações sociais que irão interferir no progresso, na carreira e no meio académico.

## 5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inteligência final cresce com o aumento da inteligência potencial e cinética. Neste aspecto intelectual, para explicar as diferenças individuais deve-se conjugar a organização mental e uso do raciocínio abstrato com as diversas capacidades humanas. Como pretendem os testes de inteligência, o maior desafio, não resolvido, é quantificar essa competência através de uma simples prova. Qualquer teste é fragmentado e avalia uma particularidade da capacidade humana. Para terminar a explicação das diferenças individuais, deve-se incluir *aspectos* não-intelectuais que proporcionam grande impacto no resultado final: o desejo de vencer, a persistência, a força de vontade e outras posturas.

Além disso, a competência emocional também interfere no comportamento inteligente. O desenvolvimento do aluno em sala de aula precisa estar associado à participação dos pais na comunidade escolar, pois o aprender da criança não se resume só ao ambiente escolar. A escola é só um começo dessa aprendizagem que deve acontecer todos os momentos, em todos os lugares e um professor atento irá aproveitar esses pequenos momentos para estimular as inteligências múltiplas na criança. É sabido que nem todas crianças apresentam o mesmo perfil de inteligência, como também que os interesses variam de uma criança para outra e que, “em uma época de explosão da informação, nenhum de nós pode aprender tudo; as escolhas devem ser feitas fundamentalmente sobre o que e como vamos aprender”.

O sucesso é um conceito relativo. Entretanto, existe uma correlação positiva entre a inteligência e o sucesso na vida. Sucesso envolve o crescimento pessoal explorando todas as capacidades humanas disponíveis de forma harmônica para gerar realizações, novos conhecimentos.

Há múltiplas inteligências, de acordo com o desenvolvimento cognitivo e intelectual humano. Mas há uma inteligência que é distinta a inteligência DWRI. Que nos diferencia dos demais, qualificando o indivíduo: dentro da neurodiversidade como portador de Superdotação/ Altas Habilidades.

Ela é precursora e “incentivadora” para as demais inteligências desenvolvidas de acordo com o “tipo de vida” da pessoa, personalidade e marcadores genéticos. O teste de QI define a diferença das inteligências entre pessoas e as múltiplas inteligências de Gardner definem um conceito para o processo de aprendizagem e incentivo principalmente para quem deseja testar seu QI, de forma qualitativa e quantitativa.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, Celso. **A teoria das inteligências libertadoras**. 2. ed. Petrópolis, Vozes, 2000.

ARMSTRONG, Thomas. **Inteligências Múltiplas na sala de aula**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.

CAMPBELL, Linda; CAMPBELL, Bruce; DICKINSON, Dee. **Ensino aprendizagem por meio das Inteligências Múltiplas: Inteligências Múltiplas em sala de aula**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

GARDNER, Howard. **Estruturas da Mente: A Teoria das Inteligências Múltiplas**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 2002.

GONÇALVES, Elisa Pereira. **Conversas sobre Iniciação à Pesquisa Científica**. 4. ed. Campinas: Alínea, 2005.

MEC. Secretaria Da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução aos parâmetros curriculares nacionais**. Secretaria da Educação Fundamental. 3. ed. Brasília: A Secretaria, 2001.

OLIVEIRA, Janaina X. Franco; QUEIROZ, Luciana Kalil. **Inteligências Múltiplas: um foco para o desenvolvimento infantil na sala de aula**. Monografia de Graduação. Brasília: UniCEUB, 2005.

RODRIGUES, Fabiano de Abreu. **DWRI Intelligence and other intelligences**. International Journal of Development Research, 2021a.

RODRIGUES, Fabiano de Abreu. **Genes, cells, areas of brain intelligence and society with impaired intelligence, what do all these have in common?** Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 2021b.

# CAPÍTULO 2

## METAVERSO NA EDUCAÇÃO

*Data de aceite: 03/10/2022*

### **Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues**

Chefe do Departamento de Ciências e  
Tecnologia da Logos University International  
Diretor do Centro de Pesquisas e Análises  
Heráclito- CPAH  
Castelo de Paiva - Portugal  
<http://lattes.cnpq.br/1428461891222558>

**RESUMO:** O metaverso, modalidade tecnológica que utiliza ferramentas digitais para replicar representações de determinadas realidades, vem ganhando espaço na educação ao conseguir ultrapassar os limites colocados pela resistência à tecnologia em sala de aula, especialmente após a chegada da pandemia de COVID-19. Nesse contexto, ambientes virtuais capazes de representar com extrema verossimilhança a realidade exercem um papel importante para a aprendizagem ao serem coerentes à propriedade da memória de poder ser codificada a longo prazo quando atribuída a alguma emoção específica. Também são apresentadas contribuições relevantes para o trabalho com a singularidade de cada aluno em relação à sua história, personalidade, habilidades e possíveis transtornos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Metaverso; Educação; Aprendizagem; Tecnologia.

**ABSTRACT:** The metaverse, a technological modality that uses digital tools to replicate representations of certain realities, has been gaining ground in education by managing to

overcome the limits placed by resistance to technology in the classroom, especially after the arrival of the COVID-19 pandemic. In this context, virtual environments representing reality with extreme verisimilitude play an important role in the learning process by being coherent with the memory property of being able to be codified in the long term when attributed to some specific emotion. Relevant contributions to work with the uniqueness of each student in relation to their history, personality, abilities, and possible disorders are also presented.

**KEYWORDS:** Metaverse; Education; Learning; Technology.

### **INTRODUÇÃO**

A utilização de tecnologias como forma de comunicação, diversão e aprendizagem, na sociedade contemporânea, se dá desde os primeiros anos de vida, fazendo parte da constituição humana de tal maneira que é impossível discuti-la sem levar em conta o uso desses meios. Nesse sentido, as práticas no âmbito educacional precisam se adequar a esse contexto para que sejam coerentes com a realidade dos alunos.

É possível falar, na contemporaneidade, da convivência de gerações analógicas, como a dos pais e profissionais responsáveis pela educação dos alunos, e digitais, das crianças e adolescentes em aprendizagem. Dessa forma, é preciso uma atualização constante a

respeito das formas de comunicação e aprendizagem emergentes, levando em conta que o pensamento da geração digital não se dá mais de forma linear, mas sim em redes e de forma muito mais colaborativa.

Para introduzir práticas educativas que deem conta da rapidez com que novas formas de se relacionar são introduzidas nos sujeitos, é preciso ter conhecimento, primeiramente, das limitações e das possibilidades de ferramentas tecnológicas. A educação acontece na relação com o outro em uma abordagem que também leva em conta a subjetividade dos profissionais da área, e não apenas dos alunos. Assim, torna-se fundamental ter consciência acerca dos próprios sentimentos e maneiras de se relacionar com as ferramentas tecnológicas. No caso da utilização do metaverso e das tecnologias digitais virtuais de forma geral, esse pressuposto é bastante válido para auxiliar aqueles que buscam integração nesse mundo.

Dessa maneira, a relevância da temática do metaverso se coloca com grande destaque, considerando que é uma ferramenta que chama bastante a atenção dentro das tecnologias mais atuais dentro da educação, como será melhor abordado a seguir. Para que se faça jus à necessidade de espaço para pensar a relação de cada profissional da educação com as tecnologias antes de aplicá-las, serão discutidos, através de revisão bibliográfica, o contexto e os conceitos por trás do metaverso e os pressupostos que caminham a seu lado. O objeto central é, portanto, explorar a potencialidade e as limitações do metaverso em contexto educacional.

## **CONTEXTUALIZANDO O METAVERSO E SEU FUNCIONAMENTO**

É possível dizer que a humanidade tem o costume de se constituir através de universos paralelos, diferenciados pelo desenvolvimento de uma forma particular de se viver e conviver, com regras específicas que se adequam às necessidades daquele mundo. Esses universos à parte são essencialmente concomitantes, pois não foram pensados em termos de substituição. Por exemplo, a questão socioeconômica é capaz de criar universos muito distintos, como as vilas e favelas, no Brasil, e a comunidade Amish, nos Estados Unidos e Canadá, criada através da questão religiosa.

Quando a questão avança para o âmbito da tecnologia, a evolução do uso da internet pode ser categorizada especialmente a respeito dos níveis de interação proporcionados. Na primeira geração da internet, a Web 1.0, o mais comum é que existissem páginas disponibilizadas com informações escritas, caracterizadas pelas poucas possibilidades de interação. Já na Web 2.0, as tecnologias permitem o compartilhamento gratuito de arquivos, vídeos e músicas e consagram as redes sociais como meio de comunicação.

A interação utilizada para categorizar as tecnologias virtuais possui critérios de acordo com a maneira com que o sujeito se relaciona com as ferramentas e com outras pessoas. Ao contrário das ferramentas reativas, mais atreladas ao tradicional entendimento

do comportamento associado à resposta a determinado estímulo, a interação mútua se dá de maneira aberta, na qual os sujeitos atuam ativamente em direção à construção de um relacionamento que os afeta mutuamente, fazendo com que as trocas sejam capazes de recriar o processo. É o caso dos metaversos, que potencializam os processos interativos ao integrar tecnologias da Web 2.0 com as da Web 3D, construindo Mundos Digitais Virtuais em 3 Dimensões.

O conceito de metaverso se refere, portanto, a uma modalidade de mundo virtual que utiliza dispositivos digitais com o objetivo de replicar determinada realidade. Suas características seguem os rumos interativos da Web 2.0, prezando por um espaço virtual coletivo e compartilhado, com abertura para a subjetividade. A terminologia foi utilizada pela primeira vez em 1992 pelo escritor norte-americano Neal Stephenson, em seu romance *Snow Crash*. Para o autor, “metaverso tem caráter real, bem como utilidade real pública e privada, pois se trata de uma ampliação do espaço real do mundo físico dentro de um espaço virtual na internet” (SCHLEMMER; BACKES, 2008, p. 522).

O nível de interação pode variar de acordo com o funcionamento de cada ambiente virtual: alguns, além dos avatares que representam os seres humanos que os controlam, também possuem NPCs (Non-player Character NPCs – Personagens não manipuláveis e/ou bots e agentes comunicativos). No entanto, de maneira geral é possível afirmar que a grande imersão proporcionada aos sujeitos nos mundos virtuais apresentados pelos metaversos está relacionada a diversas características desses universos:

- Sujeito como *e-habitante*: telepresente através de uma representação gráfica em 3D – avatar;
- Interação através de diferentes linguagens de comunicação: textual, oral, gestual (com movimentos evidenciados através das ações do avatar) e gráfica;
- Teletransporte virtual para diversos locais dos universos;
- Modificação das representações de tempo e espaço;
- Modificação da relação do sujeito com seu próprio corpo e história, sobre a qual podem ser construídas novas narrativas ficcionais. O avatar pode ser uma tentativa de representação da realidade física e pessoal do ser humano que o utiliza ou fruto da imaginação.

Os mundos virtuais atuam seguindo algumas características gerais:

- Persistência: após um determinado tempo sem acesso ao ambiente virtual, o usuário é capaz de retornar com seus objetos intactos, sem necessidade reconstrução ou uma nova programação. A persistência também possibilita a evolução do mundo virtual sem a presença constante dos participantes, pois nada é destruído em sua ausência, ao contrário de, por exemplo, prédios e construções do mundo real;
- Maleabilidade: possibilidade de modificação do ambiente virtual, com garantia

de algum direito/privilégio sobre os objetos construídos;

- Teleologia: grau com que a vida virtual se guia por uma finalidade especificamente determinada. Varia de finalidades mais elevadas, como em jogos que exigem que se complete uma missão, até aqueles sem tarefas específicas, voltados simplesmente à convivência social pura em ambiente virtual;
- Verossimilhança: importância de a experiência virtual remeter à experiência do mundo físico ou mítico já conhecido pelo participante. Para isso, são utilizadas simulações de padrões e metáforas que proporcionem algum grau de familiaridade.

## Neuroanatomia dos ambientes virtuais

O mundo virtual dos metaversos exerce grande influência no sistema límbico, região cerebral responsável pelas emoções, e no lobo frontal, relacionado à prevenção e à imaginação de possibilidades. Assim, a realidade virtual pode ser alvo de uma problemática relacionada ao grande nível de alteração cerebral, pois as satisfações constantes e os facilitadores que proporciona são tão potentes a ponto de alterarem anatomicamente as regiões cerebrais, fazendo com que possa ser um desafio imaginar as coisas como eram externamente àquela realidade.

A ativação do circuito de recompensas potencializa o condicionamento a determinadas respostas comportamentais. Com a constante liberação de neurotransmissores como a dopamina, somos levados pela expectativa de que algo agradável e recompensador ocorra em situações atreladas a essa sensação. Dessa forma, a realidade virtual segue se alimentando pelas recompensas que aparecem de maneira constante, interferindo também em regiões como a do córtex pré-frontal ventromedial, o córtex cingulado posterior e regiões nos lobos temporais mediais e parietais, como o hipocampo.

Embora as recompensas sejam constantes e exista uma ansiedade que mobiliza em direção às sensações prazerosas, a mesma conquista não é capaz de liberar a mesma intensidade de seu neurotransmissor, fazendo com que sejam necessárias novas conquistas interessantes para ativá-la – a conquista já deixou suas marcas nas células, diminuindo o impacto que causa. A ansiedade que move em direção ao instinto leva à insatisfação mediante às expectativas frustradas, moldando a anatomia cerebral quando eventos como esses ocorrem constantemente.

A disfunção homeostática causada pela alteração na produção de neurotransmissores pode ser responsável por problemas a distúrbios, transtornos e doenças, como a depressão, que atuam em um contraste entre o ambiente e a predisposição genética do indivíduo para determinar o seu grau de risco de desenvolvê-los. No entanto, o risco real apresentado aos sujeitos, as situações de luta e fuga que moldam emoções como o medo e questões evolutivas nesse âmbito são moldadas de maneira diferente àquelas que ocorrem em ambiente virtual, quando conseguem ser distinguidas da materialidade da realidade.

## O METAVERSO NA EDUCAÇÃO

As primeiras representações virtuais de vida que repercutiram significativamente em ambiente escolar foram as dos chamados “Tamagochis”, pequenos animais representados nas telas de aparelhos digitais que necessitavam de cuidados sistemáticos para que sobrevivessem. Por volta de 1996, ano de seu surgimento, os bichinhos virtuais causaram discussões na comunidade escolar e nos responsáveis pelas crianças sobre a permissão ou não de sua presença durante as aulas.

Enquanto muitos se manifestavam estritamente contrários à ideia, outros utilizaram a novidade de maneira bastante interessante no processo de aprendizagem. Desse contexto surgiram projetos em sala de aula que tinham como objetivo que as crianças aprendessem sobre as necessidades da vida humana e a importância de se cuidar da vida, a partir das necessidades do “Tamagochi”, além de abordagens voltadas ao aprendizado de operações matemáticas com base no tempo que levava entre uma necessidade e outra.

Alguns anos depois, a discussão seguiu se desenvolvendo com a disseminação dos jogos em formato MMORPG (*Massive Multiplayer Online RPG* – Jogos de RPG Online Massivos), nos quais diversas pessoas são conectadas para que joguem juntas em um mesmo ambiente virtual. Nesse caso, pais e professores manifestavam seu descontentamento com a novidade, ao temerem que seus filhos/alunos pudessem confundir o que pertencia ao ambiente virtual e o que fazia parte da realidade, gerando medo em relação a prejuízos no desenvolvimento.

No entanto, a experiência acabou mostrando que, de forma geral, as crianças eram plenamente capazes de distinguir os dois mundos e ainda utilizavam os jogos como ferramenta de interação social e desenvolvimento de habilidades cognitivas. Os estudos acerca da relação entre os ambientes virtuais e a educação buscavam utilizar os conceitos relacionados ao desenvolvimento da noção de espaço para investigar a possibilidade de criação de ambientes colaborativos e cooperativos, fazendo o uso de ferramentas conceituais como:

- “Focus”: subespaço em que uma pessoa foca a sua atenção;
- “Nimbus”: subespaço em que a presença do sujeito é projetada.

Os achados acerca da capacidade dos alunos de se desenvolverem interagindo com ambientes virtuais vão ao encontro dos encontrados nas primeiras tentativas de aplicação dos ambientes virtuais à aprendizagem:

Inicialmente, os sujeitos realizavam uma transposição dos ambientes, utilizando as mesmas propriedades do espaço físico para o espaço cibernético, não realizando a diferenciação das propriedades de um e de outro espaço. Simplesmente tratava o espaço cibernético da mesma forma como o físico, aplicando as mesmas propriedades. Entretanto, no decorrer das interações, observou-se que os sujeitos, na maioria das situações, já incluíam um julgamento em sua percepção. O que ocorria com maior

frequência é que os sujeitos realizavam uma transposição do ambiente, agora comparando a existência no espaço físico e no espaço cibernético, realizando uma diferenciação em suas propriedades, interpretando logicamente o que ocorria. O “foco” e o “nimbus” eram especificados de acordo com o interesse, por exemplo: alguns sujeitos apresentavam como “foco” o ambiente em si, as imagens, as representações gráficas, a possibilidade de explorar lugares, sendo que a comunicação com outras pessoas fazia parte do “nimbus”, ou seja, o sujeito percebia, porém não fazia muita diferença para ele. Para outros, o que acontecia era o contrário, o “foco” estava na comunicação, ficando a exploração do ambiente como “nimbus”. Devido a esse fato, observou-se que isso variava de sujeito para sujeito, de acordo com a sua idade, sexo, interesses etc. (SCHLEMMER; BACKES, 2008, p. 526).

Em relação ao papel do indivíduo frente à cibercultura, uma das principais preocupações da comunidade escolar e da sociedade com um todo é a tendência ao isolamento devido ao grande potencial de imersão nos ambientes virtuais – é possível fazer de tudo, desde a construção e utilização de carros caros à vivência de experiências sobrenaturais fantasiosas em ambientes carregados de aventura. Entretanto, tem sido observada, na verdade, uma facilitação considerável à conexão entre as pessoas, ultrapassando as barreiras físicas e a distância em um ambiente que favorece a criação de vínculos e a manutenção dessas conexões.

Essa discussão torna perceptível o fato de que, de forma geral, o que ocorre está muito mais ligado a uma mudança na maneira como as relações são constituídas do que um esgotamento dos vínculos reais. Nesse sentido, é possível falar em novas maneiras de se relacionar, se constituir e existir no mundo, levando a alterações nas ecologias cognitivas e nas formas sociais e individuais de apreender o ambiente e nele intervir.

As tecnologias proporcionam recursos que podem facilitar o rompimento de barreiras tradicionais do mundo físico. É o caso da aprendizagem de novas línguas, por exemplo, que tem o fator prática como fundamental para o aperfeiçoamento em um idioma diferente do nativo. Em ambientes de metaverso como o do “*Second Life*”, uma das principais simulações de realidade virtual na qual é possível interagir com pessoas do mundo todo, é possível entrar em contato de diversas maneiras com praticantes ou nativos da língua estudada e assim, ao mesmo tempo em que se desenvolve as habilidades no idioma, também se cria conexões com pessoas.

Explorando todo o potencial de simulações como a do “*Second Life*”, onde é possível simular praticamente qualquer ambiente real ou fantasioso, é possível criar pontos de encontro entre estudantes de uma mesma temática para compartilhar conhecimentos. É o caso de locais que simulam museus em um metaverso, com a exposição de conteúdos da maneira mais realista possíveis, os quais serão discutidos entre os participantes.

Estratégias de marketing de instituições de educação já estão sendo pensadas para a ampliação dos métodos de aprendizagem de maneira a atender às necessidades do maior número possível de interessados. Para isso, são programadas ações a diversas

categorias que compõem os processos de ensino nesse contexto:

- **Captação de alunos:** ao considerar a existência de escolas no metaverso, as empresas buscam superar as barreiras impostas pela necessidade de deslocamento das famílias, que podem conhecer as instituições sem sair de casa, além de possibilitar o agendamento de muito mais visitas em curtos espaços de tempo.
- **Matrículas:** apesar de já existirem instituições que possibilitam que as matrículas sejam feitas pela internet, com o metaverso é possível que haja atendentes disponíveis para conversa e esclarecimento de dúvidas em tempo real, em um ambiente virtual muito semelhante ao do mundo material.
- **Ensino híbrido:** possibilidade extremamente intensificada com a pandemia, é possível que ela tenha vindo para ficar. Com isso, é possível que um professor vá com seus alunos virtualmente a museus famosos e consiga reproduzir da maneira mais fiel possível as exposições, as instalações e todo o processo que acompanharia uma visita em ambiente físico, como a arquitetura do local, a presença de guias, o idioma diferente e o deslocamento de determinado ponto até o museu.
- **Sala de aula virtual:** um dos temas mais polêmicos devido ao questionamento quanto à possibilidade de substituição das relações que se dão de maneira presencial, porém com potencialidades que também vão na direção de facilitação de rompimento de barreiras físicas. Tornou-se mais relevante também com a pandemia, no sentido de possibilitar a presença em aula sem risco de contaminação por doenças contagiosas.
- **Livros escolares:** com o incremento dos investimentos em materiais didáticos digitais, é possível esperar que tanto livros online quanto físicos ofereçam recursos que os integrem ao metaverso.
- **Formação do corpo docente:** embora o metaverso seja um conceito em construção, especialmente no âmbito educacional, é possível que ele seja cada vez mais uma realidade. Para que isso ocorra, os profissionais da educação precisam estar familiarizados com as novas ferramentas e dispostos a descobrir novos recursos de aprendizagem, que se atualizam e se modificam a todo o momento.

## Exemplos de projetos que atuam com metaverso na educação

Algumas tentativas de aplicação do metaverso à educação já podem ser vislumbradas em projetos que buscam simular a maior quantidade possível de aspectos da realidade educacional já familiar aos participantes:

- Na Figura 1, está representado o metaverso Eduverse, com professores em formação em seus avatares. Eles interagem por meio do chat, visualizado nos balões de diálogo na parte inferior. O projeto vai ainda mais longe ao representar o empirismo, interacionismo e inatismo através de uma analogia com as árvores.

O projeto conseguiu romper barreiras entre o Brasil e a França e avançar nas reflexões sobre o processo autonomia e autoria dos professores.

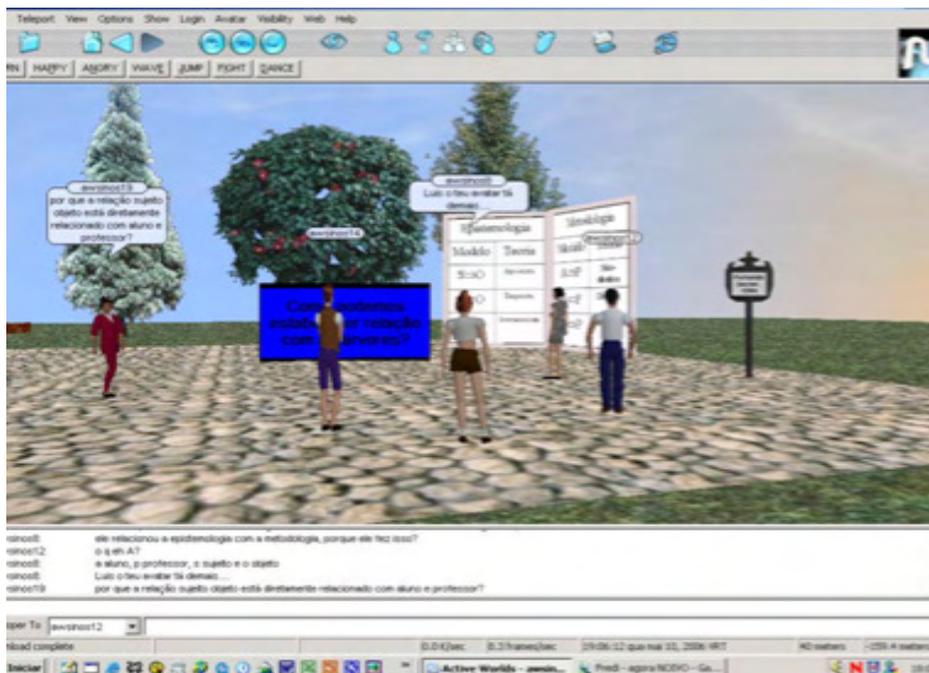


Figura 1 – Interface do Eduverso

Fonte: Backes (apud BACKES; SCHLEMMER, 2014, p. 53)

- A Figura 2 remete ao metaverso do Second Life. O objetivo era realizar uma formação continuada de professores de Colégios Jesuítas no Brasil, a partir da Pedagogia Inaciana. Num primeiro momento, houve a aprendizagem dos recursos do metaverso, seguido da criação de objetos e representações no ambiente e, por fim, a criação do Ecodi Inaciano. Os avatares estavam em uma representação virtual de um espaço construída para a pesquisa do grupo no mundo físico.



Figura 2 – Interface do Second Life

Fonte: Locatelli (apud BACKES; SCHLEMMER, 2014, p. 53)

- Na Figura 3, seguimos em ambiente do Second Life. Os avatares constroem objetos 3D como parte de capacitação para um grupo de professores e técnicos da Rede de Instituições Católicas de Ensino Superior (Ricesu). O objetivo era o desenvolvimento de competências voltadas à criação de microrredes de pesquisa e desenvolvimento em metaverso para as Instituições da Ricesu.



Figura 3 – Construção de objetos no Second Life

Fonte: Projeto ECODI RICESU (apud BACKES; SCHLEMMER, 2014, p. 53)

Na Figura 4, ainda no Second Life, vemos um objeto colocado na Ilha UNISINOS, para que alunas do curso de pedagogia pudessem construir a representação de conceitos trabalhadas academicamente em sua formação.



Figura 4 – Ensino e Aprendizagem no Mundo Digital para alunas de pedagogia da UNISINOS

Fonte: Projeto ECODI UNISINOS VIRTUAL (apud BACKES; SCHLEMMER, 2014, p. 53)

É possível compreender que o processo de aprendizagem se dá através da interação e da criação de espaços de convivência baseados no respeito mútuo e na legitimidade do outro. Fica evidenciado o caráter individual da aprendizagem, porém remetendo a aprendizagens individuais que transformam o ser humano e seu meio, resultando na construção de um conhecimento de caráter coletivo.

A partir disso, podemos levantar a discussão a respeito da subjetividade de cada participante do processo de aprendizagem. Uma dinâmica adequada à contemporaneidade deve levar em conta as nuances da subjetividade de cada ator envolvido no processo. Assim, embora o resultado de um conjunto de aprendizagens possa ter caráter benéfico coletivamente, o processo deve considerar as dificuldades e potenciais de cada um individualmente e na interação singular com o outro.

Dessa forma, sujeitos que possuem, por exemplo, Transtorno de Ansiedade Generalizada (TAG) ou Transtorno do Déficit de Atenção com Hiperatividade (TDAH), podem ser respeitados com métodos que os incluam. Essa consideração é especialmente importante em um contexto de medicalização da infância e aumento considerável dos diagnósticos psiquiátricos que podem levar a uma visão generalizada dos alunos e não corresponder aos seus potenciais. Ao levar em conta o caráter individual, falamos na história do indivíduo e de sua família, suas habilidades, personalidade e possíveis transtornos/distúrbios.

As diferenças individuais também constituem o modo como cada um se beneficia do metaverso. As ferramentas das realidades virtuais não são capazes de ultrapassar os limites estabelecidos pela vontade e história do sujeito em relação a determinada temática, porém podem ser muito úteis para fazer uso do caráter benéfico do grande impacto e novidade oferecidos em prol da aprendizagem. Por exemplo, como no caso dos museus citados anteriormente, a inovação e surpresa experienciados na representação fidedigna de exposições pode contribuir para a aprendizagem na área das artes e da história. Essa consideração está relacionada, ainda, à definição do processamento das memórias enquanto diretamente influenciados pelo caráter emocional que possuem em sua codificação – possivelmente lembranças com caráter positivo ou negativo mais forte serão mais facilmente evocadas em comparação com aquelas indiferentes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a maior parte dos estudos seja representada por elucidações teóricas, mais dos projetos de aplicação do metaverso à educação propriamente ditos, é possível perceber um interesse crescente bastante considerável na temática. São impressionantes as tentativas observadas de manutenção da verossimilhança das representações construídas, o que tem caráter benéfico se levado em conta o maior processamento de memórias que causaram grande impacto no sujeito.

O metaverso também se coloca como recurso inclusivo, ao ser capaz de superar barreiras físicas e socioeconômicas quando realizado de maneira adequada. A pandemia ofereceu às tecnologias em educação um papel possivelmente definitivo, portanto é possível esperar que os próximos estudos sejam capazes de aprimorar a inclusão proporcionada por esse método, seja a nível socioeconômico ou de habilidades, personalidade e transtornos. É necessário que sejam feitas atualizações constantes por parte dos profissionais da área, tendo em vista que as informações do meio digital surgem com extrema velocidade e rapidamente são transformadas novamente.

Este estudo não se aprofundou nos possíveis danos mentais causados pelo metaverso já que, assim como pontos positivos, também há pontos negativos ao fugir da realidade natural. Tudo na vida deve ser em equilíbrio, penso que o meio virtual deve estar em equilíbrio com o meio natural. Devemos não apenas viver o virtual, como também manter hábitos naturais antigos em que nosso gene está condicionado. A morte é real e faz com que os instintos prevaleçam, portanto, nosso cérebro jamais vai se adaptar a uma vida totalmente virtual podendo esta, ser mediada entre realidade virtual e realidade natural.

## REFERÊNCIAS

ANACONA, J. D.; MILLÁN, E. E.; GÓMEZ, C. A.. Aplicación de los metaversos y la realidad virtual en la enseñanza. **Entre Ciencia e Ingeniería**, [s. l], v. 13, n. 25, p. 59-67, 2019.

BACKES, Luciana; SCHLEMMER, Eliane. O PROCESSO DE APRENDIZAGEM EM METAVERSO: FORMAÇÃO PARA EMANCIPAÇÃO DIGITAL. **Desenvolve: Revista de Gestão do Unilasalle**, [s. l], v. 3, n. 1, p. 47-64, 2014.

LEITÃO, Helena Poças. **Metaverso e os possíveis impactos na educação**. 2022. Disponível em: <https://revistaeducacao.com.br/2022/01/26/metaverso-educacao-pocas/>. Acesso em: 25 jul. 2022.

MANTOVANI, Ana Margô; SANTOS, Bettina Steren dos. Aplicação das tecnologias digitais virtuais no contexto psicopedagógico. **Rev. Psicopedagogia**, [s. l], v. 28, n. 87, p. 293-305, 2011.

PEREIRA, Itamar de Carvalho. **Metaverso: interação e comunicação em mundos virtuais**. 2009. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Comunicação, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SCHLEMMER, Eliane; BACKES, Luciana. METAVERSOS: novos espaços para construção do conhecimento. **Rev. Diálogo Educ.**, Curitiba, v. 24, n. 8, p. 519-532, 2008.

# CAPÍTULO 3

## NEUROLEADERSHIP: TRANSFORMANDO UM INDIVÍDUO DE SERVIDOR EM LÍDER ATRAVÉS DA NEUROCIÊNCIA

Data de aceite: 03/10/2022

### Fabiano de Abreu Agrela Rodrigues

Chefe do Departamento de Ciências e Tecnologia da Logos University International  
Diretor do Centro de Pesquisas e Análises  
Heráclito- CPAH  
Castelo de Paiva - Portugal  
<http://lattes.cnpq.br/1428461891222558>

### Eduardo Antonio de Souza Campos

Graduado em Ciências Contábeis pela Universidade Cruzeiro do Sul, Pós-graduando em Gestão de Negócios e Gestão de Projetos, Pós-graduando em Cyber Security e Engenharia de Software, Graduando em Biologia, Estudante de formação em Psicanálise

### Jennifer Aline Silva de Paula

Pós Graduada com MBA em Marketing e Negócios Interativos, diretora de marketing e gestão da MF Press Global, uma agência de comunicação internacional

**RESUMO:** Existem questões de ordem mental e corporal que influenciam na personalidade e comportamento de um líder. Os genes são uma parte importante no modo como uma pessoa age, pois podem ser precursores para a personalidade e para causarem transtornos de personalidade, impactando no modo como o indivíduo interage com os outros. Como resultado, descobriu-se que os pilares essenciais que são o raciocínio crítico, poder de comunicação e linguagem corporal podem realizar um crescimento substancial nas

habilidades de liderança, desde que se faça um treinamento consciente, e ao mesmo tempo é possível acontecer uma forma de epigenese no indivíduo. Outro ponto é que é possível treinar a liderança e apresentamos meios para isso.

**PALAVRAS-CHAVE:** Neuroleadership, treinamento de liderança, raciocínio crítico, habilidades de comunicação, gene do líder.

**ABSTRACT:** There are mental and bodily issues that influence a leader's personality and behavior. Genes are an important part of how a person acts, as they can be precursors to personality and personality disorders, impacting how an individual interacts with others. As a result, it was found that the essential pillars that are critical thinking, communication power, and body language can realize substantial growth in leadership skills, provided that conscious training is done, and at the same time it is possible for a form of epigenesis to occur in the individual. Another point is that it is possible to train leadership and we present means to do so.

**KEYWORDS:** Neuroleadership, leadership training, critical thinking, communication skills, leader gene.

## 1 | INTRODUÇÃO

O conceito mente-cérebro traduz a interação deste órgão com o mundo físico. A mente reflete o campo das ideias e pensamentos, que conduz a ação; o cérebro é mantenedor do funcionamento corporal, interagindo com o pensamento, através de impulsos

eletroquímicos, com isso induzindo o movimento do corpo na concretização de ações físicas. Embora o corpo tenha um piloto automático denominado mente subconsciente, programação que é induzida pelo DNA, há comprovação de que o pensamento influencia na melhora comportamental e no sucesso do indivíduo (HARUNG, TRAVIS, 2012).

Fatores genéticos influenciam na operação mental, traduzindo-se em comportamentos. É de conhecimento científico que os alelos conferem determinadas características individuais ao ser. Em alguns casos, podem atribuir características de transtornos de personalidade, de fala, condições mentais de baixa autoestima e timidez em excesso. Outro modo de transferência de características é a epigênese, onde uma pessoa adquire condições que são compartilhadas com seus filhos. São genes existentes no DNA, mas que estão desativados, sendo ativados pelo comportamento físico, como é o caso da má alimentação, que se traduz em doenças genéticas e são repassadas a descendentes.

Em torno do que foi dito, um líder necessita de fortes habilidades de raciocínio, de ordem emocional e de comunicação. Transtornos de personalidade, problemas no desenvolvimento cognitivo e motor, causam baixa aderência a função. Contudo, é possível realizar um tratamento consciente com o entendimento genético e mental. Com práticas reais é possível contornar os problemas e melhorar o desempenho.

Este estudo visa demonstrar que os fatores genéticos são apenas uma parte da cadeia, sendo possível desenvolver um líder que sofre com problemas comportamentais, que o impedem de influenciar positivamente os outros. Também é mostrado como desenvolver pessoas que estão com o mindset, estrutura cerebral de servidor em líderes.

## 2 | DISCUSSÃO

A habilidade de liderança é uma interação entre experiências e genética. Em um líder, 30% das características de liderança provém de fatores genéticos, e 70% são através de prática e experiência (AVOLIO, HANNAH, 2008; CHAUVIGNÉ, BROWN, 2008).

Foi encontrado um gene comum entre pessoas consideradas líderes naturais; que é o rs4950, poliformismo de nucleotídeo único que reside no receptor de acetilcolina neuronal, CHRN3 (DE NEVE et al., 2013). Ele determina o modo como um indivíduo vai se portar em situações de liderança e como vai reagir. Genes que influenciam capacidades de comunicação e tomada de decisão são importantes, como é o caso do poliformismo 5-HTTLPR. A variação genética 5-HTTLPR no transportador de serotonina (5-HTT) está associada a distúrbios de personalidade. Portadores do alelo S reagem de forma incomum frente a estímulos de natureza emocional, tendo hiper ativação da amígdala, que é responsável pelo controle de agressividade e respostas emocionais, o que gera estes comportamentos descompensados (HARIRI, HOLMES, 2006).

O poliformismo 5-HTTLPR é associado ao traço de personalidade conhecido como neuroticismo, onde o indivíduo é propenso a experimentação de emoções negativas como a

preocupação, raiva, ciúme e solidão. Transtornos de humor e personalidade são associados ao neuroticismo. Indivíduos diagnosticados com neuroticismo são mais propensos a serem introspectivos, infelizes, inseguros, e impulsivos.

Embora profissionais da saúde mental considerem eventos cotidianos de caráter formativo como grandes responsáveis por estas condições psicológicas, o fator genético pode influenciar o modo como o indivíduo interage socialmente, tendo probabilidade de 40% a 50% em chances de transmissão entre gerações (CANLI, FERRI, DUMAN, 2009 apud VIKEN et al., 1994; JANG et al., 1996).

Isso significa que características genéticas podem afetar o desempenho em liderança. Características como o pensar de maneira mais assertiva, ter maior foco atencional, ser menos afetado por emoções, tem correlação com a transmissão de genes.

Outra possibilidade de transmissão de características é a epigênese; onde o indivíduo primário interage com o ambiente, adquirindo condições físicas e psicológicas, através de mudanças nos fenótipos, que são repassados a seus descendentes. Este tipo de evolução por interação de experiência não causa alterações no DNA de forma estrutural, pois o gene já existe no DNA, só está desativado; portanto, é uma característica adquirida em determinado momento da história pessoal, através de interação com o mundo físico, e este fator é ativado. A obesidade e as doenças adquiridas durante a vida do indivíduo são um exemplo de epigênese, onde a condição foi causada por hábitos viciosos e transmitida através de laços consanguíneos.

É sabido que os transtornos de personalidade, como já dito, são influenciados pelos genes e pelo alelo S. É chamado transtorno mental sinais de anormalidade de ordem psicológica emanados pelo indivíduo. São comportamentos que ultrapassam a tênue linha entre o conceito de normalidade e comportamentos assimétricos. Tênué, pois algumas vezes é difícil diagnosticar como transtorno, sendo possível algumas vezes o indivíduo não adquirir todas as especificidades que possibilitam afirmar que a condição é um transtorno. Na maioria dos casos o próprio portador é quem nota que algo não está dentro da normalidade e procura atendimento de profissional especializado. Com base nas queixas do paciente, o profissional vai ter embasamento para investigar, sugerir um diagnóstico e o tratamento de ordem mais eficaz. Na maioria dos casos, não há esta autopercepção.

Dentre os transtornos que podem ocorrer em contextos de liderança se destaca o transtorno de personalidade esquiva, que é uma condição na qual o indivíduo é extremamente introspectivo, evitando o contato social com outras pessoas por medo de críticas, rejeição e chacotas. São pessoas sensíveis, que se sentem desconfortáveis com este convívio.

Além deste, temos o transtorno de personalidade antissocial, que são pessoas consideradas persuasivas, mas tem dificuldade em seguir normas, infringindo a lei com certa frequência e agindo com agressividade. Não sentem remorso por suas atitudes.

O transtorno borderline, pessoas que são emocionalmente instáveis, oscilando

humor frequentemente. São emocionais de forma desequilibrada, não conseguem manter relacionamentos amorosos de forma saudável, são inseguras com os outros e com seus próprios comportamentos, e também são impulsivas, sendo passível de decisões irracionais.

No transtorno de personalidade dependente, observa-se pessoas fragilizadas, que sentem necessidade de cuidados por parte de outras pessoas, alternando entre dependência e submissão. Pode-se observar esta condição em pessoas que vivem relacionamentos violentos.

Há o transtorno de personalidade histriônica, que remete a pessoas que são instáveis emocionalmente, emotivas, tendo oscilações de humor. Quem é portador deste tipo de transtorno raramente se agrada com algo, está sempre reclamando e tentando chamar a atenção.

Embora timidez não seja considerada transtorno ou patologia, ela chega próxima, exibindo características muito semelhantes. Sendo considerada um traço comum da personalidade humana, manifestada por sintomas somáticos, cognitivos e comportamentais. Sua prevalência na população mundial é 70% (MARINHO et al., 2019).

Na região frontal esquerda do cérebro ocorrem os comportamentos sociais. Na região frontal direita ocorrem comportamentos de inibição como a timidez. Embora seja possível observar o grau de timidez através da observação, é importante mapear em que estágio de timidez se encontra o indivíduo; para isso se utiliza a escala revisada de timidez (CHEEK, MELCHIOR, 1985). A escala é um autoteste questionário, que é formada por um conjunto de 20 perguntas que validam se o indivíduo tem pouca timidez (igual ou abaixo de 52 pontos), timidez normal (entre 52 pontos a 75), ou timidez extrema (igual ou acima de 75 pontos).

No caso dos transtornos, assim como na timidez, é preciso procurar profissionais de saúde mental para avaliar estágios de transtorno. Os tratamentos direcionados são a terapia cognitivo-comportamental que é considerado padrão ouro. Em casos mais graves, a utilização de fármacos que atuam na inibição de neurotransmissores são outra possibilidade. A alimentação adequada que visa regular a produção de serotonina e dopamina auxiliam na mudança da estrutura cerebral, assim como exercícios físicos e treinamento neurocognitivo (RODRIGUES, WAGNER, 2021).

Transtornos e timidez têm ligação direta com o a habilidade comunicação. A área de broca, é responsável pela transformação dos pensamentos de modo tangível, traduzindo-os em palavras. A área de Wernicke é associada ao entendimento das palavras e da fala como um todo. O fascículo arqueado interliga as duas áreas, o que torna possível a clareza na construção do raciocínio, no modo como se expressa os pensamentos com palavras e no entendimento do que outras pessoas estão comunicando. O cerebelo, assim como o córtex motor comandam o processo motor da fala, movimentando boca, língua, cordas vocais.

Lesões nestas áreas do cérebro podem causar diversos tipos de falhas na

comunicação, como a fala embolada ou lenta, a comunicação sem linha lógica, impossibilitando o entendimento, a dificuldade de entender outros idiomas. Possivelmente, algumas pessoas podem apresentar sintomas parecidos com lesões e transtornos.

Habilidades de comunicação devem ser estimuladas com a prática de discursos simulados e gravados. Uma boa forma de tratar este problema é pegar trechos de livros ou palavras e ir criando discursos, histórias in natura, apenas usando a criatividade como forma de estímulo.

Em paralelo com os transtornos e fatores genéticos, a habilidade de raciocínio lógico é importante no desenvolvimento de um líder, interferindo na tomada de decisão e também em habilidades sociais analíticas. A área do cérebro relacionada ao raciocínio é o córtex pré-frontal. Obviamente existem processos complexos que envolvem outras áreas, como o sistema de recompensa, o sistema límbico, mas ao líder é necessário ter o raciocínio crítico desenvolvido. A capacidade de pensamento pode ser dividida entre dois tipos, ordem inferior de pensamento, que são o pensar em sua forma natural, e o superior, onde acontecem a análise efetiva de informações, que é o raciocínio crítico.

O raciocínio crítico pode ser ensinado através de autoavaliação que visa entender o grau de consciência crítica, o incentivo a perguntas de todos os níveis de complexidade, procurando esclarecer o motivo por trás de cada acontecimento observado pelo indivíduo, de modo a obter informações até que a curiosidade e consciência sejam satisfeitas (MIRI, DAVID, URI, 2007). A autoavaliação pode ser feita através do teste denominado The California Critical Thinking Skills Test. O teste é baseado em pontuações que validam diversas áreas do conhecimento crítico.

A linguagem corporal é um denominador essencial em liderança. Ela reflete nas emoções, e tanto genes quanto transtornos influenciam a emoção e conseqüentemente o modo como o corpo interage com o mundo, no caso, a postura corporal. O cérebro reconhece expressões faciais e corporais de maneira irracional, sem a utilização consciente do pensamento lógico. O corpo fornece informações sentimentais de forma precisa, sendo percebido por outros indivíduos que o observam (DE GELDER, 2006).

A emoção transmitida pela linguagem corporal pode gerar enviesamento no modo como os outros a percebem, pois a emoção humana transmitida através dos sons confunde o cérebro do observador, podendo causar impressões diferentes do que é realmente mais forte (VAN DEN STOCK, GRÈZES, DE GELDER, 2008).

Outro estudo indica que a linguagem corporal do indivíduo também influencia o estado mental do mesmo (CUDDY, WILMUTH, CARNEY, 2012). Alterando a postura do corpo é possível passar modificar a percepção causada nos outros que observam e também no estado mental do indivíduo, gerando maior confiança transmutando pensamentos, sentimentos e crenças.

Falando de estados mentais e personalidades de um líder, de acordo com o teste de personalidade (16 PERSONALITIES, s.d.) existem 4 grupos principais que condensam

16 estilos de liderança:

- Analistas — personalidades racionais e lógicas;
- Diplomatas — pessoas que são negociadoras e diplomáticas;
- Sentinelas — líderes voltados a gestão, ao trato com pessoas;
- Exploradores — caracterizados pela inovação e criatividade.

Dentro de analistas temos a personalidade do arquiteto, que tem como traço principal o planejamento metódico. O lógico, pensadores com sede de conhecimento. Comandante que se caracteriza pela força de fazer acontecer. E o debatedor, que está sempre em busca de desafios. As áreas do cérebro relacionadas a estes líderes são: córtex pré-frontal dorsolateral, raciocínio, planejamento, etc.; substância negra, área tegmental ventral e hipocampo, relacionado com a curiosidade.

Em diplomatas temos o advogado, que são idealistas. Mediador que é um altruísta. Protagonista que são líderes carismáticos. Ativistas, pessoas sempre motivadas e animadas. Pessoas deste grupo ativam áreas como: núcleo accumbens, córtex cingulado anterior, córtex pré-frontal orbitofrontal e junção temporoparietal, responsáveis pelos sentimentos altruístas. Em líderes do grupo diplomatas há grande intensidade no sistema de recompensa do cérebro e no sistema límbico, que contém áreas já citadas acima, por exemplo.

No grupo denominado sentinelas, temos o perfil lógico, voltado a fatos. Defensor, que protege os outros. Executivo, forte em gestão de pessoas e logística. Cônsul, atencioso e carismático. Aqui temos maior ativação no córtex pré-frontal ventromedial, responsável pelo raciocínio lógico; o córtex pré-motor dorsal, ínsula e giro superior temporal, relacionado a gestão e faculdades relacionadas.

E temos o perfil explorador no último grupo que reúne perfis como virtuoso, domina vários tópicos. Aventureiro, explorador e inventivo. Empreendedor, sempre a procura de uma nova emoção. Animador, sempre de bom humor. Aqui se destaca o sistema de recompensa do cérebro e o sistema límbico e o córtex pré-frontal.

Em papéis de liderança, em todos os perfis de liderança, a região pré-frontal e suas subdivisões se destacam. O córtex orbitofrontal que auxilia na tomada de decisões, trabalhando em conjunto com o sistema límbico e o sistema de recompensa. Tendo a dopamina como neurotransmissor envolvido no processo de avaliação da recompensa, os benefícios que serão alcançados; assim como a noradrenalina, em contextos onde o raciocínio superior é necessário. Isso termina o modo como uma decisão será tomada por parte da liderança. No córtex pré-frontal ventromedial, temos como responsabilidade funções emocionais como a empatia e regulação das emoções, respondendo a estímulos e trocando informações com o sistema límbico; lesões na região ventromedial podem influenciar negativamente decisões financeiras, pois interfere no modo como decisões são

tomadas com base no emocional. Aqui há uma interação com a dopamina, recompensa, e serotonina, responsável por bem estar, ansiedade e regulação cognitiva. Por fim, destaca-se o córtex pré-frontal dorsolateral, responsável pela memória de trabalho, memória de curto prazo e funções cognitivas, tendo a noradrenalina como principal neurotransmissor, influenciando decisões complexas como de o planejamento estratégico, por exemplo, a memória de trabalho, onde informações temporárias são armazenadas e a seleção e cumprimento de tarefas por um líder.

Ainda sobre a questão de ser um líder, de acordo com Chauvigné e Brown (2018), a habilidade de liderar e a de servir é baseada na experiência e no treinamento constante do indivíduo. Foi observado que o cérebro do líder ativa as seguintes áreas do cérebro:

- Ínsula;
- Área motora suplementar;
- Córtex motor primário;
- Giro temporal superior.

Isso significa, como dito anteriormente, que parte das habilidades de liderança são provenientes de genética, outros são forjados experiência. Para sair de um papel (estrutura e mentalidade) em contexto de liderança, o ideal é aplicar primeiramente um autoteste sobre liderança, em especial os testes do gallup e sólides. Ir a profissionais especializados e fazer mapeamento de imagem do cérebro. Outro caminho desejável é o mapeamento de DNA do indivíduo visando entender se ele tem o poliformismo rs4950. Verificar também se possui lesões ou transtornos e trabalhar em cima desses gaps. É importante ter todos estes dados em mãos para em seguida se expor a ambientes controlados com interações que visem promover a postura de uma mentalidade de servidor para uma de líder.

Um meio interessante é conhecer técnicas para lidar com pessoas como teatro, oratória, management 3.0, cursos e intensivos de gestão. O pensar é muito importante também. Desenvolver o raciocínio através de jogos auxilia, como já dito, o raciocínio crítico. Meditação para foco, esportes, principalmente corrida, auxiliam no aumento cognitivo e no desempenho. Por fim, fingir que já é um líder e observar outros agindo ativa o neurônio espelho, através de um processo motor, auditivo e visual.

Ainda que uma pessoa não tenha o poliformismo rs4950, é possível com prática o alcance da liderança. O meio de líderes agir é diferente. Um exemplo é que pessoas bem-sucedidas, na sua grande maioria, dirigem devagar, quase desfilando com o carro, isso mostra raciocínio apurado, segurança psicológica e autocontrole. Também observo que líderes expressão movimentos milésimos de segundo mais lentos que uma pessoa comum, que são mais ansiosas e afobadas. O líder conduz, não se deixa conduzir, não se deixa pressionar e é moldado pelo conhecimento contínuo.

### 3 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

É inegável que existem condições internas que influenciam na habilidade de liderança. Ela é uma mescla entre capacidades desenvolvidas e hereditárias. Alguns pontos não podem ser modificados, pois são genéticos; porém, com o entendimento de tais condições, utilizando-se testes próprios do cognitivo, é possível realizar treinamento mental com fins de interferir no padrão cerebral e fisiológico. Por exemplo, a simples alteração de uma postura comum para a postura de poder, realiza uma transformação a nível de crenças, trazendo um comportamento mais assertivo e melhores habilidades sociais, impactando na produtividade em termos de liderança.

Ainda assim, liderança pode ser treinada e cultivada. Existem ferramentas para mapear genes, áreas de ativação e autotestes. E através deles, traçar novos horizontes em termos de desenvolvimento de liderança.

### REFERÊNCIAS

HARIRI, Ahmad R.; HOLMES, Andrew. Genetics of emotional regulation: the role of the serotonin transporter in neural function. **Trends in cognitive sciences**, v. 10, n. 4, p. 182-191, 2006. Acesso em: 03/09/2022.

CANLI, T.; FERRI, J.; DUMAN, E. A. Genetics of emotion regulation. **Neuroscience**, v. 164, n. 1, p. 43-54, 2009. Acesso em: 03/09/2022.

DE ABREU RODRIGUES, Fabiano; SANTO WAGNER, Roselene Espírito. Neuropersonality and neurotherapy-Anatomical description of personality therapeutic process. **Educational Research (IJM CER)**, v. 3, n. 4, p. 271-279, 2021. Acesso em: 03/09/2022.

MARINHO, Anna Carolina Ferreira et al. Autopercepção de timidez e sua relação com aspectos da fala em público. In: **CoDAS. Sociedade Brasileira de Fonoaudiologia**, 2020. Acesso em: 04/09/2021.

CHEEK, J. M.; MELCHIOR, L. A. Measuring the three components of shyness. In: **MH Davis & SL Franzoi (Co-chairs), Emotion, personality, and personal well-being II. Symposium conducted at the annual convention of the American Psychological Association, Los Angeles**. 1985.

MIRI, Barak; DAVID, Ben-Chaim; URI, Zoller. Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: A case of critical thinking. **Research in science education**, v. 37, n. 4, p. 353-369, 2007. Acesso em: 04/09/2022.

DE GELDER, Beatrice. Towards the neurobiology of emotional body language. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 7, n. 3, p. 242-249, 2006. Acesso em: 07/09/2022.

VAN DEN STOCK, Jan; GRÈZES, Julie; DE GELDER, Beatrice. Human and animal sounds influence recognition of body language. **Brain research**, v. 1242, p. 185-190, 2008. Acesso em: 07/09/2022.

CUDDY, Amy JC; WILMUTH, Caroline Ashley; CARNEY, Dana R. The benefit of power posing before a high-stakes social evaluation. **Harvard Business School working paper series# 13-027**, 2012. Acesso em: 07/09/2022.

HARUNG, Harald S.; TRAVIS, Frederick. Higher mind-brain development in successful leaders: testing a unified theory of performance. **Cognitive processing**, v. 13, n. 2, p. 171-181, 2012. Acesso em: 08/09/2022.

AVOLIO, Bruce J.; HANNAH, Sean T. Developmental readiness: Accelerating leader development. **Consulting Psychology Journal: Practice and Research**, v. 60, n. 4, p. 331, 2008. Acesso em: 08/09/2022.

DE NEVE, Jan-Emmanuel et al. Born to lead? A twin design and genetic association study of leadership role occupancy. **The Leadership Quarterly**, v. 24, n. 1, p. 45-60, 2013. Acesso em: 08/09/2022.

CHAUVIGNÉ, Léa AS; BROWN, Steven. Role-specific brain activations in leaders and followers during joint action. **Frontiers in human neuroscience**, v. 12, p. 401, 2018. Acesso em: 09/09/2022.

16 PERSONALITIES. Personality Types, s.d.. **16personalities.com**. Acesso em: 09/09/2022.

## A APRENDIZAGEM DE FISIOLOGIA HUMANA POR MEIO DA CONSTRUÇÃO DE MATERIAIS AUTORAIS DIGITAIS EDUCACIONAIS

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 02/09/2022

**Luciana de Lima**

Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza – CE

<http://orcid.org/0000-0002-5838-8736>

**Francisco Davi da Silva**

Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza – CE

<https://orcid.org/0000-0002-9743-060X>

**Robson Carlos Loureiro**

Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza – CE

<http://orcid.org/0000-0001-7701-3799>

**RESUMO:** As abordagens tradicionais de ensino de conteúdos biológicos favorecem sua memorização e pouco contribuem para a compreensão de processos fisiológicos humanos. O objetivo é descrever o processo de aprendizagem dos alunos do 1º ano do Ensino Médio ao desenvolverem Materiais Autorais Digitais Educacionais para construção de *posts* na rede social *Instagram* relacionando Fisiologia Humana à Cultura *Pop*. A pesquisa caracterizou-se como exploratória com coleta realizada por meio de 2 formulários *on-line* de avaliação da aprendizagem de Fisiologia Humana no início e ao final do projeto. A análise de dados realizou-se de forma interpretativa com ênfase nas dificuldades apresentadas pelos alunos e sua superação. Os alunos conseguiram problematizar conteúdos

científicos pela Cultura *Pop* e construir novas linguagens (escritas e visuais).

**PALAVRAS-CHAVE:** Construcionismo. Biologia. Tecnologias Digitais.

### LEARNING HUMAN PHYSIOLOGY THROUGH THE CONSTRUCTION OF EDUCATIONAL DIGITAL AUTHORIAL MATERIALS

**ABSTRACT:** Traditional approaches to teaching biological contents favor their memorization and contribute little to understanding human physiological processes. The objective is to describe the learning process of 1st-year high school students when they develop Educational Digital Author Materials to build posts on the Instagram social network relating Human Physiology to Pop Culture. The research was characterized as exploratory, with collection carried out through 2 online forms for evaluating the learning of Human Physiology at the beginning, during, and end of the project. Data analysis was performed in an interpretive way, emphasizing the difficulties presented by the students and their overcoming. As a result, students could problematize scientific content through Pop Culture and build new languages (written and visual).

**KEYWORDS:** Constructionism. Biology. Digital Technologies.

### 1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de novas práticas de ensino e do que se considera uma aprendizagem

satisfatória são objetos de transformação ao longo da história do ser humano. Junto à formação do profissional professor, esses elementos são modificados para se adequarem aos objetivos propostos a fim de serem alcançados em um determinado momento histórico (FERREIRA *et al.*, 2020). No atual contexto de isolamento social e de insatisfação dos estudantes com os modelos tradicionais de ensino remoto (VIEIRA *et al.*, 2020), o uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) pode ser um aliado para a construção de um conhecimento mais integralizado por parte dos alunos.

Os modelos tradicionais do ensino regular possuem como uma das suas principais características a fragmentação dos conhecimentos, abordando-os como objetos isolados dos outros e, conseqüentemente, do estudante. Essa divisão advém da tentativa de facilitar o ensino e a aprendizagem desses conteúdos, sendo a disciplinaridade uma forma de possibilitar seu aprofundamento, visto que “um único ser humano não é capaz de saber de tudo de todas as coisas” (GERHARD; ROCHA FILHO, 2012, p. 27). Japiassu (2006), no entanto, afirma que essa prática acaba por produzir uma “inteligência míope”, que prejudica a capacidade de religar as áreas do conhecimento a favor da capacidade de desconectá-las e separá-las.

Considerando-se os conteúdos de Biologia, onde complexos sistemas funcionam e podem ser observados dentro da anatomia do próprio estudante, essas práticas resultam em uma compreensão falha do seu funcionamento. Como essa compartimentação de conhecimentos acontece também no contexto interno de uma disciplina, o aluno é ensinado a desconectar os conteúdos um do outro. Dessa forma, podem parar de fazer sentido e causar um sentimento de repúdio nos discentes (GERHARD; ROCHA FILHO, 2012).

Esses fenômenos podem ser observados com certa facilidade no ensino da Fisiologia Humana. Os sistemas e seus componentes são abordados de forma independente, causando falhas na compreensão da ideia de funcionamento de sua complexidade.

Como forma de aproximar esses conteúdos ao cotidiano dos estudantes, especialmente em momento de isolamento social, o uso das mídias digitais termina por apresentar um importante papel nesse quesito. O advento da internet alinhado ao barateamento de preço de dispositivos móveis de comunicação (ou *smartphones*), tornou possível uma mudança na localização do fenômeno de memória coletiva da sociedade. Antes presente nos espaços sociais, físicos e mentais das pessoas, atualmente, esses dados e informações estão presentes em um espaço virtual (CASTELLS; ESPANHA, 1999).

O uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) ganha um papel fundamental para a melhoria constante dos processos de ensino, aprendizagem e interação com a rotina dos estudantes. As TDICs podem ser consideradas como importantes aliadas no ensino de disciplinas, em especial da matriz das ciências. Oliveira (2015) afirma que o uso dessas tecnologias permite acesso e execução de múltiplas tarefas, abordando diversas esferas do cotidiano, facilitando o processo de aprendizagem e alfabetização digital proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

O uso do computador e recursos associados pode ocorrer em duas abordagens distintas para Papert (2008): instrucionista e construcionista. A primeira é a mais comum, onde o uso dessas tecnologias ocorre como uma continuidade do ensino regular tradicional, utilizando-se dessas ferramentas para pesquisas e apresentação de conteúdos. Na segunda abordagem, no entanto, o recurso digital atua como mediador na construção do conhecimento por parte dos estudantes que assumem um papel ativo no próprio processo de aprendizagem, desenvolvendo ferramentas e metodologias que o auxiliem na construção de um raciocínio para resolução de um determinado problema ou atividade.

Como exemplo de uso das TDICs em uma abordagem construcionista, é possível citar a construção de Materiais Autorais Digitais Educacionais (MADEs) como um recurso para o aprimoramento contínuo dos processos de ensino e aprendizagem (LIMA; LOUREIRO, 2016).

Como forma de auxiliar a construção dos MADEs, a Cultura *Pop*, com destaque para as animações, pode servir de recurso didático a ser utilizado pelos docentes para mobilizar a participação dos alunos e tornar a prática pedagógica mais dinâmica (SANTOS; BELMINO, 2013). Uma das definições de Cultura *Pop* pode ser encontrada nos trabalhos de Delaney (2007), sendo caracterizada como produtos, formas de expressão e identidades amplamente divulgadas ou passíveis de aceitação e aprovação em uma sociedade situada em um dado período. Essa cultura permite que grupos heterogêneos de pessoas possam se identificar com um comportamento, gosto e crença em comum. As animações, um agrupamento de imagens fixas que são passadas rapidamente para produzir a impressão de movimentos, encaixam-se como um desses produtos da Cultura *Pop*.

A partir da problemática apresentada, essa pesquisa visa responder a seguinte pergunta: Como o desenvolvimento de MADEs, a partir da construção de *posts* na rede social *Instagram* relacionados a animações diante da Cultura *Pop*, auxilia os alunos do Ensino Médio a aprenderem sobre Fisiologia Humana?

O presente trabalho se propõe, então, descrever o processo de aprendizagem dos alunos do Ensino Médio de uma escola pública ao desenvolverem MADEs a partir da construção de *posts* na rede social *Instagram* relacionando conteúdos de Fisiologia Humana a animações vinculadas à Cultura *Pop*.

## 2 | METODOLOGIA

Para a realização da presente pesquisa utilizou-se a metodologia classificada como pesquisa exploratória. Este tipo de pesquisa tem por objetivo explicitar relações, ideias e hipóteses sobre o problema explorado, a fim de utilizar seus resultados para torná-lo mais explícito à comunidade (GIL, 2008).

A pesquisa foi realizada com a turma do primeiro ano de Edificações do Ensino Médio de uma Escola Estadual de Ensino Profissional da rede pública de Fortaleza/CE. A

escola atende alunos do primeiro ao terceiro ano do Ensino Médio e está dividida em três cursos profissionalizantes: Redes de Comunicação, Edificações e Estética. Com cerca de 30 alunos matriculados, apenas 3 participaram da pesquisa. Todos os indivíduos são do sexo feminino e possuem idade entre 15 e 17 anos. Todos os participantes afirmaram que utilizam o celular como principal aparelho de acesso à internet, porém apenas um afirmou também utilizar computador pessoal (*notebook* ou PC). Todos os indivíduos acessam a internet por mais de 3 horas por dia, sendo que dois participantes utilizam por mais de 4 horas. Todos utilizam a internet para navegação em redes sociais, entretenimento e para auxiliar nos estudos.

A pesquisa foi dividida em três etapas: (1) planejamento; (2) coleta de dados e (3) análise dos dados coletados. Na primeira etapa, foi efetuado o levantamento bibliográfico e a preparação dos instrumentos necessários para a coleta de dados da pesquisa, como fichas de observação, formulários de sondagem e de avaliação. Além disso, foi realizada a divulgação do projeto no perfil do *Instagram* da escola e criação dos espaços na plataforma Canva e na rede social *Instagram*, necessários para a execução da pesquisa.

A etapa de coleta de dados, por sua vez, foi dividida em duas fases: investigação dos conhecimentos prévios e investigação dos conhecimentos finais dos indivíduos investigados. Para cada fase foi utilizado um instrumento de coleta de dados: formulário de sondagem e formulário de avaliação final.

Na primeira fase, utilizou-se um formulário de sondagem para levantar informações de contextualização da realidade das participantes, seus conhecimentos prévios acerca de conteúdos de Fisiologia Humana e da plataforma Canva. O formulário de sondagem apresentou 28 questões objetivas e discursivas, sendo 9 questões de contextualização, 15 questões sobre o Sistema Digestório (SD), Sistema Imunológico (SI), Sistema Nervoso (SN) e Sistema Respiratório (SR). Por fim, 4 questões foram reservadas para contextualização acerca de equipamentos tecnológicos.

Na sequência, houve a construção de MADEs no formato de postagens sobre Fisiologia Humana vinculadas à animação, distribuída em 5 encontros. Para isto, foram agendados encontros semanais remotos fora do horário escolar com os indivíduos para orientação, tomada de decisões e apresentação de resultados.

Na segunda fase da coleta de dados, houve a aplicação do último formulário denominado de avaliação final, abordando questões sobre os 4 (quatro) Sistemas da Fisiologia Humana trabalhados na pesquisa até o momento e posterior comparação com os resultados obtidos nos formulários de sondagem. O formulário de avaliação final apresentou 21 questões objetivas e discursivas, sendo 1 questão para identificação do indivíduo, 3 questões sobre o Sistema Digestório (SD), 3 questões sobre o Sistema Imunológico (SI), 3 questões sobre o Sistema Nervoso (SN) e 3 questões sobre o Sistema Respiratório (SR), além de 8 questões para avaliação do projeto por parte dos indivíduos.

Para a etapa de análise dos dados, a pesquisa utilizou-se de análise interpretativa,

com comparação dos dois instrumentos utilizados a fim de se observar convergências e divergências nos resultados. Para esta finalidade foi utilizada a Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2016) composta por cinco fases: unitarização, categorização, descrição, interpretação e argumentação. Dessa forma, foram levantadas duas categorias. A primeira, relacionou-se às dificuldades dos indivíduos vinculadas aos conteúdos de Fisiologia Humana. A segunda, relacionou-se às superações das dificuldades referentes à compreensão de conteúdos de Fisiologia Humana e seus sistemas.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados ao longo da pesquisa, foi possível obter as informações que foram utilizadas nas discussões adiante. Cada um dos sujeitos participantes foi analisado individualmente, sendo denominados A1, A2 e A3.

Cada indivíduo estudou e desenvolveu postagens específicas na rede social *Instagram* para um único sistema fisiológico: Sistema Digestório (A1), Sistema Imunológico (A2) e Sistema Nervoso (A3). O Sistema Respiratório foi estudado pelos três indivíduos (A1, A2 e A3), concomitantemente, com postagem conjunta na referida rede social.

#### 3.1 Formulário de Sondagem

A coleta de dados se iniciou no dia 24 de maio de 2021, onde um formulário *on-line* foi enviado aos estudantes por meio da plataforma de webconferência *Google Meet* e das redes sociais *Instagram* e *Whatsapp*. Participaram desse diagnóstico 3 estudantes, sendo respondidas 28 questões, objetivas e subjetivas. As perguntas visavam avaliar principalmente os conhecimentos prévios acerca de 4 Sistemas da Fisiologia Humana.

Quando os resultados foram comparados entre si, foi possível observar que a resposta “*não sei*” apareceu pelo menos 1 vez em todos os sistemas no que tange seus funcionamentos e processos próprios. Tais informações corroboram os estudos prévios a respeito da qualidade do ensino de Fisiologia Humana na Educação Básica, onde os alunos de uma turma de 3º ano do Ensino Médio relataram que o ensino de tais conteúdos é cansativo, repleto de termos técnicos e definições fragmentadas, desconexas do cotidiano e do próprio corpo dos estudantes (CARDOSO, 2020).

Essa dificuldade na formulação de um pensamento mais integrado entre os elementos de um sistema e sua função foi demonstrada, por exemplo, quando A3 respondeu que a função do SN no corpo humano é “*Manda (sic) informações do corpo todo pro cérebro*”. A resposta, apesar de não estar necessariamente errada, demonstra baixa compreensão dos processos e componentes que envolvem a transferência de um impulso nervoso no corpo humano. Esse tipo de resultado, no entanto, é comum quando é analisado o contexto do ensino dessa área. A Fisiologia Humana, sendo uma ciência com propriedades emergentes, necessita de uma abordagem integrada entre as funções de cada componente de um

sistema alinhada com sua relação com as outras partes do corpo para que ocorra uma compreensão satisfatória do seu funcionamento (SILVERTHORN, 2017).

Uma das áreas que se destacou negativamente foi a da Imunologia. Apesar de os indivíduos demonstrarem conhecer, superficialmente, as funções do SI, houve dificuldade para que apresentassem os componentes desse sistema corretamente e dos mecanismos de ação dessa área. Esses dados, no entanto, estão de acordo com a bibliografia produzida sobre o ensino de Imunologia, onde foi possível identificar que discentes concluem o Ensino Médio e ingressam no Ensino Superior com deficiências em conceitos básicos da Imunologia (BARRETO; TEIXEIRA, 2013).

Esses conteúdos são reconhecidos por professores e alunos como conteúdos difíceis e complexos, destacando-se como uma das principais dificuldades enfrentadas devido ao nível elevado de abstração necessária para a compreensão em aulas expositivas. A abordagem superficial, limitada e compartimentada desses conteúdos (CANTO; BARRETO, 2006; SOUZA *et al.*, 2007) acaba por propiciar essa realidade.

A problemática da fragmentação dos conhecimentos da área da Fisiologia Humana também pode ser demonstrada nos conhecimentos prévios demonstrados pelos indivíduos vinculadas ao SR. Assim como no trabalho de Cidade (2016), os indivíduos souberam identificar os componentes básicos do sistema. Todos os indivíduos conseguiram identificar pulmões, traqueia, nariz e brônquios como peças do aparelho respiratório humano, mas apenas o indivíduo A2 também identificou a boca e o nariz como elementos do SR.

O trabalho de Ruppenthal e Schetinger (2013) estuda a forma como o SR é apresentado nos livros didáticos no Ensino Fundamental, o primeiro momento de contato com esses conteúdos no contexto escolar. Os autores analisaram 8 (oito) livros diferentes nos quesitos espaço, conceitos presentes na obra, imagens e propostas de atividades práticas. Identificaram que esse conteúdo é muitas vezes abordado no 4º ano de ensino com poucas atividades práticas que favoreçam a aprendizagem por parte dos alunos, que nesse período ainda podem apresentar dificuldade na compreensão de conteúdos mais abstratos em uma abordagem mais teórica.

O SD apresentou a menor variação nas respostas sobre seus componentes e destacou-se por apresentar respostas mais semelhantes às definições corretas, com apenas o A1 não identificando o “ânus” como parte do SD. Para Talomoni e Caldeira (2017), o aparelho digestório é didático, o que facilita a aprendizagem por parte dos estudantes e o próprio ensino. Tal fenômeno é possível devido à natureza mais concreta das substâncias presentes no funcionamento do sistema.

Contudo, é importante ressaltar que as perguntas que necessitavam de maior compreensão sistemática do SD e suas diversas funções receberam respostas mais vagas, assim como no trabalho de Oliveira (2017). Isso pode ser observado nas respostas dos indivíduos A1 e A2 na questão sobre a função do SD, onde as respostas citaram apenas a digestão como função desse Sistema, sem falar dos outros processos igualmente

importantes como ingestão, deglutição e defecação.

## 3.2 Formulário de Avaliação Final

O formulário de avaliação final foi disponibilizado no dia 08 de julho de 2021, após a publicação dos MADEs nas redes sociais do projeto. Com base nos resultados do formulário, foram desenvolvidas comparações para análise individual do processo de aprendizagem de cada um dos três indivíduos da pesquisa acerca dos 3 sistemas trabalhados em postagens individuais e uma em grupo.

Na questão acerca dos componentes do SR, o indivíduo A1 manteve sua resposta inicial até o fim da pesquisa. Variações, no entanto, puderam ser observadas nas respostas finais dos indivíduos A2 e A3, os quais conseguiram responder à pergunta de forma totalmente correta. O baixo índice de erros nessa questão corrobora os trabalhos de Krasilchik (2008) e Cidade (2016), ao afirmarem que a maioria dos estudantes sabe identificar os termos utilizados em um determinado conteúdo de Biologia e conhecem os componentes do SR, respectivamente.

No quesito função do SR, houve uma evolução nos conhecimentos apresentados sobre esses conteúdos. O indivíduo A1 se tornou apto a elaborar a mais complexa resposta para a pergunta, abordando conteúdos não somente sobre a respiração como processo de troca gasosa, mas fornecedor de matéria-prima para a produção energética no corpo por parte das mitocôndrias. Já os indivíduos A2 e A3, mesmo com respostas menos complexas, demonstraram melhora na compreensão do conteúdo, podendo-se citar o indivíduo A2 que ao final da pesquisa foi capaz de elaborar a resposta *“levar gás oxigênio aos nossos pulmões e (sic) tirar o gás carbônico”*, enquanto no início da pesquisa respondeu apenas que não sabia.

Ao contrário dos outros 3 sistemas, o SR foi abordado em uma postagem em grupo, o que se constituiu como um fator importante durante o processo de aprendizagem. Barros, Camargo e Rosa (2011) afirmam que, para Vygotsky, a interação social permite que os processos outrora intrapessoais, como a construção de conhecimento, sejam compartilhados e se tornem interpessoais.

Em relação ao SD, ao final da pesquisa, o indivíduo A1 citou o *“ânus”* como parte desse Sistema, e citou o processo de *“defecação”* para responder à pergunta acerca do caminho da comida no organismo humano. A maior complexidade da resposta encontrada nesta última pergunta contrasta com a encontrada inicialmente, onde A1 apenas citava em ordem os órgãos do SD, demonstrando maior compreensão dos mecanismos de ação desse Sistema.

Os indivíduos A2 e A3 conseguiram citar corretamente os componentes do SD assim como no início, contudo, houve mudanças nas respostas acerca da função do SD e o caminho da comida no organismo.

O indivíduo A2, que antes citava apenas a *“digestão”* como responsabilidade do SD,

ao final da pesquisa respondeu, mesmo que brevemente, sobre outra função: a deglutição. Já na questão sobre o caminho da comida no corpo humano, o indivíduo formulou uma resposta, ainda que vaga, sobre a pergunta, mostrando uma evolução em relação ao formulário de sondagem, onde optou por responder que “*não sabia*” a resposta.

Já o indivíduo A3, por sua vez, não apresentou uma grande variação na resposta sobre o caminho da comida no organismo humano. Porém, abordou superficialmente, na questão sobre a função do SD, um conceito muito importante da Fisiologia Humana: o bom funcionamento do organismo, ou em outras palavras, a homeostase. Como citado por Silverthorn (2017), a homeostase é um dos conceitos mais importantes para uma compreensão integral dos Sistemas da Fisiologia Humana, visto que é o processo de “equilíbrio” dinâmico do corpo, no qual os Sistemas tendem a manter sua estabilidade para se ajustarem às mudanças ambientais.

Os conhecimentos encontrados em A1, A2 e A3, ainda que em níveis diferentes, corroboram os postulados por Papert (2008) para uma abordagem construcionista de ensino. Os indivíduos (em especial, o A1), compreenderam os conteúdos de forma mais integral mesmo com pouca instrução por parte do professor-pesquisador, utilizando-se da construção de MADEs na plataforma Canva como produto resultado de estudos e formulação de ideias, para ajudá-los na aprendizagem de conteúdos.

No que tange a função do SI, A1 e A3 apresentaram respostas mais complexas ao final da pesquisa. O indivíduo A1 apresentou o SI como uma parte complexa do corpo que reúne células, órgãos e tecidos para proteção do corpo, contrastando com a resposta mais simplificada no formulário de sondagem. O indivíduo A3 também construiu uma resposta mais completa para o questionamento, deixando de associar o SI apenas para defesa contra bactérias prejudiciais, mas a qualquer infecção. Esse fenômeno também foi observado na resposta sobre o meio de ação imunológico contra invasores, onde A1 apresentou uma explicação consideravelmente mais complexa em relação ao formulário de sondagem. Já A3 se propôs a responder, ainda que de forma mais vaga, o que a questão solicitava, contrastando com a resposta no início, onde se limitou a falar “*não sei dizer*”.

O indivíduo A2 demonstrou diferença nos conhecimentos sobre o SI entre o formulário de sondagem e o formulário final. Apresentou uma singela mudança em sua explicação para a função do SI, saindo de “*nos proteger de doenças*”, uma resposta mais vaga, para a utilização de um termo mais complexo, o “*agente patógeno*”. Sua maior evolução foi demonstrada quando foi perguntado sobre o meio de ação imunológico, fornecendo uma resposta mais complexa, com pontuação dos agentes da resposta imune, contrastando com a resposta dada no formulário de sondagem.

Nesse contexto, as superações encontradas no processo de aprendizagem de A1, A2 e A3 se somam aos trabalhos de Silva *et al.* (2018) para abordagens mais visuais para o ensino de Imunologia, e aos de Papert (2008) para abordagens construcionistas. O primeiro autor observou, por meio de aulas práticas e quadrinhos, respectivamente, que as

abordagens mais lúdicas aos conteúdos do SI facilitam a aprendizagem por parte do aluno, diminuindo o nível de abstração necessária para a compreensão dos outrora complexos conteúdos da área. Estas pesquisas corroboram Papert (2008), ao proporem abordagens mais dinâmicas para o ensino nas escolas e que incentivam o protagonismo do aluno na própria aprendizagem.

Em relação ao SN, os indivíduos A1 e A2 aperfeiçoaram suas respostas sobre os elementos do referido Sistema, alcançando uma resposta correta no formulário de avaliação final. No que tange as funções do SN, houve uma significativa melhora nas explicações. O indivíduo A1, que no formulário de sondagem respondeu “*transporte de substâncias*”, conseguiu fornecer uma resposta correta e complexa ao final da pesquisa, trazendo o controle de ações voluntárias e involuntárias por parte do SN. Já o indivíduo A2, explicou as funções do SN, mesmo que de forma vaga.

Corroborando os resultados encontrados por Leite (2017) e Vargas *et al.* (2014), o desenvolvimento nos níveis de aprendizagem de A1, A2 e A3 mostra os benefícios de abordagens mais dinâmicas e participativas no ensino do SN. A construção de modelos (LEITE, 2017) e aulas práticas com modelos anatômicos (VARGAS *et al.*, 2014) promoveram conhecimentos mais complexos e sistemáticos por parte dos alunos, auxiliando-os a compreenderem o SN como a complexa rede de coordenação das ações voluntárias e involuntárias do corpo humano. Como observado nas respostas de A1 e A3 sobre as crises de ansiedade, a construção dos MADEs tornou possível a obtenção de respostas que refletem o caráter de Sistema ao SN, como a influência do Sistema Nervoso Simpático no organismo durante uma crise. Essa abordagem também ajudou A1 e A2 a responderem corretamente à pergunta sobre os elementos do SN no formulário de avaliação final.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A organização escolar vigente no Brasil, no decorrer da história, favoreceu metodologias de ensino que compartimentalizassem os conteúdos. Essas abordagens propiciaram, então, uma fragmentação dos conhecimentos, isolando-os das outras áreas do currículo, da realidade da escola e dos seus alunos. Essa perspectiva educacional afetou principalmente os conteúdos temáticos das Ciências da Natureza, mais especificamente os de Biologia, no que tange à compreensão integral da vida e de seus processos.

A partir da pesquisa, foi possível descrever o processo de aprendizagem dos estudantes de uma escola pública ao desenvolverem MADEs, no formato de postagens no *Instagram*, relacionando os conteúdos da Fisiologia Humana com animações presentes na Cultura *Pop*, construindo uma ponte entre o entretenimento e os conhecimentos científicos a partir de encontros remotos.

Foi possível constatar, ao longo das avaliações da pesquisa, o desenvolvimento de uma aprendizagem mais satisfatória por parte dos indivíduos. Quando comparados aos

conhecimentos prévios levantados no formulário de sondagem, demonstraram melhorias na compreensão dos conteúdos de Fisiologia Humana e de seus Sistemas, compreendendo de forma mais integral seus processos, mostrando aptidão ao relacionar as animações trabalhadas no projeto com os elementos estudados na Biologia.

É importante ressaltar, no entanto, as limitações da pesquisa, na qual apenas foram observados os resultados de 3 (três) participantes de uma mesma turma de 1º ano do Ensino Médio, sendo necessárias outras pesquisas com grupos maiores para avaliar o grau de replicabilidade da pesquisa, além de outros resultados que podem corroborar ou não os apresentados neste trabalho. Outra problemática encontrada é o baixo número de trabalhos nacionais que estudam abordagens construcionistas ao ensino de Biologia, além do uso de Cultura *Pop* na sala de aula de Ciências.

Pretende-se, portanto, dar continuidade à pesquisa, com grupos maiores e de outras séries do Ensino Fundamental e do Ensino Médio com a finalidade de aprofundar o estudo, averiguando possíveis convergências ou divergências de resultados.

## REFERÊNCIAS

- BARRETO, C. M. B.; TEIXEIRA, G. A. P. B. Concepções prévias de universitários sobre o sistema imunológico. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 6, n. 1, p. 1-18, mai./ago. 2013.
- BARROS, E. R. O.; CAMARGO, R. C.; ROSA, M. M. Vigotsky e o teatro: descobertas, relações e revelações. **Psicologia em Estudo**, v. 16, n. 2, p. 229-240, 2011.
- CANTO, F. B.; BARRETO, C. M. B. O teatro de bonecos como estratégia didática para o ensino do sistema imunológico. *In*: ENCONTRO “PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA”, 10.; ENCONTRO REGIONAL DE ENSINO DE BIOLOGIA (MT, MS, SP), 1., 2006, São Paulo. **Caderno de programas e resumos**. São Paulo: FE/UNICAMPO, 2006, p. 66. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/fienci/article/view/144>. Acesso em: 30 mai. 2021.
- CARDOSO, C. R. F. **Atividades práticas nas aulas de fisiologia humana no Ensino Médio**. 2020. 165 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília (UnB), Brasília.
- CASTELLS, M.; ESPANHA, R. **A era da informação: economia, sociedade e cultura** – Volume II. São Paulo: Editora Paz & Terra, 1999. 627 p.
- CIDADE, K. F. **Proposta de desfragmentação do Ensino de Ciências por meio de uma UEPS sobre o Sistema Respiratório**. 2016. 39f. Monografia (Licenciatura em Ciências da Natureza com habilitação em Física) – Campus Araranguá, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Araranguá.
- DELANEY, T. Pop culture: An overview. **Philosophy Now**, v. 64, [s. n.], p. 6-7, 2007.
- FERREIRA, L. F. S. *et al.* Considerações sobre a formação docente para atuar online nos tempos da pandemia de COVID-19. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 10, [s. n.], p. 1-2-, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rdes/article/view/24761>. Acesso em: 14 mai. 2021.

FILIPIN, G. *et al.* Formação continuada em neuroeducação: percepção de docentes da rede básica de educação sobre a importância da neurociência nos processos educacionais. **CATAVENTOS: Revista de Extensão da Universidade de Cruz Alta**, v. 8, n. 1, p. 40-57, 2016.

GERHARD, A. C.; ROCHA FILHO, J. B. A fragmentação dos saberes na educação científica escolar na percepção de professores de uma escola de ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 125-145, 2012.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2008, 248 p.

JAPIASSU, H. **O sonho transdisciplinar: e as razões da filosofia**. Rio de Janeiro: Imago, 2006, 260 p.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Editor da Universidade de São Paulo, 2008, 200 p.

LEITE, M. C. M. **O uso de modelos no ensino do sistema nervoso: uma prática na educação de jovens e adultos**. 2017. 44 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Naturais) – Faculdade UnB Planaltina, Universidade de Brasília (UnB), Brasília.

LIMA, L. LOUREIRO, R. C. Integração entre docência e tecnologia digital: o desenvolvimento de materiais autorais digitais educacionais em contexto interdisciplinar. **Revista Tecnologias na Educação**, Fortaleza, v. 17, n. 8, p. 1-11, 2016.

MARTINS, E. K. **Histórias em quadrinhos no ensino de ciências: uma experiência para o ensino do sistema nervoso**. 2012. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2012.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. do C. **Análise Textual Discursiva**. 3 ed. Ijuí: Unijuí, 2016, 264 p.

OLIVEIRA, C. TIC's na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno. **Pedagogia em ação**, v. 7, n. 1, p. 75-95, 2015.

OLIVEIRA, J. R. de. **A (re)construção da concepção de estudantes sobre sistema digestório humano**. 2017. 54f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) – Centro Acadêmico de Vitória de Santo Antão, Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão.

PAPERT, S. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 2008, 216 p.

RUPPENTHAL, R.; SCHETINGER, M. R. C. O sistema respiratório nos livros didáticos de ciências das séries iniciais: uma análise do conteúdo, das imagens e atividades. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, p. 617-632, 2013.

SANTOS, O. K. C.; BELMINO, J. F. B. Recursos didáticos: uma melhoria na qualidade da aprendizagem. **Fórum Internacional de Pedagogia**, v. 5, [s. n.], p. 1-12, 2013.

SILVA, B. N. *et al.* Imunologia nas escolas: experiências de um projeto de extensão. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 9, n. 2, p. 93-98, 2018.

SILVERTHORN, D. U. **Fisiologia humana**: uma abordagem integrada. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017, 960 p.

SOUZA, F. H. T. D. *et al.* Impactando as aulas de Imunologia: apresentando o sistema imunológico com aulas práticas. 2007. In: ENCONTRO DE EXTENSÃO, 9.; ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 10., 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Pró-Reitoria de Graduação da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), 2007. p. 1-6

TALOMONI, A. C. B.; CALDEIRA, A. M. A. Ensino e Aprendizagem de Conteúdos Científicos nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental: O Sistema Digestório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 22, n. 3, p. 1-15, 2017.

VARGAS, L. S. *et al.* Conhecendo o sistema nervoso: ações de divulgação e popularização da neurociência junto a estudantes da rede pública de educação básica. **Ciências & Cognição**, v. 19, n. 2, p. 233-241, 2014.

VIEIRA, K. M. *et al.* Vida de Estudante Durante a Pandemia: Isolamento Social, Ensino Remoto e Satisfação com a Vida. **EaD Em Foco**, v. 10, n. 3, p. 1-15, 2020.

## OTIMIZAÇÃO DA EXTRAÇÃO DO ÓLEO ESSENCIAL DE BAGAS VERDES DE AROEIRA-ROSA, *Schinus terebinthifolius* RADDI

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 14/09/2022

### Rafael Cappellari

Universidade do Estado de Mato Grosso -  
UNEMAT, Tangará da Serra  
<http://lattes.cnpq.br/5929796246472589>

### Lasara Luana Gomes Ribeiro dos Santos Alves Silva

Universidade do Estado de Mato Grosso -  
UNEMAT, Tangará da Serra  
<http://lattes.cnpq.br/5898731604488636>

### Vanessa Cardoso Nunes

Universidade do Estado de Mato Grosso -  
UNEMAT, Tangará da Serra  
<http://lattes.cnpq.br/2771573750827791>

### Diones Krinski

Universidade do Estado de Mato Grosso -  
UNEMAT, Tangará da Serra  
<http://lattes.cnpq.br/9473229586446780>

**RESUMO:** A pimenta-rosa, *Schinus terebinthifolius*, é uma planta aromática produtora de óleo essencial (OE) de muito interesse econômico por apresentar potenciais em seu óleo, entre eles, uso medicinal, comercial e agrícola. Sendo assim, o objetivo deste presente trabalho foi verificar se o processo de trituração das bagas verdes dessa espécie pode otimizar a obtenção de maior quantidade de OE. Os dados obtidos durante o processamento nos mostraram que ao triturar as bagas verdes acabou refletindo

no maior rendimento do OE dessa parte da planta quando comparado com as extrações que foram utilizadas nas bagas verdes inteiras, otimizando assim o processo de extração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Pimenta-rosa, aroeira-vermelha; metabólitos secundários; Tangará da Serra; Mato Grosso.

### OPTIMIZATION OF ESSENTIAL OIL EXTRACTION FROM GREEN BERRIES OF AROEIRA-ROSA, *Schinus terebinthifolius* RADDI

**ABSTRACT:** Pink pepper, *Schinus terebinthifolius*, is an aromatic plant that produces essential oil (OE) of great economic interest because it has potential in its oil, including medicinal, commercial and agricultural uses. Therefore, the objective of this present article was to verify if the process of crushing the green berries of this species can optimize the obtaining of a greater amount of OE. The data obtained during processing showed us that crushing the green berries ended up reflecting in the higher yield of OE of this part of the plant when compared to the extractions that were used in the whole green berries, thus optimizing the extraction process.

**KEYWORDS:** Pink pepper, mastic-red; secondary metabolites; Tangará da Serra; Mato Grosso.

## 1 | INTRODUÇÃO

A planta *Schinus terebinthifolius* Raddi 1820, é conhecida popularmente como aroeira, pimenta-rosa, remédio-da-mulher, aroeira-da-praia, aroeira-negra, aroeira-vermelha, corneiba,

chichita, entre outros nomes. A espécie pertence à família vegetal Anacardiaceae, e é de ocorrência mundial (GALVÃO, 2014; Falcão et al., 2015) (Figura 1). Esta família possui 29 espécies nativas da América do Sul, embora *S. terebinthifolius* seja principalmente encontrada em regiões litorâneas da costa brasileira, desde Pernambuco até o Rio Grande do Sul, mas também pode ser encontrada em outras regiões do Brasil (FALCÃO et al., 2015).

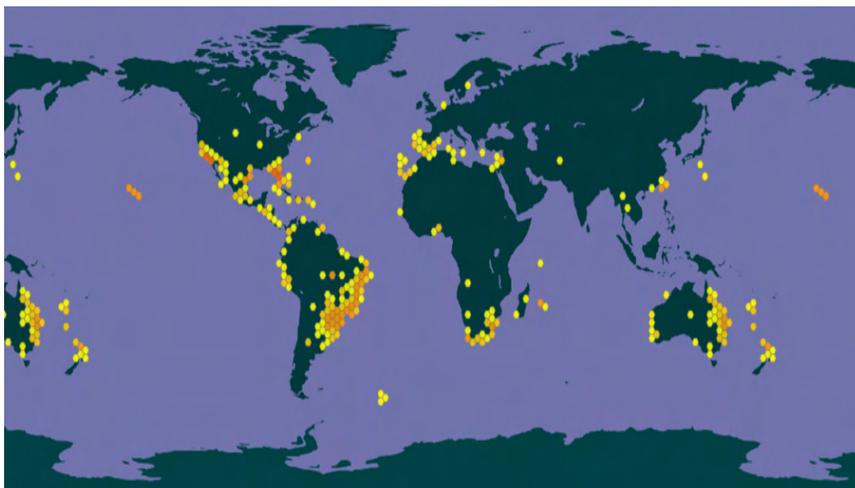


Figura 1 - Mapa de distribuição e ocorrência da espécie *Schinus terebinthifolius*.

Fonte: GBIF (2021).

Os frutos desta espécie são do tipo baga, e estudos apontam que os frutos verdes possuem um potencial bactericida capaz de colaborar no controle de infecções hospitalares causadas pela bactéria *Acinetobacter baumannii* (SANTOS et al., 2019). A bioatividade apresentada pela *S. terebinthifolius* pode estar atrelada aos principais compostos químicos encontrados em seu óleo essencial (OEs), sendo eles os monoterpenos  $\delta$ -3-careno, limoneno,  $\alpha$ -felandreno,  $\alpha$ -pineno, mirceno e o-cimeno, e pelos sesquiterpenos trans-cariofileno,  $\gamma$ -muruleno, E-a-farneseno,  $\delta$ -cadineno e epi-a-cadinol (SANTANA et al., 2012; SANTOS et al., 2008).

Existem outras aplicações para os OEs desta planta, principalmente nas áreas de saúde, agrícola e econômica, e a espécie *S. terebinthifolius* se destaca devido os compostos utilizados na área da saúde que apresentam efeitos contra úlceras, problemas respiratórios, gota, diarreia, doenças de pele e artrite, ajuda no tratamento de tumores e hanseníase (SANTANA et al., 2012).

Os seus OEs também possuem propriedades que geram proteção para as plantas agindo como uma resposta imunológica ao agente invasor, e sua composição química varia de planta para planta, podendo gerar resistência bactericida, fungicida e microbiana, além

de agir contra a herbivoria realizada por outros animais (DANNENBERG et al., 2019).

Isso se deve ao fato de que as plantas são produtoras tanto de energia utilizando um metabolismo considerado primário (fotossíntese, etc), quanto através do metabolismo secundário (OEs), que são responsáveis por gerar resistência da planta a fatores que possam afetá-la, funcionando como uma resposta ao meio (HILL et al., 1997; DE MORAIS, 2009; JORGE, 2020).

Os compostos presentes nos OEs, por possuírem propriedades de interesse, tanto científico como econômico, necessitam ser obtidos com precisão nos processos de extração, garantindo a qualidade. Para isso, o delineamento experimental para buscar formas mais eficientes de obtenção do OE, e que seja menos onerosa são importantes para otimizar os processos (GRANDINI, 2017).

Considerando isto, o presente trabalho teve como finalidade realizar a extração do OE de bagas verdes da planta *S. terebinthifolius* utilizando bagas inteiras e trituradas e verificar se a fragmentação interfere e otimiza o teor e o rendimento do OE desse material vegetal.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

A coleta das bagas verdes de *Schinus terebinthifolius* foi realizada em plantas de uma população de indivíduos situados no campo experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso, Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra/MT (coordenadas 14°38'10" S, 57°29'55" W, alt. 412 m) (Figuras 2 e 3). As coletas foram realizadas no período vespertino, entre 15h30m e 17h30m.



Figura 2 - Local de coleta das bagas de *Schinus terebinthifolius*. Tangará da Serra/MT.

Fonte: GoogleMaps.



Figura 3 - Bagas verdes de *Schinus terebinthifolius*. Tangará da Serra/MT.

Fonte: os autores.

### Determinação do teor de umidade (TU%)

Para a determinação do teor de umidade (TU%), após a coleta das bagas verdes frescas de *Schinus terebinthifolius*, foram separadas amostras em triplicatas de 20 g para secagem em estufa a 50 °C, até peso constante (aproximadamente 15 dias). O teor de umidade foi calculado através da equação:

$$TU\% = (mu - ms) / (mu) * 100 \quad (1)$$

Onde:

TU%= Teor de Umidade;

*mu*= massa úmida (g);

*ms*= massa seca (g); e

100= fator de conversão para porcentagem.

A determinação do TU% foi utilizada nos cálculos de rendimento de OE, mais especificamente os valores de massa das bagas frescas em relação à base úmida (MF BU) e à base seca (MF BS) do material vegetal. A massa vegetal à base seca (MF BS) foi corrigida através da equação:

$$MF\ BS = ((100 - TU) * MF\ BU) / 100 \quad (2)$$

### Extração do óleo essencial (OE) de bagas verdes de *Schinus terebinthifolius*

Bagas de *Schinus terebinthifolius* foram submetidas à hidrodestilação para a extração do OE, em aparelho tipo Clevenger modificado, durante 4 horas. Neste método, o óleo destilado é retido em um tubo de vidro e a fase aquosa retorna automaticamente para

o balão de destilação, sendo reutilizada (SARTOR, 2009). As extrações foram realizadas em triplicatas de 100 g. O teor do óleo essencial extraído da biomassa vegetal foi calculado com base na matéria seca ou base livre de umidade (BLU), através da equação:

$$TO = (moe / ms) * 100 \quad (3)$$

Onde:

TO= Teor de óleo (%);

*moe*= massa total do óleo essencial extraído (mg);

*ms*= massa seca de 100 g de material vegetal (g); e

100= fator de conversão para porcentagem.

Essa equação foi aplicada na determinação do teor de óleo essencial em BLU, sendo que o valor calculado é expresso em porcentagem, que corresponde ao peso (mg de óleo essencial pela biomassa seca obtida de 100 g de material vegetal fresco) e indica o valor correto do teor de óleo contido na biomassa seca. Para o rendimento do OE foi considerado o volume total de OE obtido da extração de 100 g de material vegetal fresco. Para calcularmos o volume do OE utilizamos a seguinte equação:

$$VO = moe / de \quad (4)$$

Onde:

VO= volume total de óleo essencial obtido de 100 g de material vegetal;

*moe*= Massa total do óleo essencial extraído (mg); e

*de*= densidade do óleo essencial extraído.

A densidade do óleo essencial foi calculada com a utilização de micropipeta LabMATE® de 2-20  $\mu$ L e uma balança de precisão Shimadzu® AY220, através da equação:

$$DE = m / v \quad (5)$$

Onde:

DE = densidade do óleo essencial;

*m*= massa calibrada na micropipeta (mg);

*v*= volume obtido após pesagem na balança ( $\mu$ L).

## **Análise estatística**

Os dados de teor e rendimento foram submetidos aos pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias. Para a análise dos resultados obtidos foi empregado o tratamento estatístico e a análise de variância foi realizada pelo teste F utilizando-se do teste de *t* de Student para a comparação entre médias com o auxílio do software estatístico

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância para o teor e o rendimento de OE de bagas verdes de *S. terebinthifolius* comparando diferentes tratamentos (bagas verdes inteiras e trituradas) apresentaram diferenças significativas (Tabela 1).

O teor médio encontrado quando se triturou as bagas verdes foi quase 720% maior do que o teor das bagas inteiras (Inteiras= 1,40±0,02%; Trituradas= 10,09±0,08%) (Figura 3A). O mesmo padrão foi observado para o rendimento médio de OE quando se triturou as bagas (Inteiras= 325,1±7,55 µl/100 g; Trituradas= 2332,5±1,13 µl/100 g) (Figura 4).

Fonte de variação	G.L.	Valores de F	
		Teor (%)	Rendimento
Tratamentos	1	2623.5080 **	20714.7533 **
Resíduos	4	-	-
p-valor		<.0001	<.0001
C.V. (%)	-	3.61	1.29

\*significativo a 5%; \*\*significativo a 1%; ns: não significativo.

Tabela 1 - Análise de variância para teor (%) e rendimento do óleo essencial de bagas verdes frescas, inteiras e trituradas de *Schinus terebinthifolius*. Tangará da Serra/MT, 2022.

Podemos verificar que houve diferença significativa entre os tipos de processamentos das bagas, onde comparando bagas inteiras e trituradas, as que foram processadas renderam muito mais OE. Esse maior rendimento advindo das bagas trituradas se deve ao princípio físico da área de contato, onde os componentes internos do fruto estão em maior área superficial de contato com a água destilada no processo de hidrodestilação, permitindo que todo o OE possa mover-se para fora do material vegetal triturado mais facilmente (GEANKOPLIS, 1993; HELERBROCK, 2022). Já as bagas inteiras limitam a saída do OE e outros componentes por pequenas fissuras ou orifícios, pois o pericarpo presente nos frutos pode atuar como um invólucro que protege o conteúdo interno de ser acometido pelas intempéries do ambiente, neste caso, o processo de hidrodestilação (ALBINANTE, 2013).

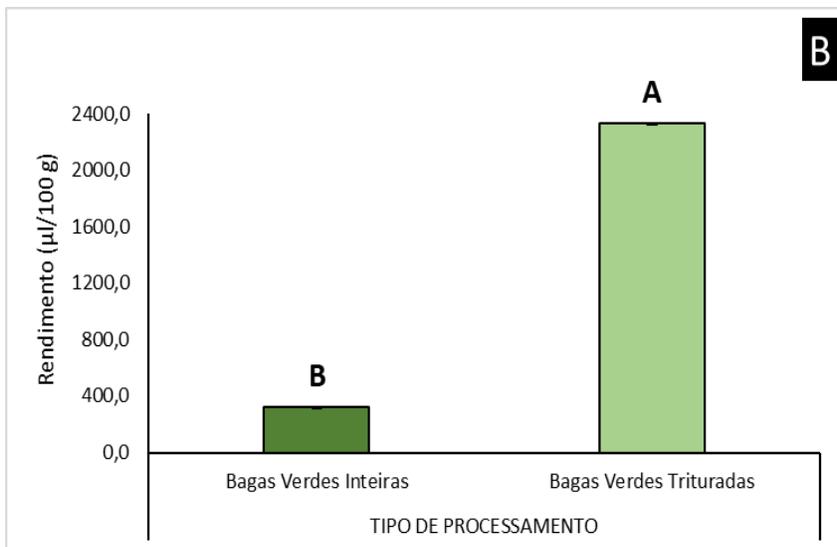
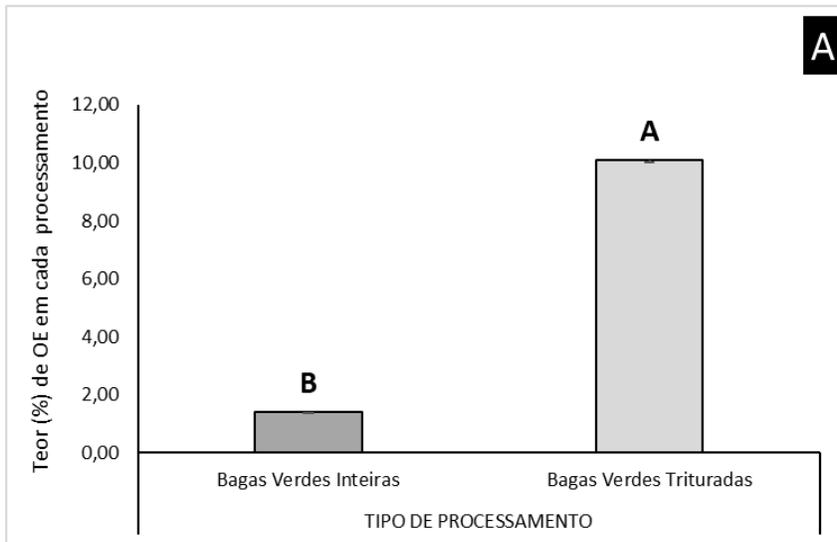


Figura 4 - Quantidade de óleo essencial (OE) extraído de bagas de *Schinus terebinthifolius* A) Teor (%) de OE encontrado em bagas inteiras e trituradas; B) Rendimento médio ( $\pm$  erro padrão) de OE obtido de bagas inteiras e trituradas. Barras seguidas de letras diferentes apresentam diferença significativa pelo teste *t* de Student ( $p \leq 0,05$ ).

Na literatura existem trabalhos que utilizam diferentes materiais vegetais para a extração de OE, onde alguns não mostram diferenças significativas na comparação entre a fragmentação (ou não) das partes vegetais, enquanto outros mostram essa relação de maior rendimento de OE quando o material vegetal é triturado (BUSATO et al., 2014; COSTA, 2013).

Existem diversos fatores que podem influenciar o rendimento de OEs, como os efeitos

abióticos (disponibilidade de água, luminosidade, composição do solo, temperatura e o ar, etc.) e os fatores bióticos (herbivoria, competição pelo local com outras plantas, genética da planta, entre outros) (DE MORAIS, 2009). Em nosso trabalho foi considerado apenas um fator abiótico, neste caso, o tipo de processamento vegetal através da trituração das bagas verdes de aroeira-rosa, que notavelmente representou maior quantidade de OE, mostrando que esta metodologia é mais viável. Dados semelhantes foram observados com frutos verdes dessa mesma espécie provenientes da cidade de São Mateus/ES (GOVERNICI, 2019). Além disso, esse mesmo padrão já foi relatado para frutos de pitanga, *Eugenia uniflora* L., em que os frutos triturados também renderam mais OE quando comparado aos frutos inteiros (MAY et al., 2007).

Busato et al. (2014), ressaltam que no processo de destilação de OE, é necessário, em alguns casos, realizar a fragmentação do material vegetal de acordo com a estrutura da planta, e geralmente partes mais finas e não fibrosas não necessitam de fragmentação. No entanto, raízes, caules e qualquer material lenhoso precisam ser cortados em comprimentos curtos (GÜNTHER, 1948). No entanto, estes autores não trazem informações sobre o processamento de frutos/sementes, e nossos resultados contribuem trazendo este dado para esta parte vegetal, evidenciando que o processo de trituração atua diretamente no rompimento da parede celular dos frutos, e conseqüentemente potencializando a extração do OE.

Vale ressaltar também que, nossos resultados são iniciais para a região matogrossense, e por isso os estudos devem ter continuidade, visando por exemplo, comparar o rendimento dos OEs ao longo do ano (sazonalidade), testar diferentes processamentos e tempos de extração, além de comparar os OEs entre as diferentes partes vegetais. E até mesmo com as mesmas partes vegetais em estágios fenológicos distintos, como já tem sido realizado com frutos da aroeira-rosa em um estudo comparativo utilizando as bagas verdes e maduras de *Schinus terebinthifolius*, mostrando que frutos maduros apresentam rendimentos superiores aos verdes (SCHIMITBERGER, 2018).

## 4 | CONCLUSÃO

Diante disto, concluímos que o uso das bagas verdes trituradas de aroeira-vermelha, *Schinus terebinthifolius* rendem maior quantidade OE em relação as extrações com bagas verdes inteiras.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário Professor Eugênio Carlos Stieler, Tangará da Serra, pela estrutura logística viabilizada para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ALBINANTE, S. R.; PACHECO, E. B. A. V.; VISCONTE, L. L. Y.; Revisão dos tratamentos químicos da fibra natural para mistura com poliolefinas. **Química Nova**, v. 36, n. 1, p. 114-122, 2013.
- BUSATO, N. V. *et al.* Estratégias de modelagem da extração de óleos essenciais por hidrodestilação e destilação a vapor. **Ciência Rural**, 2014, v. 44, n. 9, p. 1574-1582.
- COSTA, G. A.; CARVALHO, J. L. S. F.; DESCHAMPS, C. Rendimento e composição do óleo essencial de patchouli (*Pogostemon cablin*) conforme o tempo de extração. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, p. 319-324, 2013.
- DANNENBERG, G. S. *et al.* Essential oil from pink pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi): Chemical composition, antibacterial activity and mechanism of action. **Food control**, v. 95, p. 115-120, 2019.
- DE MORAIS, L. A. S. Influência dos fatores abióticos na composição química dos óleos essenciais. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. S3299-S3302, 2009.
- FALCÃO, M. P. M. M. *et al.* *Schinus terebinthifolius* Raddi, Aroeira, e suas propriedades na Medicina Popular. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 5, 2015.
- GALVÃO, J. G. F. M. **Aspectos fitoquímicos, etnobotânicos e farmacológicos da *Schinus terebinthifolius* Raddi: uma revisão bibliográfica**. 2014. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Farmácia) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2014.
- GEANKOPLIS, C. J. **Transport process and unit operations**. 3ed. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1993.
- GÜNTHER, E. **History and origin in plants production analysis**. The essential oils. New York: Krieger Publishing, 1948. p. 235-240.
- GOVERNICI, J. L. **Influência da temperatura do ar de secagem e da fragmentação dos frutos no rendimento de óleo essencial de pimenta-rosa**. Viçosa. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa. 2019.
- GRANDINI, C. P. **Obtaining volatile and non-volatile extracts of *Pluclea sagittalis* (quitoco): processes and analyzes**. Porto Alegre. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2017.
- HELERBROCK, R. **Princípio de Pascal**. Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/principio-de-pascal.htm>>. Acesso em 01 de abril de 2022.
- HILI, P.; EVANS, C. S.; VENESS, R. G. Antimicrobial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. **Letters in Applied Microbiology**, v. 24, n. 4, p. 269-275, 1997.

JORGE, L. G. **Desempenho fotossintético, perfil e atividade do óleo essencial de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. nas fases vegetativa e reprodutiva no cerrado paulista**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas - Botânica) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2020.

LOPES, P. Q. **Desenvolvimento de sistemas emulsionados para veiculação dos óleos essenciais de *Eucalyptus globulus*, *Schinus terebinthifolius* e *Plectranthus amboinicus***. 2016. 184f. Tese (Doutorado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas) - Ciências Farmacêuticas da Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

MAY, A.; MORAES, A. R. A.; PINHEIRO, M. Q. Teor de óleo essencial de pitanga em função de tratamentos pós-colheita. **Revista Caatinga**, v. 20, n. 3, 2007.

SANTANA, J. S. *et al.* Essential oils from *Schinus terebinthifolius* leaves – chemical composition and *in vitro* cytotoxicity evaluation. **Pharmaceutical Biology**, v. 50, n. 10, p. 1248-1253, 2012.

SANTOS, A. C. A. *et al.* Chemical composition of the essential oils from leaves and fruits of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi from Southern Brazil. **Journal of Essential Oil Bearing Plants**, v. 12, n. 1, p. 16-25, 2009.

SANTOS, A. S. *et al.* Descrição de sistema e de métodos de extração de óleos essenciais e determinação de umidade de biomassa em laboratório. **Comunicado Técnico** - Embrapa, p. 1- 6. 2004.

SANTOS, C. T. C. *et al.* Comparação da atividade entre óleos essenciais de frutos verdes e maduros de *Schinus terebinthifolius* Raddi sobre isolados de *Acinetobacter baumannii* multirresistentes. **Diversitas Journal**, v. 4, n. 1, p. 285-291, 2019.

SARTOR, R. B. *et al.* Modelagem, simulação e otimização de uma planta de extração de óleos essenciais por arraste a vapor. Seminário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (8.: 2009 out. 20-23: Porto Alegre, RS). **[Anais]**[recurso eletrônico]. Porto Alegre, RS: UFRGS/PPGEQ, 2009., 2009.

SCHIMITBERGER, V. M. B. *et al.* Volatile compounds profile changes from unripe to ripe fruits of brazilian pepper (*Schinus terenthifolia* Raddi). **Industrial Crops and Products**, v. 119, p. 125-131, 2018.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016. DOI: 10.5897/AJAR2016.11522.

## ESTUDO TEÓRICO SOBRE A VIABILIDADE DE OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE E COMO SUBPRODUTO ÉTANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE ALGA

Data de aceite: 03/10/2022

Data de submissão: 15/09/2022

### Ágatha Laginski Puchta

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Departamento de Engenharia Química  
Ponta Grossa - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0554981914847690>

### Rosilene Aparecida Prestes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Departamento de Ensino  
Ponta Grossa - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/0098706153281307>

**RESUMO:** O presente artigo objetiva realizar um estudo teórico sobre a produção de nanocelulose e etanol a partir de alga utilizando linhagens macrobianas degradantes de celulose da região dos Campos Gerais. Apesar do Brasil ter investido tardiamente em nanotecnologia, a mesma é explorada desde o século VI d.C. Por serem os materiais mais abundantes da Terra, os resíduos lignocelulósicos são os mais atrativos para a obtenção de nanocelulose. Para a realização do estudo foi escolhida o tipo de pesquisa bibliográfica, para as buscas utilizou-se a plataforma de banco de dados digital *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) e *Instituto Nacional da Propriedade Industrial* (INPI), desenvolvido para auxiliar em buscas de cunho científico. Os dados foram analisados pelo software Google Sheets a fim de transformar esses dados em informações gráficas apresentadas por

período e assunto. Verificou-se que a quantidade de produções científicas referentes a este estudo utiliza linhagens macrobianas degradantes de celulose, baixa. Portanto, é de suma importância o aumento nos investimentos em pesquisas científicas nessa área e sua adaptação para a escala industrial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Nanotecnologia, nanocelulose, algas, etanol, etanol de segunda geração.

### THEORETICAL STUDY ON THE FEASIBILITY OF OBTAINING NANOCELLULOSE AND SECOND-GENERATION ETHANOL AS A BY-PRODUCT FROM SEAWEED

**ABSTRACT:** This article aims to carry out a theoretical study on the production of nanocellulose and ethanol from algae using cellulose-degrading microbial strains from the Campos Gerais region. Although Brazil has belatedly invested in nanotechnology, it has been explored since the 6th century AD. As they are the most abundant materials on Earth, lignocellulosic residues are the most attractive for obtaining nanocellulose. For the accomplishment of the study, the type of bibliographic research was chosen, for the searches, the digital database platform *Scientific Electronic Library Online* (SCIELO) and the *National Institute of Industrial Property* (INPI) were used, developed to assist in searches of a scientific. Data were analyzed by Google Sheets software to transform this data into graphical information presented by period and subject. It was found that the amount of scientific production referring to this study uses

cellulose-degrading microbial strains, is low. Therefore, it is extremely important to increase investments in scientific research in this area and its adaptation to the industrial scale.

**KEYWORDS:** Nanotechnology, nanocellulose, seaweed, ethanol, ethanol of second generation.

## 1 | INTRODUÇÃO

A tecnologia nanométrica possibilita de certo modo uma “personalização” de compostos e moléculas tanto de cadeias pequenas quanto grandes, segundo Pina et al., (2006, p. 79), “modifica-se o arranjo de átomos e moléculas visando-se um produto final mais resistente, mais barato, mais leve, mais preciso, mais puro e mais adequado”. Sendo a nanotecnologia, por sua versatilidade de aplicação, uma tecnologia com potencial para revolucionar inúmeras áreas da ciência, teoricamente, com custo reduzido (PINA et al., 2006). O sistema nanométrico tem sua existência marcada desde o surgimento das primeiras células vivas, há bilhões de anos, para Delgado-Ramos (2007, p. 79), “representam bio máquinas nanométricas que são capazes de manipular o material genético, serem suprimentos de energia, dentre outras funções biológicas”. Um dos materiais contendo nanopartículas metálicas mais conhecidos da antiguidade é a taça de Lycurgus, datada do século VI d.C., objeto esse que gerava certo misticismo uma vez que se tornava verde quando a luz era refletida e vermelha quando era transmitida. Atualmente, sabe-se que o que gera a variação de cores na taça de Lycurgus são nanopartículas compostas por ouro e prata presentes na composição do vidro (FREESTONE et al., 2007). O marco definitivo do início da chamada nanotecnologia foi a descoberta dos fulerenos, estruturas com sessenta átomos de carbono com cerca de um nanômetro de diâmetro, descobertos na década de 80. A partir de então aumentou o número de buscas e aprofundamento sobre o tema, como consequência iniciaram os investimentos em pesquisas acerca do tema (FILHO, 2020). Já no Brasil, o investimento na área de nanotecnologia se deu de forma mais tardia que os demais países, principalmente levando em consideração que nos Estados Unidos a difusão do tema nanociência bem como investimentos em pesquisas sobre datam dos anos de 1960 e, por mais que o Brasil tenha investido mais vagarosamente que os demais países, no ano de 2017 o mesmo ocupava o décimo oitavo lugar no ranking de países que produzem nanociência (FILHO et al., 2020).

A celulose, matéria orgânica mais abundante e renovável da Terra, sendo que sua produção gira em torno de um trilhão de toneladas a nível mundial. Fonte de fibras naturais, matéria-prima para a fabricação de inúmeros materiais como por exemplo, papel, entre outros, ademais suas fibras trazem consigo características físico-mecânicas significativamente menores devido a presença de defeitos estruturais e misturas não celulósicas. Para que se tornasse possível utilizar totalmente as características específicas da celulose, foram realizadas modificações para obter nanoconstituintes com características físico-mecânicas

por meio de hidrólise controlada, desintegração ou regeneração de fibras naturais e até mesmo utilizar fontes bacterianas para obter o crescimento de nanofibras (IOELOVICH, 2017). Há milhares de anos a humanidade utiliza a celulose como material de engenharia, por suas propriedades mecânicas únicas, as quais são influenciadas pela localização química nas plantas e pela sua composição (DUFRESNE, 2013). Para Dufresne (2013, p. 223), essas impressionantes propriedades mecânicas tornam a nanocelulose partícula candidata ideal para o processamento de polímero reforçado compósitos”. Os cristais de celulose, ou nanocristais de celulose, são provenientes das fibras de celulose, sendo essas áreas cristalinas das fibras, podendo ser isoladas por hidrólise ácida e/ ou enzimática a qual se diferencia do método ácido por ter menor impacto ambiental e não modificar a celulose em sua superfície (TIBOLLA et al., 2014).

Dado o crescimento e desenvolvimento tecnológico da população, tanto o país quanto o mundo vem mudando seus padrões no estilo de vida de sua população cotidianamente. Como consequência dessas mudanças os resíduos sólidos urbanos crescem significativamente, tanto em quantidade quanto em variedade (GOUVEIA, 2012). De acordo com os dados do IBGE (2001) são geradas cerca de 242 mil toneladas de resíduos por dia no Brasil, sendo que dessas somente 24 % recebem tratamento prévio adequado. Outro fator de suma importância é a crescente demanda por combustíveis e, principalmente, a incessante busca pelo aumento da produtividade do etanol, surgiu uma nova tecnologia de fabricação do etanol - o etanol segunda geração. “[...] Essa nova geração representa uma alternativa para o uso energético da biomassa, apresentando vantagens ambientais e econômicas, por ser o etanol produzido a partir de lignocelulose, presente em resíduos de origem vegetal” (PACHECO, 2011, p. 3).

Neste contexto, a tecnologia enzimática apresenta potencial para desempenhar um importante papel para agregar valor aos resíduos. A utilização de enzimas permite um melhor aproveitamento da matéria-prima na produção de nanoestruturas, aumentando o rendimento. Na obtenção de nanocelulose também pode ser importante propiciar a extração destes materiais sem a utilização de solventes danosos ao meio ambiente. Portanto, a problematização desta pesquisa tenta responder a seguinte questão: Como verificar a produção de nanocelulose e de etanol de segunda geração a partir de alga por métodos enzimáticos? Pesquisas em biodegradação utilizando tecnologia enzimática estão em desenvolvimento e neste trabalho o apoio da pesquisa bibliográfica auxiliou na tentativa de responder a pergunta problema. No entanto, o Brasil precisa melhorar o nível de conhecimento sobre a aplicação de enzimas na degradação de compostos orgânicos, neste caso o objeto de estudo é a alga, que possa prover respostas e aplicações precisas para obtenção de produtos com maior valor agregado e redução do impacto ambiental em consequência do descarte de resíduos.

Com isso, o presente trabalho propõe um estudo teórico sobre a alga *Nori* relacionando produção de nanocelulose e de etanol de segunda geração. A mesma

consiste em uma folha seca e fina oriunda da desidratação de algas do gênero *Porphyra*, popularmente denominadas como algas vermelhas, as folhas da alga Nori (Figura 1) são muito utilizadas na culinária japonesa em pratos como *uramakis*, *hossomakis* e *temakis*. Está alga é rica em proteínas, cálcio, ferro, vitaminas A, B e C, boa fonte de iodo, carotenos, possui fibras e pode conter até duas vezes mais proteínas do que a carne (PAULA, 2019).

a) Embalagem comercializada



b) Tabela nutricional ampliada

Informação Nutricional*	Total	VD
Porção de 2,5g (1 folha)		
	<b>Valor Total</b>	<b>Percentual</b>
Caboidratos (g)	1g	0%
Fibras	1g	1%
Proteínas (g)	1g	1%
Gorduras Totais (g)	0g	0%
Gorduras Saturadas (g)	0g	0%
Gorduras Trans (g)	0	(**)
Fibra Alimentares (g)	0	0%
Sódio (g)	0mg	0%
Açúcar (g)	0	0%

\*Valores Diários de referência com base em uma dieta de 200kcal. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades energéticas.

Figura 1. Alga Nori em sua forma comercializada pela marca Maki:

Fonte: Konbini Produtos Orientais.

## 2 | MÉTODO

A avaliação teórica acerca da pesquisa sobre a viabilidade da produção de nanocelulose por meio de macrorganismos, tendo a alga como matéria-prima, foi realizada a partir do banco de dados cooperativo *SciELO (artigo)*, e através do INPI (patente) a fim de padronizar os dados apresentados como oriundos de um único banco de dados. O tipo de pesquisa utilizado foi “pesquisa bibliográfica” onde as variáveis de estudo foram as palavras chaves como: “nanotecnologia”, “nanocelulose”, “etanol”, “etanol de segunda geração”. Também outra variável estudada foi o período de tempo do ano 2000 ao ano 2020.

Para a etapa de análise dos dados coletados foi utilizado o software *Google Sheets* a fim de realizar a montagem de uma tabela para cada palavra-chave pesquisada, por um período determinado, no caso de 2000 a 2020, tendo como objetivo principal facilitar a interpretação dos dados.

## 3 | RESULTADOS

Apesar da nanotecnologia ser explorada desde o século 4 a.C. em objetos utilizados no cotidiano como na taça de Lycurgus, cujas propriedades de mudança de coloração faziam com que a população da época acreditasse que por trás dos efeitos únicos da taça ao ser exposta à luminosidade haviam misticismos incompreendidos pelas pessoas. (FREESTONE et al., 2007). O Brasil começou seus investimentos em nanociência posterior aos demais países, como os Estados Unidos por exemplo, em contrapartida ao atraso em investimentos em pesquisas na área.

Nos Gráficos 1 e 2, encontram-se os dados recolhidos na presente pesquisa, subdivididos em subgráficos dispostos de forma organizada por critério de tema a ser analisado, sendo que estes foram agrupados em período de tempo anual.



### b) Sobre o tema produção de nanopartículas



### c) Sobre o tema nanocelulose

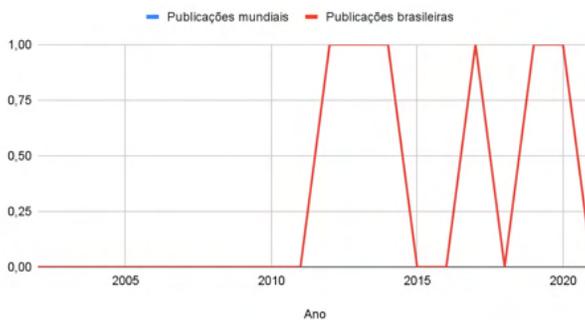


Gráfico 1 - Número de artigos e patentes publicados por tema agrupados anualmente comparando os dados de 2000 a 2020 da Scielo e INPI:

Fonte: A autora

No Gráfico 1-a, encontram-se expostos os dados comparativos entre o número de publicações científicas brasileiras e internacionais sobre o tema nanotecnologia. Atualmente, ainda se tem poucas publicações acadêmicas acerca do tema nanotecnologia no Brasil, o que está muito abaixo do número de publicações sobre o mesmo tema a nível mundial.

Um estudo realizado pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), buscou em suas pesquisas realizar a síntese de nanopartículas por meio de microrganismos endófitos, porém, o estudo ainda continua em fase exploratória uma vez que ainda não conseguiram comprovar a eficiência desses microrganismos para a síntese de nanopartículas (DE OLIVEIRA et al., 2021). No entanto, as Universidades Tecnológica do Federal do Paraná (UTFPR - Campus Ponta Grossa) e a Estadual de Ponta Grossa (UEPG) obtiveram resultados consideráveis na produção de nanotecnologia (PRESTES, CROSATTI, 2018; MOERSCHBACHER et al., 2019; PRESTES et al., 2021; PRESTES; IORIS, PINHEIRO, 2022) e produção de etanol segunda geração (PRESTES, CROSATTI, 2017). Dados esses que demonstram que mesmo tendo poucos estudos científicos sobre o tema nanotecnologia, existem pesquisas em fase exploratória sobre a sintetização destas

moléculas em escala nanométrica por meio de microrganismos.

Dados comparativos entre publicações científicas brasileiras estão apresentados no Gráfico 1-b são referentes ao tema produção de nanopartículas a partir de linhagens microbianas. Portanto, observou-se que o número de publicações sobre o tema é baixo em ambos os âmbitos, mundiais e brasileiros, o que torna a área de pesquisa de produção de nanopartículas, uma área com um potencial enorme de crescimento.

As propriedades mecânicas da celulose, segundo as quais são mantidas nos nanocristais provenientes da celulose, são ótimas para produção de polímeros. Para Dufresne (2013, p. 223), “essas impressionantes propriedades mecânicas tornam a nanocelulose partículas candidatas ideais para o processamento de polímero reforçado compósitos”.

No Gráfico 1-c encontram-se expostos os dados comparativos entre publicações científicas brasileiras sobre o tema nanocelulose com o número de publicações científicas mundiais sobre o tema nanotecnologia. Atualmente, o número de publicações sobre o tema é baixo, quase nulo em ambos os âmbitos, mundiais e brasileiros, o que torna uma área em potencial para investimento em pesquisas científico-tecnológicas.

Os dados recolhidos comparando o número de produções científicas brasileiras sobre o tema produção de nanocelulose a partir de algas foi nulo. O que a torna uma matéria-prima inexplorada para a obtenção de nanocelulose, fazendo com que a viabilidade aumente ainda mais. Ademais a celulose é um componente importante para a produção do etanol segunda geração (ANDRADE, 2014) bem como para a produção de nanoestruturas como, nanocelulose e nanolignina.



### b) Sobre etanol de segunda geração



Gráfico 2 - Número de artigos e patentes publicados por tema agrupados anualmente comparando os dados de 2000 a 2020 da Scielo:

Fonte: A autora.

No Gráfico 2-a têm-se expostos os dados comparativos entre o número de publicações científicas brasileiras e internacionais sobre o tema etanol. Atualmente, têm-se um número baixo de publicações acadêmicas acerca do tema etanol no Brasil escrita científica nacional usa-se terceira pessoa, o que está muito abaixo da quantidade de publicações sobre o mesmo tema a nível mundial. Dados estes que são preocupantes, uma vez que vão contra a onda crescente mundial de preocupação com o meio ambiente.

Como subproduto da produção de etanol de segunda geração espera-se que haja a produção de nanocompostos, como por exemplo: a nanocelulose e a nanolignina. Materiais lignocelulósicos utilizados há milênios na área das engenharias, por suas propriedades de resistência mecânica, as quais sofrem influências químicas da própria planta e composição de suas cadeias. Esses nano compostos são muito estimados para o processamento de compostos de polímeros reforçados por conta das propriedades mecânicas dessas nanofibrilas advindas da celulose (DUFRESNE, 2013).

O Gráfico 2-b ilustra que a realidade atual se mostra oposta à onda crescente de preocupação por parte da população mundial relatada por Tolmasquim (2007), mas também a falta de pesquisadores trabalhando para o avanço mundial da matriz energética limpa corroborando com a Química Verde saíam do plano das ideias. Outro fator que se mostra preocupante ao se comparar o Gráfico 2-a e 2-b é que o índice de produções científicas de etanol a partir de resíduos (etanol de segunda geração) é menor que o índice relacionado ao etanol de primeira geração, fator esse que abre oportunidades para maiores estudos científicos acerca do etanol de segunda geração.

A presente pesquisa teórica auxiliou no esclarecimento de que as produções científicas sobre a aplicação da técnica de seleção de linhagens microbianas para a

produção de nanocelulose a partir de alga é muito pouco explorada e que tem muitas lacunas a serem avaliadas pela ciência, pois foram encontradas apenas um total de trezentos e setenta produções sobre nanotecnologia. Neste total de trabalhos nenhum foi relacionado a algas favorecendo este tema de estudo como um potencial em ascensão para o investimento em pesquisas científicas na área. Apenas trezentos e setenta produções científicas sobre produção de nanopartículas a partir de linhagens microbianas e, o menor número de produções, com um total de seis produções sobre o tema nanocelulose. Apenas dezoito produções sobre etanol de segunda geração, um número baixo se comparado às duas mil cento e oitenta e sete produções sobre etanol.

## 4 | CONCLUSÃO

Os dados apresentados no presente trabalho corroboram que, é alta a viabilidade de produção de nanocelulose e de etanol de segunda geração por meio de macrorganismos e fazendo uso da alga nori como matéria-prima, uma vez que os resultados obtidos apresentam que o número de produções científicas é baixo, tornando viável a sintetização destas nanopartículas e a produção deste biocombustível com essa alga.

## AGRADECIMENTOS

À UTFPR campus Ponta Grossa, por proporcionar o aprendizado necessário para a realização dessa pesquisa, bem como ao FNDE pela bolsa concedida.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES FILHO, S.; BACKX, B.P. Nanotecnologia e seus impactos na sociedade. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 16, n. 40, p. 1-15, abr/jun. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/9870/> Acesso em: 09 dez 2020.

BENAR, Priscila et al. Ligninas acetosolv e formacell de eucalipto e de bagaço de cana: Isolamento, fracionamento, caracterização e uso como componente de resinas fenólicas do tipo resol. 1996. Disponível em: [http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/249552/1/Benar\\_Priscila\\_D.pdf](http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/249552/1/Benar_Priscila_D.pdf) Acesso em: 17 mai 2020.

DA ROSA, Marcelo Pereira. Extração de Lignina do resíduo de casca de arroz pelo Método Organossolve. 2015. Disponível em: <https://sistemas.furg.br/sistemas/sab/arquivos/bdtd/0000010887.pdf/> Acesso em: 15 mai 2020.

DE ANDRADE, Leandro Florentino. Produção de etanol de segunda geração. 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9K5KBG/> Acesso em: 02 fev 2022.

DE OLIVEIRA, João Arthur dos Santos et al. Síntese biológica de nanopartículas mediada por microorganismos endofíticos. **Saber Científico (1982-792X)**, v. 8, n. 1, p. 146-155, 2021. Disponível em: <http://periodicos.saolucas.edu.br/index.php/resc/article/view/1282/1117/> Acesso em: 22 mar 2021.

DELGADO-RAMOS, Gian Carlo. IMPLICACIONES AMBIENTALES y A LA SALUD DE LA NANOTECNOLOGÍA. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 3, n. 4, p. 77-101, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4966/496650323005.pdf>/ Acesso em: 03 nov 2020.

DUFRESNE, Alain. Nanocellulose: a new ageless bionanomaterial. **Materials today**, v. 16, n. 6, p. 220-227, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369702113001958/> Acesso em: 07 jul 2020.

FREESTONE, Ian et al. The Lycurgus cup—a roman nanotechnology. **Gold bulletin**, v. 40, n. 4, p. 270-277, 2007. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%252FBF03215599/> Acesso em: 9 nov 2020.

GOUVEIA, N.; **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência e saúde coletiva, 2012, p 1504. Disponível em: <https://www.scielosp.org/article/csc/2012.v17n6/1503-1510/pt/> Acesso em 26 mai 2020.

IOELOVICH, Michael. Characterization of various kinds of nanocellulose. **Handbook of Nanocellulose and Cellulose Nanocomposites**, v. 1, p. 51-100, 2017. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9783527689972.ch2/> Acesso em: 05 mar 2020.

KOMURA, Rodrigo Kenji. Investigação dos métodos de separação, uso e aplicação da Lignina proveniente da Biomassa Lignocelulósica. 2015. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/139116/000865474.pdf?sequence=1&isAllowed=y/> Acesso em: 29 abr 2020.

MOERSCHBACHER, L. ; PINHEIRO, L. A. ; **PRESTES, R. A.** ; HOEPFNER, J. C. ; ALMEIDA, D. M. . PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CELULOSE NANOCRISTALINA A PARTIR DE CELULOSE BACTERIANA. 2019, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201901977, título: "PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CELULOSE NANOCRISTALINA A PARTIR DE CELULOSE BACTERIANA" , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 23/09/2019

MORIYAMA, Aline Tomie Poglitsch. Estudo da influência de carga alcalina na polpação Soda com pré-hidrólise de eucalyptus urograndis para produção de etanol, lignina e furfural. 2019. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181764/moriyama\\_atp\\_me\\_guara.pdf?sequence=3&isAllowed=y/](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/181764/moriyama_atp_me_guara.pdf?sequence=3&isAllowed=y/) Acesso em: 18 mai 2020.

PACHECO, Thályta Fraga. Produção de etanol: primeira ou segunda geração? **Embrapa Agroenergia-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/886571/1/CITE04.pdf/> Acesso em: 28 jan 2020.

PAULA, L.; **Nori – Tudo sobre a famosa alga utilizada no sushi**. Disponível em: <https://skdesu.com/nori-tudo-sobre-famosa-alga-utilizada-no-sushi/> Acesso em: 10 dez 2020.

PINA, Kleber Vieira et al. Nanotecnologia e nanobiotecnologia: estado da arte, perspectivas de inovação e investimentos. **RevistaGestão Industrial**, v. 2, n. 2, 2006. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e691/be1b06c46e70d69c825fb7fe506f4f4a55d9.pdf/> Acesso em: 05 nov 2020.

**PRESTES, ROSILENE A.**; CROSATTI, B. C. B. . PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE EMBALAGEM CARTONADA LONGA VIDA. 2017, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020170275043, título: “PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO A PARTIR DE EMBALAGEM CARTONADA LONGA VIDA” , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 19/12/2017

**PRESTES, R. A.**; CROSATTI, B. C. B. . PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOPARTÍCULAS A PARTIR DE EMBALAGENS CARTONADAS LONGA-VIDA POR HIDRÓLISE ENZIMÁTICA E PRODUTOS OBTIDOS. 2018, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10201801542, título: “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOPARTÍCULAS A PARTIR DE EMBALAGENS CARTONADAS LONGA-VIDA POR HIDRÓLISE ENZIMÁTICA E PRODUTOS OBTIDOS” , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 27/07/2018

**PRESTES, R.A.**; IORIS, E. ; POIATI, F. ; PINHEIRO, L. A. . PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE E NANOLIGNINA DE CASCA DE SOJA PELA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA E PRODUTOS OBTIDOS. 2021, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR1020210087, título: “PROCESSO DE OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE E NANOLIGNINA DE CASCA DE SOJA PELA HIDRÓLISE ENZIMÁTICA E PRODUTOS OBTIDOS” , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 05/05/2021

**Rosilene A. Prestes**; IORIS, E. ; PINHEIRO, L. A. . ROTA DE OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL COM PRÉ-TRATAMENTO E HIDRÓLISE ENZIMÁTICA. 2022, Brasil. Patente: Privilégio de Inovação. Número do registro: BR10202200516, título: “ROTA DE OBTENÇÃO DE NANOCELULOSE A PARTIR DE BIOMASSA VEGETAL COM PRÉ-TRATAMENTO E HIDRÓLISE ENZIMÁTICA” , Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Depósito: 18/03/2022

SAIN, Mohini; OKSMAN, Kristiina. Introduction to cellulose nanocomposites, 2006. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/bk-2006-0938.ch001/> Acesso em: 11 nov 2020.

SONESSO, Maria Fernanda Carvalho et al. Obtenção e caracterização de nanocristais de celulose a partir de algodão cru e polpa kraft. 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/95543> . Acesso em: 11 nov 2020.

TIBOLLA, Heloisa; PELISSARI, Franciele Maria; MENEGALLI, Florencia Cecilia. Cellulose nanofibers produced from banana peel by chemical and enzymatic treatment. **LWT-Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, p. 1311-1318, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814002047/> Acesso em: 14 mar 2021.

TOLMASQUIM, Mauricio T.; GUERREIRO, Amílcar; GORINI, Ricardo. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos estudos CEBRAP**, n. 79, p. 47-69, 2007. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000300003&script=sci\\_arttext/](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-33002007000300003&script=sci_arttext/) Acesso em: 21 jan 2020.

## INFLUÊNCIA DA SUSCETIBILIDADE GENÉTICA DO GENE *ACE2* NA OCORRÊNCIA DE CASOS DA COVID-19: UMA REVISÃO

*Data de aceite: 03/10/2022*

### **Alice Mafalda do Couto Miranda**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Biológicas  
Vitória – Espírito Santo  
<http://lattes.cnpq.br/1307208077443523>

### **Jucimara Ferreira Figueiredo Almeida**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Biológicas  
Vitória – Espírito Santo  
ORCID 0000-0001-7104-4623

### **Mário Sérgio Ribeiro dos Santos**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Biológicas  
Vitória – Espírito Santo  
ORCID 0000-0002-0452-0949

### **Flávia de Paula**

Universidade Federal do Espírito Santo,  
Departamento de Ciências Biológicas  
Vitória – Espírito Santo  
ORCID 0000-0001-8679-298

**RESUMO:** A COVID-19 originou-se em 2019 na cidade de Wuhan, na China, e rapidamente se disseminou por todo planeta virando uma pandemia de extrema preocupação. Pesquisadores do mundo todo se uniram em prol de buscas para entender como sucedeu a doença e de possíveis soluções para os casos que bruscamente foram aumentando. Nesse contexto, a genética tornou-se mais do que uma aliada para responder às diversas dúvidas que

foram surgindo. Sendo assim, com intuito de esclarecer como a genética do gene *ACE2* tem relação com a pandemia que este trabalho foi elaborado através de uma revisão integrativa. Neste trabalho, pode-se destacar como as altas frequências de mutações no vírus (SARS-CoV-2) assim como níveis de expressão e polimorfismo no gene *ACE2* influenciaram tanto no contágio quanto na variação de gravidade de casos da doença. No entanto, ainda há certas discordâncias entre os pesquisadores, mostrando ser necessárias mais pesquisas científicas no ramo da genética humana quanto aos fatores relacionados com a variabilidade clínica da COVID-19.

**PALAVRAS-CHAVE:** *ACE2*. SARS-CoV-2. Sintomas. Polimorfismos. Expressão.

### INFLUENCE OF *ACE2* GENE SUSCEPTIBILITY ON THE OCCURRENCE OF COVID-19 CASES: A REVIEW

**ABSTRACT:** COVID-19 originated in 2019 at city of Wuhan, China and quickly spread across the planet to become a pandemic of extreme concern. Researchers from all over the world gathered in search of understanding how the disease happened and of possible solutions to the cases that were suddenly increasing. In this context, genetics has become an ally to answer several questions that have arisen. Therefore, in order to clarify how the *ACE2* gene genetics is related to the pandemic, this work was developed through an integrative review. In this work, it can be highlighted how the high frequencies of mutations in the virus (SARS-Cov-2) as well as

levels of expression and polymorphism in the *ACE2* gene influenced both the infection and the variation of severity of cases of the disease. However, there are still certain disagreements among researchers, showing that more scientific research is needed in the field of human genetics regarding factors related to the clinical variability of COVID-19.

**KEYWORDS:** *ACE2*. SARS-CoV-2. Symptoms. Polymorphisms. Expression.

## 1 | INTRODUÇÃO

Um novo Coronavírus, denominado SARS-CoV-2 (coronavírus relacionado à síndrome aguda grave 2), foi descoberto em 2019 na China, em Wuhan (ZHOU *et al.*, 2020). Com isso, em 2020, uma pandemia de COVID-19 (doença do coronavírus) se instalou no planeta e levou a uma crise sanitária e humanitária, testando a espécie humana em várias dimensões (LIMA; BUSS; PAES-SOUSA, 2020).

A pandemia ampliou as tensões dilacerantes da organização social do nosso tempo. Dessa maneira, colocou a todos diante do espelho e com isso se revelou um mundo que atravessa por muitas crises e carente de mudanças. A pandemia da COVID-19 evidenciou uma profunda mudança nas relações entre espaço, tempo e doenças infecciosas. Percebeu-se que o mundo estava mais vulnerável à ocorrência e à disseminação global, tanto de doenças conhecidas, como de novas. A integração das economias em todo o planeta permitiu um grande aumento de circulação de pessoas e de mercadorias, promoveu o uso intensivo e não sustentável dos recursos naturais e acentuou mudanças sociais favoráveis ao contágio das doenças infecciosas (LIMA; BUSS; PAES-SOUSA, 2020).

Uma das peculiaridades do SARS-CoV-2 é possuir grande diversidade do espectro clínico da infecção, abrangendo infecção assintomática, doença leve do trato respiratório superior, pneumonia viral grave com insuficiência respiratória e até morte (ZHOU F *et al.*, 2020). E um dos principais fatores que influenciam a gravidade da infecção de um vírus específico são os receptores de entrada celular. Por esse motivo, o gene *ACE2* (enzima conversora de angiotensina 2) vem sendo bastante relacionado aos acometimentos da COVID-19, pois, por ser um receptor celular, sofre interação com uma proteína do SARS-CoV-2, permitindo assim que esse vírus adentre e contamine as células humanas (SCIALO *et al.*, 2020).

Em razão disso, torna-se necessária a continuação de maiores estudos a respeito de como o vírus infecta e acomete as pessoas, pois, como citado anteriormente, há grande variação do espectro clínico, dificultando o desenvolvimento de um protocolo de tratamento rápido e eficaz para todos. Além disso, outro desafio é que cada nova mutação descoberta tende, por consequência, a gerar um aumento do índice de contaminados, principalmente quando as medidas de prevenção não são realizadas de maneira correta.

## 2 | OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão bibliográfica sobre a influência do gene *ACE2* no aumento da suscetibilidade às formas graves da COVID-19.

### 2.2 Objetivos específicos

- Descrever as associações entre o gene *ACE2* e a COVID-19 encontradas na literatura;
- Analisar se as variações nas taxas de expressão do gene *ACE2* e polimorfismos deste gene influenciam na gravidade dos sintomas da COVID-19.

## 3 | METODOLOGIA

Para este estudo foi adotada uma metodologia de revisão integrativa da literatura. De acordo com Silveira (2005), esse tipo de revisão tem como finalidade reunir e sintetizar o conhecimento científico já produzido sobre o tema estudado, avaliando as evidências disponíveis. Segundo Mendes, Silveira e Galvão (2008), tal revisão deve obedecer às seguintes regras:

- Identificação do tema e seleção da questão de pesquisa;
- Estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos ou busca na literatura;
- Definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados;
- Avaliação dos estudos selecionados na revisão integrativa;
- Interpretação dos resultados;
- Apresentação do resultado/síntese do conhecimento.

Sendo assim, neste trabalho foram selecionados artigos obedecendo os seguintes critérios de inclusão e exclusão, sendo:

Critérios de inclusão:

- Estudos que estivessem investigando a genética interligada ao gene *ACE2* relacionado à COVID-19;
- Fornecessem dados sobre o gene *ACE2*, que é o gene em foco no trabalho;
- Respeitassem os critérios atribuídos na busca seguindo a tabela 1.

Critérios de exclusão:

- Estudos de revisão bibliográfica;
- Estudos que não se enquadraram ao tema proposto;

- Artigos que estivessem fora do período estipulado (2019 a 2022), visto que a pandemia teve surgimento em 2019;
- Língua diferente do inglês;
- Artigos que estivessem duplicados na busca.

Após a busca das palavras chaves (sem a implementação dos métodos booleanos) no banco de dados da Plataforma gratuita *Pubmed*, que armazena artigos científicos da área médica desenvolvidos e mantidos pelos Estados Unidos da América, foram encontrados 38 artigos. Depois foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, restando 05 artigos, os quais foram utilizados nesta pesquisa, conforme mostra a tabela 1.

PALAVRAS-CHAVE	CRITÉRIOS ATRIBUÍDOS	Nº DE ARTIGOS ENCONTRADOS	Nº DE ARTIGOS SELECIONADOS
<i>ACE2</i> , receptor	Texto completo gratuito, inglês, 2019 a 2021, artigo de ensaio clínico	12	01
<i>ACE2</i> and covid19 and polymorphism	Texto completo gratuito, inglês, 2019 a 2022, artigo de ensaio clínico e de estudo comparativo	05	02
<i>ACE2</i> , COVID	Texto completo gratuito, inglês, 2019 a 2022, artigo de ensaio clínico	20	02
<i>ACE2</i> , mutation	Texto completo gratuito, inglês, 2019 a 2022, artigo de ensaio clínico	01	Não selecionado

Tabela 1: Representação da realização da busca de artigos no banco de dados PubMed.

Fonte: A autora, 2022.

## 4 | CONTEXTUALIZAÇÃO SOBRE A COVID-19

### 4.1 Histórico da doença

Em fevereiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) nomeou a doença como Doença do Coronavírus 2019 (COVID-19) (LAUXMMAN, SANTUCCI, AUTRÁN-GOMÉZ, 2020). No dia 30 de janeiro de 2020, a OMS declarou o surto de COVID-19 na China como uma Emergência de Saúde Pública de Preocupação Internacional, representando um alto risco para países com sistemas de saúde vulneráveis (SOHRABI *et al.*, 2020). Em maio do mesmo ano, havia um total de 5.715.077 casos confirmados em todo o mundo, incluindo 352.912 mortes, comprovando o alto teor de transmissão, conforme mostrado na figura 1 (FENG *et al.*, 2020).

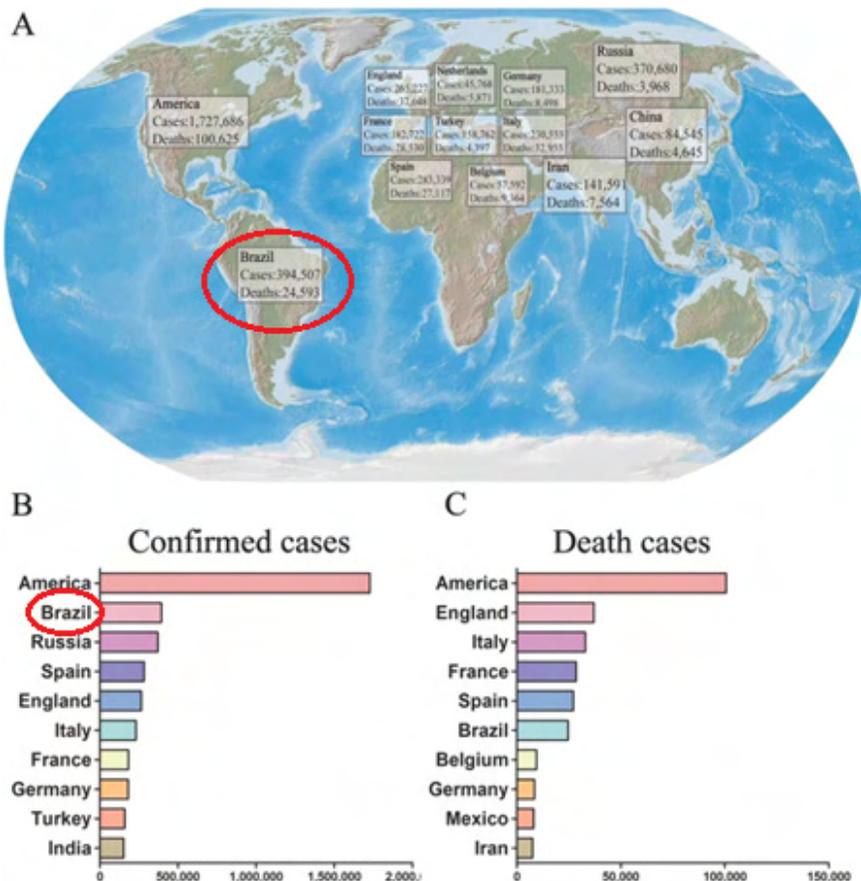


Figura 1: A: Mapa indicando casos confirmados e mortes pelo mundo em maio de 2020. B: Casos confirmados pelo mundo. C: Número de mortos pelo mundo.

Fonte: Modificada de FENG *et al.*, 2020.

Em 2021, mais de 100 milhões de pessoas em mais de 210 países foram confirmadas como infectadas e 2 milhões de pessoas morreram de COVID-19 (WANG *et al.*, 2021). Em específico, no Brasil, no mês de março de 2022, de acordo com o “Painel Coronavírus”, o número de pessoas infectadas chegou a 29.573.112 casos, sendo 656.798 óbitos (BRASIL, 2022).

## 4.2 Caracterização do vírus SARS-CoV-2

O agente causador da COVID-19, o vírus SARS-CoV-2, possui genoma formado por RNA fita simples de sentido positivo (RNA+), devido à sua direção 5'-3', o que permite ser lido com rapidez pelas estruturas celulares durante a replicação viral e produção de proteínas virais (UZUNIAN, 2020). O vírus SARS-CoV-2 pertence a ordem Nidovirales, família Coronaviridae e subfamília Coronavirinae (SCHOEMAN; FIELDING, 2019), além

de fazer parte do gênero *Betacoronavirus* (REHMAN et al., 2020), conforme descrição taxonômica ilustrada na figura 2.

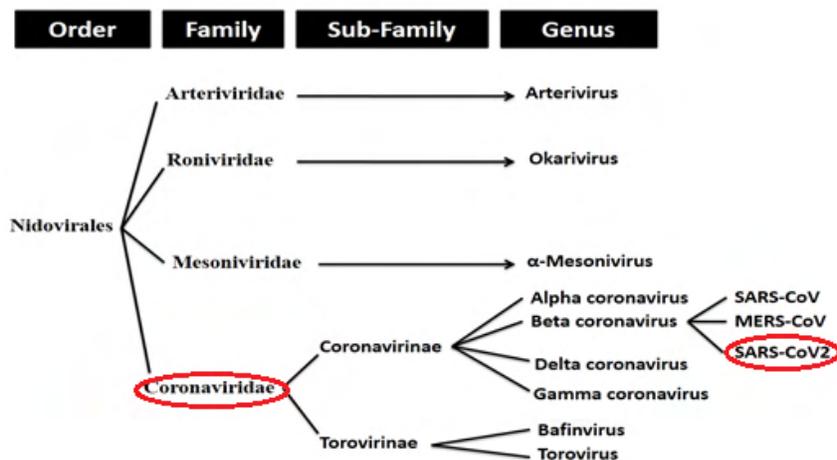


Figura 2: Classificação do Coronavírus.

Fonte: Modificada de Rehman *et al.*, 2020.

O genoma CoV codifica quatro essenciais proteínas, sendo a principal a proteína tipo S (*Spike*), estrutura responsável por reconhecer o receptor celular, usado pelo vírus para infectar um alvo. Além disso, durante a infecção, tal proteína representa um importante fator de virulência, pois está associada à maioria dos efeitos citotóxicos que levam a degeneração das células infectadas. Outros fatores importantes são sua necessidade de se adaptar ao hospedeiro humano, sendo a sequência do genoma viral que a codifica altamente mutável (ALBUQUERQUE; SILVA; ARAÚJO, 2020).

Como previamente citado, esse vírus possui genoma de RNA sentido (+). Assim, depois de entrar em uma célula, esse genoma se comporta como um RNA mensageiro, sendo utilizado para produção de proteínas virais em ribossomos das células. Além disso, o vírus conta com o auxílio da enzima da RNA polimerase celular, que produz RNA negativo (RNA-) a partir do RNA positivo (RNA+). E, por meio desse RNA negativo, novos RNAs positivos são criados, os quais idênticos ao RNA positivo original, assim infectando inúmeras células de um mesmo hospedeiro (UZUNIAN, 2020).

Na figura 3, pode-se observar as estruturas do vírus, onde estão representados: A proteína do envelope (E), proteína de membrana (M), proteína *Spike* (S), proteína do nucleocapsídeo (N) e o material genético (LIMA et al., 2020).

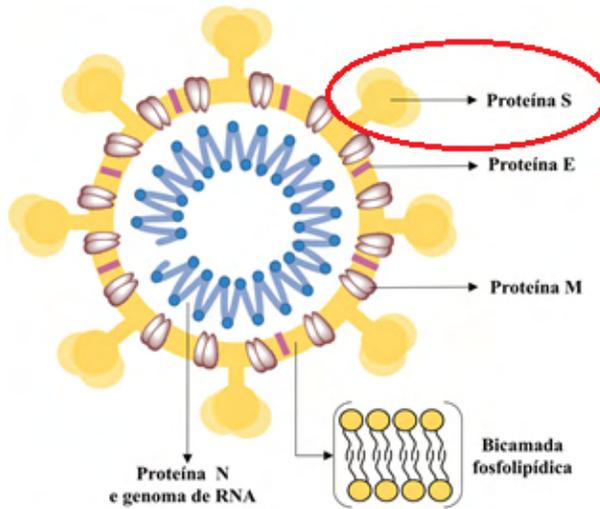


Figura 3: Esquemática da estrutura viral.

Fonte: Modificada de LIMA *et al.*, 2020.

Essa proteína *Spike* (S) é de grande importância para infecção viral e para estudos de futuras vacinas, pois se trata da região de domínio do receptor (RBD), a qual tem a função de conectar e permitir a entrada do vírus na célula hospedeira, como se fosse um modelo chave e fechadura (DUARTE, 2021). Essa proteína é trimérica e possui duas subunidades, sendo estas: S1 com terminal amino tendo a função de ligação ao receptor celular e a S2 com terminal carboxila com a função da entrada viral (LIMA; SOUSA; LIMA, 2020), ilustradas na figura 4. Há vários epítomos de ligação e neutralização nessa proteína de CoVs (QIU *et al.*, 2020) e cada conformação dessa estrutura é importante para se compreender e avaliar o seu mecanismo de ação (DUARTE, 2021), o que torna a proteína S um antígeno essencial para o projeto de vacinas (QIU *et al.*, 2020).

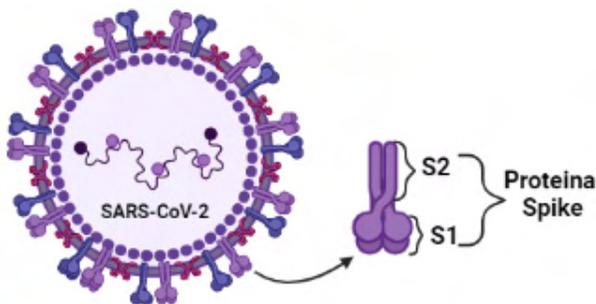


Figura 4: Esquemática da proteína *Spike* com suas subunidades S1 e S2.

Fonte: A autora, 2022.

### 4.3 Origem de contágio da covid até a transmissão em massa

Os Coronavírus estão comumente presentes em animais, como camelos, gatos e morcegos. No entanto, apesar do SARS-CoV-2 ter relação com morcego e com o animal chamado pangolim (*Manis spp.*), encontrado em regiões da Ásia, nenhum dos SARS-CoVs existentes indica um ancestral direto. De acordo com uma análise comparativa do genoma, o SARS-CoV-2 era 96 % semelhante ao vírus presente nos morcegos e, com pesquisas mais recentes, o resultado apontou 99 % de semelhança com o vírus encontrado nos pangolins (FENG *et al.*, 2020).

Algumas regiões do vírus indicam que o SARS-CoV-2 pode ser um vírus recombinante, ou seja, pode ser uma estrutura evoluída do SARS-CoV semelhante à do morcego e com RBD igual à do pangolim. O morcego é o principal reservatório de SARS-CoV e os pangolins que estavam contaminados pelo vírus foram capturados no centro de contrabando. Logo, é possível que o vírus presente no pangolim tenha se originado em decorrência do vírus no morcego, sendo um produto da recombinação dos vírus que infectam esses animais (LAU *et al.*, 2020).

Inicialmente, os primeiros casos de contágio pelo SARS-CoV-2 relatados na China tiveram relação com o mercado aberto de animais silvestres, sugerindo assim que a primeira contaminação foi de animais para pessoas e posteriormente de uma pessoa para a outra, visto o número crescente de pessoas contaminadas que não tiveram exposição ao mercado de animais (BRASIL, 2020), como podemos observar na figura 5.

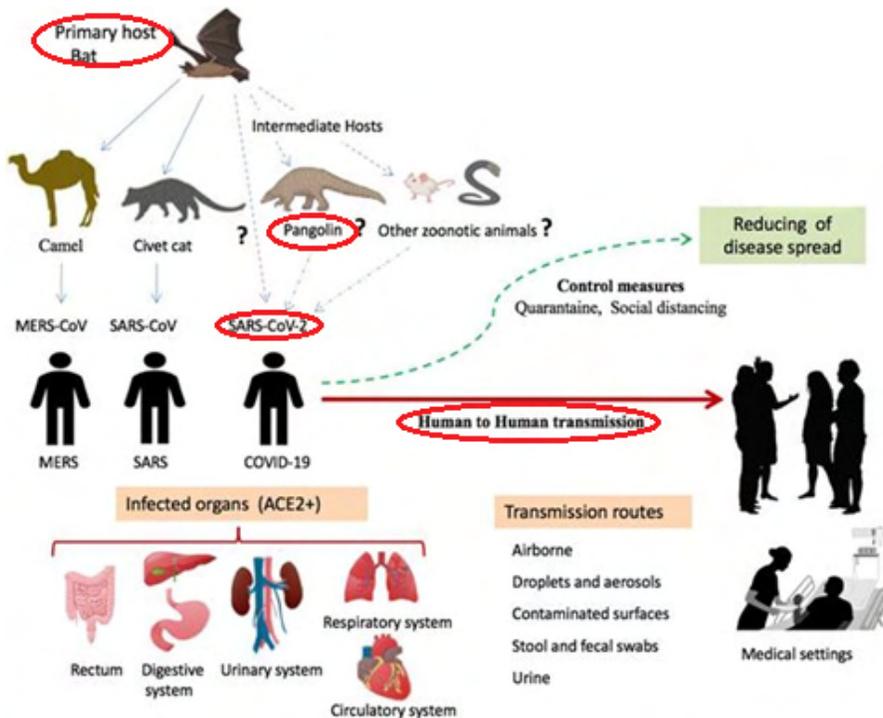


Figura 5: Esquematização das vias de contaminação.

Fonte: Modificada de TIZAOUI *et al.*, 2020.

Acredita-se que as primeiras contaminações por outros vírus dessa família ocorreram devido ao espalhamento das gotículas de saliva contaminadas durante o espirro ou tosse, como foi o caso do coronavírus da Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS-CoV) e o coronavírus da Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS-Cov) (BRASIL, 2020). Já as primeiras contaminações da COVID-19 em humanos têm relação com sua região RBD ser semelhante ao do SARS-CoV (LAU *et al.*, 2020). Ambos utilizam a ACE2 para infectar as células, visto que o RBD deles possui afinidade com o ACE2 dos humanos (WALLS *et al.*, 2020). No entanto, ainda não foi possível identificar como ocorreu o primeiro contágio, dado que as primeiras pessoas infectadas com a COVID-19 relataram não ter frequentado o mercado (LAU *et al.*, 2020).

Por esse motivo, ainda permanece a necessidade de estudos de vigilância em morcegos, para que se consiga identificar a possível origem e o caminho evolutivo da doença (LAU *et al.*, 2020). Por consequência da compreensão incompleta do mecanismo patogênico do vírus, é difícil para os humanos lutarem contra o patógeno de forma rápida e eficaz (FENG *et al.*, 2020).

Em uma pesquisa na China (na província de Shandong), realizaram a técnica de reação em cadeia de polimerase com transcriptase reversa de fluorescência em tempo real

(RT-PCR) para detectar RNA de SARS-CoV-2 em *swabs* de garganta e amostras fecais de crianças. Com isso, relataram que a eliminação do SARS-CoV-2 no trato respiratório ocorreu dentro de duas semanas após a redução da febre, enquanto o RNA viral permaneceu positivo nas fezes dos pacientes pediátricos por mais de 4 semanas. Confirmando assim que o vírus sobrevive em meio fecal por longo período (XING *et al.*, 2020).

Outra descoberta foi na França, onde encontraram o vírus em meio a água não potável e em esgotos, logo o meio aquático seria uma outra maneira de transmissão do vírus. Também há relatos de que o epitélio conjuntival humano é suscetível a contaminação por aerossóis, que são partículas imperceptíveis ao olho nu. Já a transmissão vertical entre mãe e filho (recém-nascidos) ainda está em análise, pois não houve consenso entre os pesquisadores (FENG *et al.*, 2020).

Mediante a isso, a COVID-19 passou a ser temida, pois várias novas notícias foram surgindo indicando casos semelhantes ao redor do mundo em conjunto com o nítido crescimento no número de contaminados. Dessa maneira, causando grande impacto na saúde e economia mundial (FENG *et al.*, 2020).

#### 4.4 Principais sintomas da Covid-19

Sabe-se que o SARS-CoV-2 possui altas frequências de mutações, o que aumenta a probabilidade de surgimento de novas cepas que possam escapar das defesas imunológicas, aumentando as chances de propagação viral e aumento de transmissão da doença nas populações. Novas mutações também podem aumentar a possibilidade de surgimento de cepas mais virulentas, o que pode impactar no aumento do número de mortes causadas pela SARS-CoV-2.

Foi observado que em alguns casos da doença, devido a barreira imunológica natural, o vírus pode permanecer retido nas vias respiratórias onde ocorreu o seu primeiro contato no organismo de um indivíduo. Contudo, em vários outros casos, foi observada a capacidade de infectar diferentes partes do corpo, pois ao superar as respostas imunológicas e avançar para além do trato respiratório, o vírus pode gerar infecções pró-inflamatórias que irão auxiliar na progressão desta doença (ALBUQUERQUE; SILVA; ARAÚJO, 2020).

Como a expansão pelo corpo pode ser vasta, os sintomas também podem ser, pois estão intimamente interligados com o local acometido. Em geral, o SARS-CoV-2 causa mais sintomas graves em neonatos, idosos e indivíduos com doenças pré-existentes, com maior incidência de infecção do trato respiratório inferior nesses pacientes e com manifestação entre 2 a 14 dias da exposição viral (ALBUQUERQUE; SILVA; ARAÚJO, 2020). Entretanto, cerca de 50 % dos pacientes infectados não apresentam sintomas clássicos, o que facilmente acarreta um falso diagnóstico clínico negativo (FENG *et al.*, 2020).

Na maior parte dos indivíduos adultos sintomáticos infectados, as queixas mais frequentes são: falta de ar, falta de apetite e diarreia. Contudo, também há relatos de manifestações cutâneas e falência de múltiplos órgãos, sendo esse o pior dos casos.

As crianças, apesar de possuírem baixa taxa de infecção pelo SARS-CoV-2, não estão imunes a contrair esse vírus. Nelas, os sintomas de infecção são relativamente leves e o diagnóstico não é fácil de ser concluído. Portanto, as crianças que entram em contato com grupos de alto risco devem ser monitoradas e isoladas para detecção e intervenção precoces (FENG *et al.*, 2020).

O principal achado clínico associado a uma evolução grave do paciente com COVID-19 é a presença de dispneia (falta de ar), presença de leucocitose com neutrofilia (quantidade anormal de glóbulos brancos no sangue), linfopenia (baixa quantidade de linfócitos/células de defesa), trombocitopenia (baixo nível de plaquetas) e elevação nas taxas de vários marcadores bioquímicos que sugerem lesão de órgãos. A presença de febre não está interligada notoriamente com os estados mais graves, pois aparece em outros níveis de sintomas. Uma informação importante é que o exame de tomografia computadorizada do tórax mostrou-se importante para a estratificação de risco, o que auxilia na escolha da melhor estratégia de tratamento para cada paciente, de acordo com o nível de acometimento pulmonar. Assim, quando esse exame de imagem é realizado de forma precoce há impacto positivo no prognóstico (CARVALHO *et al.*, 2020).

Outros sintomas relatados são cefaleia (dores de cabeça), mialgia (dores musculares), diarreia (indicando acometimento do trato intestinal) e aperto no peito associado à dispneia. Vale lembrar que a progressão dos sintomas pode ser rápida, saindo do brando para o severo de forma drástica. No entanto, a fisiopatologia envolvida com esse progresso ainda precisa ser melhor compreendida (WANG *et al.*, 2020).

Além dos sintomas retratados previamente, Tanigawa e Rivas (2020) sugerem um papel importante de polimorfismos genéticos do hospedeiro frente à infecção por COVID-19, como, por exemplo, variantes em genes que participam da regulação da resposta imune no risco de contágio e no desenvolvimento de quadro clínico grave por infecção por SARS-CoV-2.

## 5 | COMO A GENÉTICA PODE INTERFERIR NAS DOENÇAS

Técnicas de genética que detectam variações genômicas são de grande importância na área da saúde. Existe uma variedade de aplicações no uso de técnicas, tais como o uso de sequenciamento de genomas de agentes patogênicos para estudo e investigação de virulência, identificação de mutações patogênicas que causam doenças genéticas para concluir diagnósticos, além da identificação de polimorfismos genéticos associados com aumento de suscetibilidade a infecções ou ao aumento de gravidade de sintomas.

Do ponto de vista clínico, essas informações têm duas amplas aplicações, sendo: modificar os cuidados médicos prestados ao indivíduo e aconselhamento genético. Sendo assim, as pesquisas do genoma podem trazer melhores entendimentos em várias situações (CASTIEL *et al.*, 2006).

Os polimorfismos são as formas mais frequentes de alterações na sequência de DNA encontrada no genoma humano. E embora mais de 99 % dos humanos possuam sequências de DNA que são as mesmas em toda a população, as pequenas variações, além de proporcionarem as variações fenotípicas observadas nos indivíduos, também podem ter um grande impacto sobre a forma como os seres humanos respondem a doenças, bactérias, vírus, toxinas, produtos químicos, drogas e outras terapias (FREITAS; OLIVEIRA, 2009).

Pesquisas com múltiplos pacientes e suas variantes genéticas são muito importantes, pois os dados agregados podem mostrar vias do metabolismo e tendências nas respostas mais graves, ou leves, que levam a descobertas de medicamentos que podem ajudar, ou devem ser evitados na COVID-19. Hoje temos mais clareza das influências da genética tanto do próprio coronavírus como dos fatores de risco genéticos dos pacientes infectados (LEVI; YAMAMOTO, 2021).

## 6 I ASPECTOS GERAIS DO GENE *ACE2*

O gene *ACE2* está localizado no cromossomo Xp22 (contendo 18 éxons) e codifica a proteína ACE2. Essa proteína detém como principal função a degradação da Angiotensina I (Ang-I) para Angiotensina 1-9 (Ang 1-9) e a degradação da Angiotensina II (Ang-II) para Angiotensina 1-7 (Ang 1-7) (PATEL *et al*, 2014). A proteína ACE2 também possui outras funcionalidades fisiológicas, como a atuação catalítica em substratos específicos, participação no transporte de aminoácidos, atuando na regulação negativa do sistema renina-aldosterona (atuando como metalopeptidases de zinco). Quando ocorre alguma alteração nesse gene, os níveis de Ang II podem se alterar e subir, assim a função cardíaca pode sofrer algum tipo de redução. Outra característica da proteína ACE2 é que ela possui o domínio C-terminal homólogo a uma proteína renal, a colecrina, que regula o tráfego de transportadores de aminoácidos para a superfície celular. Essa multiplicidade de funções fisiológicas que o *ACE2* desempenha permitiu que ele fosse “sequestrado” pelo SARS-CoV-2 como receptor, resultando na pandemia (GHEBLAWI *et al.*, 2020).

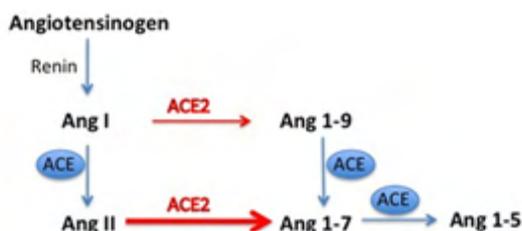


Figura 6: Esquematização da atuação do *ACE2* no sistema renina-angiotensina.

Fonte: Modificada de PATEL *et al*, 2014.

O *ACE2* é expresso por diversas células do corpo humano, incluindo células endoteliais, renais, miocárdicas, hepáticas e pulmonares. Essa proteína é solúvel (sACE2) e é liberada na circulação em indivíduos saudáveis e em pacientes com doenças crônicas estáveis, desse modo, o nível de sACE2 provavelmente reflete a expressão e a disponibilidade de ACE2 no nível celular (WALLENTIN *et al.*, 2020). Inclusive, níveis reduzidos de ACE2 cardíaco foram relatados na hipertensão e na doença cardíaca diabética (GHEBLAWI *et al.*, 2020). No entanto, ainda há um conhecimento limitado a respeito da expressão e níveis circulantes de sACE2 em humanos (WALLENTIN *et al.*, 2020).

## 6.5 Gene *ACE2* e sua ligação com a Covid-19

Entender os mecanismos pelos quais alguns indivíduos são mais suscetíveis à infecção por SARS-CoV-2 e por que um subgrupo deles está sujeito a pneumonia grave e morte deve levar a uma abordagem melhor e a tratamentos mais eficazes para a COVID-19 (SCIALO *et al.*, 2020).

Sendo assim, o principal gene que está interligado à variação dos níveis de virulência e dos sintomas é o gene *ACE2*. Esse gene está presente no trato respiratório (células epiteliais dos alvéolos, traqueia, brônquios), células endoteliais das artérias, veias, mucosa dos intestinos, células tubulares dos rins, túbulos renais, neurônios cerebrais e células imunes, assim favorecendo uma vasta variedade de células suscetíveis ao vírus (SONG *et al.*, 2019). Desse modo, fornece uma explicação do porquê alguns pacientes acometidos com a COVID-19 morrem de múltipla falha dos órgãos (ALBUQUERQUE; SILVA; ARAÚJO, 2020).

O SARS-CoV-2 se liga à ACE2 por meio de sua proteína de pico (RIVELLESE; PREDILETTO, 2020). Estudos recentes revelaram que tanto o SARS-CoV quanto o SARS-CoV-2 compartilham o mesmo receptor de célula hospedeira para o *ACE2*. E através disso, por meio da quantificação cinética dessa interação entre o vírus e receptor, perceberam que a interação do SARS-CoV-2 chega a ser até 20 vezes maior em comparação à interação com SARS-CoV (WRAPP *et al.*, 2020).

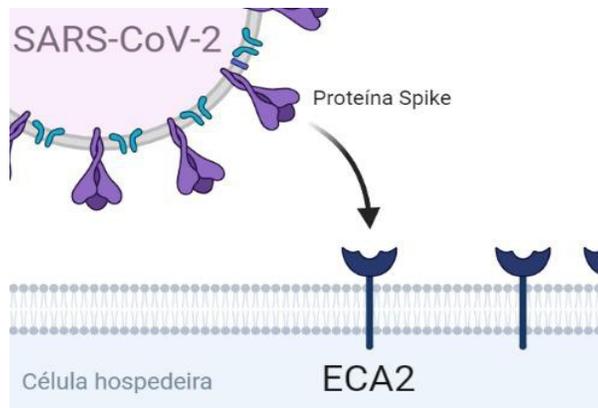


Figura 7: Representação da interação entre proteína S com a proteína receptora ECA2.

Fonte: A autora, 2021

A angiotensina II ao se ligar a um receptor em específico é responsável, dentre outras funções, pela vasoconstrição. Devido a esse problema, muitas pessoas são medicadas com anti-hipertensivos. Esses medicamentos são bloqueadores da ECA (enzima que converte angiotensina I em angiotensina II) e, com isso, aumentam os níveis de ACE2 (enzima que converte angiotensina II em angiotensina 1-7). Logo, surgiu uma preocupação em relação ao uso desses medicamentos em pacientes com a COVID-19, porém tal preocupação não é corroborada pelas evidências atuais (RIVELLESE; PREDILETTO, 2020).

Pelo fato de a angiotensina II ter características pró-hipertensivas, podendo ativar as células do sistema imunológico, como macrófagos, induzindo respostas inflamatórias, ela passou a estar interligada ao desenvolvimento da lesão pulmonar inflamatória. Portanto, a inativação da angiotensina II pela ACE2 passou a ser vista como um efeito protetor (RIVELLESE; PREDILETTO, 2020). No entanto, como o ACE2 fornece um caminho para o SARS-CoV-2 invadir o corpo, ele aumenta a chance de infecção viral (CHENG; WANG; WANG, 2020).

O prognóstico de pacientes gravemente enfermos com COVID-19 pode estar relacionado à diminuição da atividade da ACE2 em pacientes idosos com doenças crônicas subjacentes (hipertensão, diabetes, doenças cardiovasculares etc.). A infecção por SARS-CoV-2 reduz a atividade de ACE2 e o consumo de receptor, exacerbando ainda mais os mecanismos fisiopatológicos, como o desequilíbrio da regulação angiotensina II (CHENG; WANG; WANG, 2020).

## 7 | POLIMORFISMOS E NÍVEIS DE EXPRESSÃO DO GENE ACE2 E SUA RELAÇÃO COM A COVID-19

Em função da possível influência da proteína ACE2 no desenvolvimento da COVID-19, vários estudos foram realizados investigando essa proteína e o coronavírus. Um deles foi

realizado por Wallentin *et al.* (2020), que avaliaram se existia correlação entre os níveis de ACE2 liberado na circulação sanguínea com fatores clínicos e variabilidade genética em casos graves da COVID-19. Acredita-se que níveis plasmáticos mais altos de sACE2 podem refletir uma expressão celular mais alta de ACE2. Foi observado que níveis mais elevados de sACE2 estavam associados ao sexo masculino, doenças cardiovasculares, diabetes e idade avançada (os quais são fatores de risco para COVID-19). Além disso, houve uma tendência do aumento do nível de sACE2 em pacientes que utilizavam medicamento inibidor do ECA (ACE) ou bloqueador do receptor de angiotensina, podendo contribuir assim para maior acometimento da COVID-19.

Corroborando com esse estudo anterior, na Holanda, uma pesquisa realizada por De Ligt *et al.* (2021), indicou que quanto maior a taxa de expressão do ACE2 no tecido adiposo maior será a disseminação do vírus. Assim, por consequência, pacientes com obesidade acabam sendo acometidos pelo SARS-CoV-2 massivamente. Nesse estudo, 11 homens obesos saudáveis (sem outros tipos de doenças ou histórico familiar de doenças) participaram da pesquisa, a qual teve como condições de tratamento 30 dias de placebo e 30 dias de 150mg/dia do medicamento trans-resveratrol. Ao final, concluíram que, após o tratamento, os níveis de expressão do ACE2 no tecido adiposo reduziram cerca de 41 %. Sendo assim, a redução da taxa de expressão pode ser benéfica contra a suscetibilidade humana à COVID-19, principalmente para indivíduos com obesidade, uma vez que a suplementação de resveratrol pode torná-los menos suscetíveis à doença. No entanto, é importante estudar o impacto do resveratrol na expressão do gene ACE2 e estudos futuros devem investigar qual a dose tem o efeito mais pronunciado na expressão de ACE2.

Nos Estados Unidos (nos estados de Ohio e Flórida), uma pesquisa feita na Cleveland Clinic Health System contou com a participação de 27.659 indivíduos (sendo 8.361 positivos para COVID-19), os quais foram testados entre 8 de março e 27 de julho de 2020. Essa pesquisa teve como foco principal investigar as diferenças sexuais na suscetibilidade e gravidade da infecção por SARS-CoV-2, combinando observações de dados de pacientes em larga escala de um registro de COVID-19 e análise ômica multimodal de células únicas de amostras de pacientes com COVID-19 com diferentes graus de gravidade da doença. Assim, realizaram diferentes análises, sendo uma delas sobre os níveis de expressão do ACE2 (HOU *et al.*, 2021).

HOU *et al.* (2021) concluíram que células epiteliais tinham níveis de expressão do ACE2 mais elevados do que células autoimunes em homens e mulheres. E que tanto o gene ACE2 como *TMPRSS2* e *FURIN* possuíam níveis de expressão maior em células escamosas (epiteliais) de pacientes do sexo masculino com COVID-19 em comparação com pacientes do sexo feminino. Além disso, o gene ACE2 é significativamente co-expresso com o *TMPRSS2* (Protease Transmembranar Serina 2), *FURIN* (enzima protease) e *NRP1* (proteína neuropilina 1) em homens, mas não significativamente co-expresso em mulheres. Todos os genes citados contribuem de forma uma maneira especial para a entrada do vírus

nas células hospedeiras, por isso sua importância.

Adentrando no quesito polimorfismos, Srivastava *et al.* (2020) realizaram um estudo comparativo analisando a sequência do gene *ACE2* entre 393 amostras sul asiáticas com relação à outras populações mundiais (as quais estavam previamente publicadas). Os pesquisadores selecionaram esse grupo populacional devido às peculiaridades que eles possuem, como ser uma população que abriga uma variedade de grupos populacionais endogâmicos e possuem em sua maioria um genoma autóctone.

Assim, uma importante conclusão do estudo foi que as amostras do Sul da Ásia compartilham com os Eurasianos (Europa + Ásia) do Leste dois tipos de polimorfismos únicos, rs4646120 e rs2285666, ambos corroborando para o aumento da suscetibilidade a doença, visto que estudos recentes correlacionaram esses polimorfismos à redução de até 50 % da expressão do *ACE2* e essa redução estaria colaborando para uma infecção mais grave da COVID-19. Logo, é provável que essa suscetibilidade ao SARS-CoV-2 seja mais semelhante entre os sul-asiáticos com os eurásianos orientais do que com os eurásianos europeus, visto que geneticamente ambos são semelhantes (SRIVASTAVA *et al.*, 2020).

No entanto, na Itália, pesquisadores utilizaram dados de exoma e SNP-array para realizar a comparação das variantes raras e a frequência de polimorfismos entre os nativos (italianos), europeus e asiáticos. Também examinaram bancos de dados de expressão gênica para realizar a comparação da expressão do gene *ACE2* nos sexos masculino e feminino. Vale lembrar que genes do cromossomo X podem sofrer silenciamento genético devido a dosagem alélica dupla que existem nas mulheres, mas o *ACE2* é um dos genes que escapam da inativação do X, mostrando um padrão heterogêneo de expressão masculino-feminino (ASSELTA *et al.*, 2020).

Tais análises foram feitas com a população no geral, visto que no estudo não foram relatados a inclusão de critérios de seleção da população amostral. E ao final, após correlacionar seus dados com os dados de outros estudos os quais foram utilizados como dados de comparação, os pesquisadores não conseguiram encontrar nenhuma evidência significativa de que o *ACE2* está interligado ao viés sexual e a gravidade da doença. Apesar disso, salientaram a importância de maiores avaliações sobre os níveis de *ACE2* no pulmão para correlacionar ou não com a suscetibilidade e a gravidade da COVID-19 (ASSELTA *et al.*, 2020).

## 8 | RECURSOS TERAPÊUTICOS

Além da detecção e diagnóstico precoce da doença, o tratamento rápido é fundamental para uma boa recuperação. Desde o início da pandemia, várias instituições de pesquisa se voltaram em prol de uma rápida descoberta de possíveis medicamentos contra o vírus (FENG *et al.*, 2020).

Como já dito durante os tópicos anteriores, alguns estudos demonstraram que

o ACE2 é o receptor para o SARS-CoV-2, sendo, portanto, um alvo na terapia dessa doença (FENG *et al.*, 2020). No entanto, terapias que visam atingir o ACE2 com agentes bloqueadores podem ser igualmente prejudiciais, com o risco de agravar uma situação já precária (RIVELLESE; PREDILETTO, 2020).

Uma importante terapia existente, mas ainda em fase de estudos, tem como base o uso da Enzima Conversora de Angiotensina Solúvel Recombinante Humana-2 (hrsACE2), que é uma forma da ACE2 geneticamente modificada. Desse modo, compete com o sítio de ligação da ACE2, evitando que o SARS-CoV-2 se conecte e entre na célula. Um exemplo de hrsACE2 é a APN001, que foi desenvolvida pela Apeiron Biologics, podendo então minimizar a lesão pulmonar e as disfunções de múltiplos órgãos. Entretanto, houve efeitos colaterais como hipotensão e lesão renal aguda. Como em qualquer medicamento emergente, mais pesquisas são necessárias para revelar o potencial do hrsACE2 como um recurso terapêutico sólido (EL-AZIZ; AL-SABI; STOCKAND, 2020).

Há também medicamentos, tais como Lopinavir, Ritonavir e Remdesivir, que demonstraram controle sobre o SARS-CoV-2 (FENG *et al.*, 2020). No caso do Lopinavir e do Ritonavir, não houve nenhuma eficácia benéfica adicional, além de ocasionar episódios frequentes de diarreia grave em pacientes com a COVID-19. Algumas lesões hepáticas associadas ao acometimento grave da doença (COVID-19) podem hipoteticamente prejudicar a ação das enzimas metabólicas envolvidas no metabolismo do Lopinavir e Ritonavir, resultando em uma baixa tolerância ao medicamento. Caso ainda esses medicamentos sejam considerados uma opção terapêutica, serão necessários maiores estudos para uma dose administrada reduzida (BALDELLI *et al.*, 2020).

Vacinas contra a SARS-CoV-2 estão sendo lançadas globalmente. Médicos, comunidade científica e a população podem desejar obter garantias de que a vacinação foi eficaz e quanto tempo a proteção pode durar (EYRE *et al.*, 2021). Com o surgimento de múltiplas variantes do vírus que abrigam mutações na proteína Spike (que é o principal alvo dos anticorpos neutralizantes), levantou-se uma série de preocupações a respeito da eficácia das vacinas (CHEN *et al.*, 2021).

Sabendo-se que as vacinas geram uma resposta imunológica aos antígenos de pico viral, gerando anticorpos anti-pico, um estudo recente utilizando as vacinas Pfizer (BioNTech BNT162b2) e AstraZeneca (ChAdOx1 nCoV-19 - AZD1222) em profissionais da saúde, concluiu que a vacinação leva a anticorpos anti-pico detectáveis em quase todos que participaram do estudo (EYRE *et al.*, 2021). Já em outro estudo, utilizando a vacina CoronaVac em crianças e adolescentes de 03 a 17 anos, concluiu que a vacina foi bem tolerante e segura, induzindo respostas humorais (HAN *et al.*, 2021).

## 9 | CONCLUSÃO

Originalmente da China, a COVID-19 surgiu repentinamente deixando o mundo todo

em extrema preocupação. Em um curto período, diversos países estavam em alerta devido à alta facilidade de transmissão, além do alto teor de virulência, levando muitos a óbito. Por consequência disso, toda comunidade científica entrou em ação em prol de uma possível solução eficaz e rápida. Assim, a área da Genética foi de extrema valia nessas buscas, desde o monitoramento de mutações do vírus (SARS-CoV-2), como cada pessoa reage à doença e até em possíveis recursos terapêuticos, visto que diferentes sintomas e estados clínicos foram relatados ao longo dessa pandemia.

E, por meio do uso de pesquisas em Genética, a comunidade científica comprovou que o vírus é altamente mutável, o que dificulta o controle da doença devido a facilidade de sua disseminação. Também, relatou forte influência genética em certos acometimentos, sendo por causa de alguns polimorfismos específicos, como por exemplo rs4646120 e rs2285666, doenças crônicas e até mesmo alto nível de expressão de alguns genes, os quais facilitam a entrada do vírus às células hospedeiras, podendo citar, como um dos principais e mais relatado, o gene *ACE2*. Esse gene está altamente interligado aos casos ocasionados pela COVID-19 e estudos comprovaram que é devido aos seus polimorfismos e sua alta taxa de expressão, os quais são fatores preponderantes para um acometimento mais agravado da doença. Porém ainda se fazem necessários maiores estudos, pois em alguns casos ainda há falta de consenso entre os pesquisadores, ressaltando a necessidade de uma maior investigação focada na genética humana para combater a pandemia. Também vale salientar que, quando já se sabe previamente dos principais influenciadores no acometimento à suscetibilidade da doença, a perspectiva de uma busca por um resultado mais assertivo se torna mais palpável.

## REFERÊNCIAS

ABD EL-AZIZ, T.M., AL-SABI, A. & STOCKAND, J.D. **Human recombinant soluble ACE2 (hrsACE2) shows promise for treating severe COVID19.** Signal Transduction and Targeted Therapy, 2020. n.258 <https://doi.org/10.1038/s41392-020-00374-6>

ALBUQUERQUE, L P; SILVA, R B; ARAÚJO, R M S. **COVID-19: origin, pathogenesis, transmission, clinical aspects and current therapeutic strategies.** Rev Pre Infec e Saúde. 2020;6:10432. doi: <https://doi.org/10.26694/repis.v6i0.10432>

ASSELTA, Rosanna et al. **ACE2 and TMPRSS2 variants and expression as candidates to sex and country differences in COVID-19 severity in Italy.** Aging, Junho de 2020. v. 12, ed.11, p. 10087-10098. doi:10.18632/aging.103415

BALDELLI, S et al. **Lopinavir/ritonavir in COVID-19 patients: maybe yes, but at what dose?** Journal of Antimicrobial Chemotherapy, 2020. v.75, n. 9, p. 2704–2706, <https://doi.org/10.1093/jac/dkaa190>

BRASIL. **Coronavírus, painel de controle.** 2022. Disponível em: <<https://covid.saude.gov.br/>>. Acesso em: 16 de março de 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolo de manejo clínico para o novo coronavírus (2019-nCoV)**. Brasília - DF, 2020.

CARVALHO et al. **Fatores preditivos para evolução grave em paciente com COVID-19**. Braz. J. Hea. Rev., Curitiba, v. 3, n. 4, p. 10852-10860, jul./ago. 2020. doi:10.34119/bjhrv3n4-342

CASTIEL, L. D. et al. **Os riscos genômicos e a responsabilidade pessoal em saúde**. Revista Panamericana de Salud Pública, v. 19, n. 3, p. 189–197, mar. 2006.

CHEN, Y et al. **Serum neutralising activity against SARS-CoV-2 variants elicited by CoronaVac**. The Lancet Infectious Diseases, 2021. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(21\)00287-5](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(21)00287-5)

CHENG, H; WANG, Y; WANG, G Q. **Organ-protective effect of angiotensin-converting enzyme 2 and its effect on the prognosis of COVID-19**. J Med Virol. 2020. v.92, n.7, p.726-730. doi:10.1002/jmv.25785

DE LIGT, M. et al. **Resveratrol supplementation reduces ACE2 expression in human adipose tissue**. Adipocyte, v. 10, n. 1, p. 408–411, 1 jan. 2021. doi: 10.1080 / 21623945.2021.1965315.

DUARTE, R. **As variantes de SARS-CoV-2: novos desafios para as vacinas**. Fev. 2021. Disponível em: <<https://pebmed.com.br/as-variantes-de-sars-cov-2-novos-desafios-para-as-vacinas/>>. Acesso em: 31 de março de 2021.

EYRE, D et al. **Quantitative SARS-CoV-2 anti-spike responses to Pfizer–BioNTech and Oxford–AstraZeneca vaccines by previous infection status**. Clinical Microbiology and Infection, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2021.05.041>

FENG, W et al. **Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2): a review**. Molecular Cancer. v.19. Jun. 2020. doi: 10.1186 / s12943-020-01218-1.

FREITAS, L; OLIVEIRA, A. **Utilização De Polimorfismos De Base Única (Snps) Na Identificação De Doenças Genéticas**. Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar (V EPCC), 2009. Disponível em: <<http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/6020>>. Acesso em 31 de janeiro de 2022.

GHEBLAWI, M. et al. **Angiotensin-Converting Enzyme 2: SARS-CoV-2 Receptor and Regulator of the Renin-Angiotensin System**. Circulation Research, v. 126, n. 10, p. 1456–1474, 8 maio 2020.

GÓMEZ, J et al. **Angiotensin-converting enzymes (ACE, ACE2) gene variants and COVID-19 outcome**. Gene, 2020. v. 762. doi: 10.1016/j.gene.2020.145102

HAN, B et al. **Safety, tolerability, and immunogenicity of an inactivated SARS-CoV-2 vaccine (CoronaVac) in healthy children and adolescents: a double-blind, randomised, controlled, phase 1/2 clinical trial**. The Lancet Infectious Diseases, 2021. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(21\)00319-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(21)00319-4)

HOU, Y. et al. **Multimodal single-cell omics analysis identifies epithelium–immune cell interactions and immune vulnerability associated with sex differences in COVID-19**. Signal Transduction and Targeted Therapy, v. 6, n. 1, 30 jul. 2021.

LAU, S et al. **Possible bat origin of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2.** Emerging infectious diseases. v. 26. ed.7, p.1542-1547. doi:10.3201/eid2607.200092

LAUXMANN, M; SANTUCCI, N; ASTRÁN-GOMÉZ, A M. **O SARS-CoV-2 Coronavírus e o surto COVID-19.** Int. braz jurol. Rio de Janeiro, v. 46, ed. 1, pág. 6-18, julho de 2020. Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1677-55382020000700006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1677-55382020000700006&lng=en&nrm=iso)>. acesso em 02 de abril de 2021.

LEVI, J; YAMAMOTO, G. **Genética e COVID-19: a relação do vírus com a genética humana.** Geneone, 2021. Disponível em: <<https://geneone.com.br/blog/genetica-e-coronavirus/>>. Acesso em 31 de janeiro de 2022.

LIMA, L; SOUSA, M; LIMA, K. **The genomic discoveries of SARS-CoV-2 and their implications for the COVID-19 pandemic.** J. Health Biol Sci. v.8, ed.1, p.1-9. 2020. doi: 10.12662/2317-3219jhbs.v8i1.3232.p1-9.2020.

LIMA, M et al. **A Química Dos Saneantes Em Tempos De Covid-19: Você Sabe Como Isso Funciona?.** Quím. Nova, São Paulo , v. 43, n. 5, p. 668-678, maio 2020. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170552>.

LIMA, Nísia Trindade; BUSS, Paulo Marchiori; PAES-SOUSA, Rômulo. **A pandemia de COVID-19: uma crise sanitária e humanitária.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 36, n. 7, e00177020, 2020. Epub 24 de julho de 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-311x00177020>

MENDES, Karina; SILVEIRA, Renata; GALVÃO, Cristina. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem.** Texto Contexto Enferm, Florianópolis, 2008 Out-Dez; 17(4): 758-64. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjWs4wHNqNjKJLkXQ/?lang=pt>. Acesso em: 17 de novembro de 2021.

PATEL, et al. **From gene to protein-experimental and clinical studies of ACE2 in blood pressure control and arterial hypertension.** Frontiers In Physiology, junho de 2014. v. 5, p. 227. doi: 10.3389/fphys.2014.00227

QIU et al. **Identification of potential cross-protective epitope between a new type of coronavirus (2019-nCoV) and severe acute respiratory syndrome virus.** J Genet Genomics. 2020. v.47, n.2, p. 115-117. doi:10.1016/j.jgg.2020.01.003

REHMAN, S et al. **Evolutionary trajectory for the emergency of novel coronavirus SARS-CoV-2.** Pathogens. v. 9, ed.3, p. 240. <https://doi.org/10.3390/pathogens9030240>

RIVELLESE; PREDILETTO. **ACE2 at the centre of COVID-19 from paucisymptomatic infections to severe pneumonia.** Autoimmunity reviews, 2020. V. 19, ed. 6. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2020.102536>

SCHOEMAN, D; FIELDING, B. **Coronavirus envelope protein: current knowledge.** Virology Journal. v.16, ed.1, p.69. Maio 2019. doi: 10.1186 / s12985-019-1182-0

SCIALO, et al. **ACE2: The major cell entry receptor for SARS-CoV-2.** Nature Public Health Emergency Colletion, novembro de 2020. v.198, ed. 6, p. 867-877. doi:10.1007/s00408-020-00408-4

SILVEIRA, R. C de C. P. **O cuidado de enfermagem e o cateter de Hickman: a busca de evidências**. Dissertação (Mestrado em Enfermagem) - Universidade de São Paulo, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2005.

SOHRABI et al. **World Health Organization declares global emergency: A review of the 2019 novel coronavirus (COVID-19)**. *International journal of surgery (London, England)*, 2020. vol. 76, p.71-76. doi:10.1016/j.ijsu.2020.02.034

SONG, Zhiqi et al. **From SARS to MERS, Thrusting Coronaviruses into the Spotlight**. *Viruses*. vol. 11,1 59. 14 Jan. 2019, doi:10.3390/v11010059.

SRIVASTAVA, Anshika et al. **Most frequent South Asian haplotypes of ACE2 share identity by descent with East Eurasian populations**. *PloS one*, 2020. v. 15, ed.9. doi:10.1371/journal.pone.0238255

TANIGAWA, Y.; RIVAS, M. **Initial Review and Analysis of COVID-19 Host Genetics and Associated Phenotypes**. Preprints, 2020. doi: 10.20944/preprints202003.0356.v1

TIZAOUI et al. **Update of the current knowledge on genetics, evolution, immunopathogenesis, and transmission for coronavirus disease 19 (COVID-19)**. *Int J Biol Sci* 2020; 16(15):2906-2923. doi:10.7150/ijbs.48812.

UZUNIAN, A. **Coronavírus SARS-CoV-2 e COVID-19**. *Jornal brasileiro de patologia e medicina laboratorial*. v. 56. Set. 2020. <http://dx.doi.org/10.5935/1676-2444.20200053>

WALLENTIN, et al. **Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) levels in relation to risk factors for COVID-19 in two large cohorts of patients with atrial fibrillation**. *Eur Heart J*, setembro de 2020. v. 41, ed. 41, p. 4037-4046. doi:10.1093/eurheartj/ehaa697

WALLS, A et al. **Structure, Function, and Antigenicity of the SARS-CoV-2 Spike Glycoprotein**. *Cell*. v. 181, ed.2, pág. 281-292, 2020. doi:10.1016/j.cell.2020.02.058

WANG et al. **A Method To Prevent SARS-CoV-2 IgM False Positives in Gold Immunochromatography and Enzyme-Linked Immunosorbent Assays**. *Journal of Clinical Microbiology*, 2020. V. 58, ed. 6. doi: 10.1128/JCM.00375-20

WANG et al. **COVID-19 in early 2021: current status and looking forward**. *Sig Transduct Target Ther*, 2021. v.6, 114. <https://doi.org/10.1038/s41392-021-00527-1>

WRAPP, Daniel et al. **Cryo-EM structure of the 2019-nCoV spike in the prefusion conformation**. *Science*, (New York, N.Y.), 2020. v. 367,6483, p.1260-1263. doi:10.1126/science.abb2507

XING, Y. et al. **Prolonged presence of SARS-CoV-2 in feces of pediatric patients during the convalescent phase**. *MedRxiv*, 13 mar. 2020. doi:<https://doi.org/10.1101/2020.03.11.20033159>

ZHOU, F et al. **Clinical course and risk factors for mortality of adult in patients with COVID19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study**. *The lancet*, v. 395, n. 10229, p. 1054–1062. 2020.

ZHOU, P et al. **A pneumonia outbreak associated with a new coronavirus of probable bat origin**. *Nature*. v. 579. p. 270-273. Fev. 2020. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2012-7>

## PROCESSO DE PENETRAÇÃO DE LARVAS DE *Toxocara canis* OCORRE NO DÚODENO E ÍLEO DE CAMUNDONGOS SWISS INFECTADOS POR ALTAS DOSES

Data de aceite: 03/10/2022

**Micaele Quintana de Moura**

**Luciana Farias da Costa de Avila**  
<http://lattes.cnpq.br/8361097962013098>

**Eliza Simone Viégas Sallis**  
<http://lattes.cnpq.br/9207626698448838>

**Maria Elisabeth Aires Berne**  
<http://lattes.cnpq.br/5870589702797914>

**RESUMO:** O nematódeo *Toxocara canis* é o principal agente etiológico causador da toxocaríase, doença com significativa prevalência em humanos. A resposta inflamatória desencadeada por esse parasito na mucosa intestinal do hospedeiro, assim como o sítio de penetração das larvas no intestino, ainda não está completamente esclarecida. Com o objetivo de avaliar o local de maior penetração das larvas de *T. canis* na mucosa intestinal, camundongos experimentalmente infectados com 5000 ovos embrionados de *T. canis*. A resposta inflamatória da mucosa foi avaliada através de cortes histológicos de intestino delgado de animais. Na análise histológica foram observadas larvas de *T. canis*, além de infiltrado de células inflamatórias e alteração nas células de Paneth, com maior intensidade nas porções do duodeno e jejuno. Os resultados aqui apresentados demonstram que nas condições avaliadas a penetração das larvas de *T. canis* ocorreu com maior intensidade nos segmentos iniciais do intestino delgado.

As células de Paneth aumentadas sugerem que essas células possam estar envolvidas na resposta inata de defesa contra este nematódeo parasito.

**PALAVRAS-CHAVE:** Toxocaríase; células de paneth; jejuno, duodeno.

### 1 | INTRODUÇÃO

A toxocaríase é considerada uma doença negligenciada (ROLDÁN *et al.*, 2008), que acomete principalmente indivíduos jovens (SCHOENARDIE *et al.*, 2013; CONG *et al.*, 2015) sendo uma parasitose de difícil diagnóstico (HOTEZ & WILKINS, 2009) e para a qual não há um tratamento totalmente eficaz (EKTA *et al.*, 2016; BARRERA *et al.*, 2010).

*Toxocara canis* é apontado como o principal agente causador da toxocaríase (ROLDÁN *et al.*, 2009; SAPORITO *et al.*, 2008). A infecção ocorre, principalmente, através da ingestão de ovos embrionados (OVERGAAUW & KNAPEN, 2013). Em humanos, assim como em outros hospedeiros paratênicos, o parasito é incapaz de alcançar a maturidade no intestino, e as larvas migram através dos órgãos, acarretando diversos quadros clínicos (MENDONÇA *et al.*, 2013). A primeira barreira encontrada por esse parasito para iniciar a infecção é a mucosa intestinal (FAN *et al.*, 2004), onde as larvas penetram para posteriormente encontrar a circulação e se disseminar para outros órgãos (ABO-SHEHADA *et al.*, 1981).

Durante a penetração de larvas de helminto no intestino, a mucosa representa uma importante barreira protetora do organismo. (BOURLIOUX *et al.*, 2003; MORIMOTO *et al.*, 2004). Em relação à infecção por *T. canis*, o sítio de penetração dessas larvas não está totalmente elucidado (ABO-SHEHADA *et al.*, 1984; FAN *et al.*, 2004) e uma melhor compreensão sobre a penetração do parasito na mucosa é fundamental para auxiliar no desenvolvimento de métodos de controle.

O conhecimento sobre a ação da mucosa frente ao parasitismo por helmintos, assim como os sítios de penetração necessitam ser mais bem conhecidos para melhor entendimento da toxocaríase. O presente estudo teve como objetivo investigar o principal sítio de penetração das larvas de *T. canis* na mucosa intestinal, assim como, avaliar a resposta inflamatória local.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Fêmeas adultas de *T. canis* foram obtidas através do tratamento de cães jovens com pamoato de pirantel (15mg/Kg). Ovos não embrionados foram retirados diretamente dos tubos uterinos das fêmeas e cultivados em formalina 2%, a 28°C, umidade acima de 80%, sob aerações diárias, durante 30 dias (AVILA *et al.*, 2012).

A fim de identificar os principais sítios de penetração das larvas no intestino delgado dos camundongos, foi realizada inicialmente uma inoculação com uma elevada dose infectante de ovos do parasito. Os camundongos do grupo teste foram avaliados aos pares e receberam, por via oral, 5000 ovos embrionados de *T. canis* (ABO-SHEHADA *et al.*, 1984). Como controle foi utilizado 1 camundongo, o qual não foi infectado, recebendo somente Tampão fosfato salina (PBS), por via oral. Os camundongos foram submetidos à eutanásia 1 h, 2 h, 4 h, 16h e 48 h pós-inoculação (ABO-SHEHADA *et al.*, 1984; FAN *et al.*, 2004).

Para a realização do exame histopatológico, o intestino delgado foi removido e suas porções (duodeno, jejuno e íleo) foram fixadas em formol tamponado a 10%. Após 48 h, estas foram incluídas em parafina, cortadas em secções de 3  $\mu$ m de espessura e coradas pela técnica de hematoxilina e eosina (HE). As lâminas foram analisadas em microscópio óptico nos aumentos de 10X e 40X para identificar a resposta celular local e os possíveis processos inflamatórios induzidos pela penetração das larvas.

O presente estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Pelotas (CEEA – 7833). Sendo utilizados camundongos *Swiss*, fêmeas, de 4 a 6 semanas de idade. Os animais foram mantidos sob temperatura controlada 22 ( $\pm$  2°C) e ciclo de iluminação claro-escuro (12 h), tendo ração (sem adição de antibióticos e antifúngicos) e água *ad libitum*.

### 3 | RESULTADOS

No exame histopatológico da mucosa intestinal dos camundongos inoculados com *T. canis* foi observado a presença de fragmentos de larvas (Figura 1), esse achado se deu nos grupos de 1 h, 2 h e 4 h pós infecção, nas porções do duodeno e jejuno.

Além disso, foi observado processo inflamatório acentuado nos grupos de 16 h e 48 h. Em ambos os grupos foi detectada reação linfóide acentuada e áreas de reações inflamatórias na muscular da mucosa intestinal. Sendo o final do duodeno e início do jejuno os locais onde essas reações foram mais evidentes (Figura 2). As células de Paneth estavam aumentadas (Figura 2D), em toda a extensão do intestino delgado, estando mais evidentes nas porções do duodeno e jejuno.

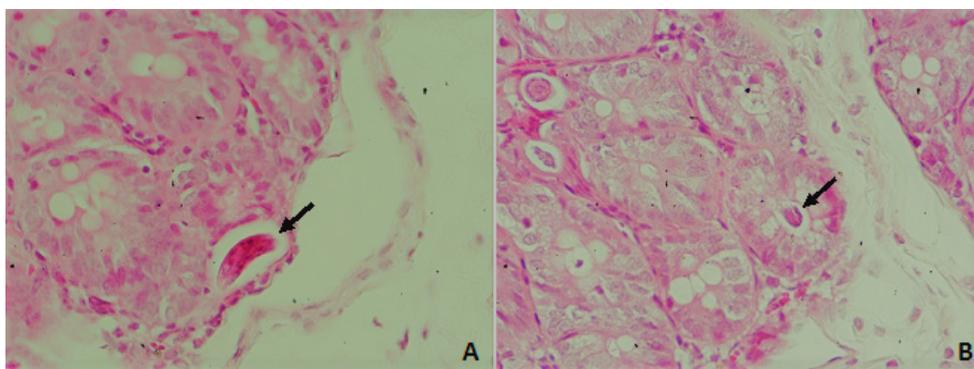


Figura 1 – Corte histopatológico (coloração de hematoxilina & eosina) - Mucosa do intestino delgado de camundongos *Swiss*, experimentalmente infectados com 5.000 ovos embrionados de *Toxocara canis*, após 2 h de infecção. **A** – Larva presente no jejuno (seta) HE 20x. **B** – Fragmento de larva no jejuno (setas) HE 10x

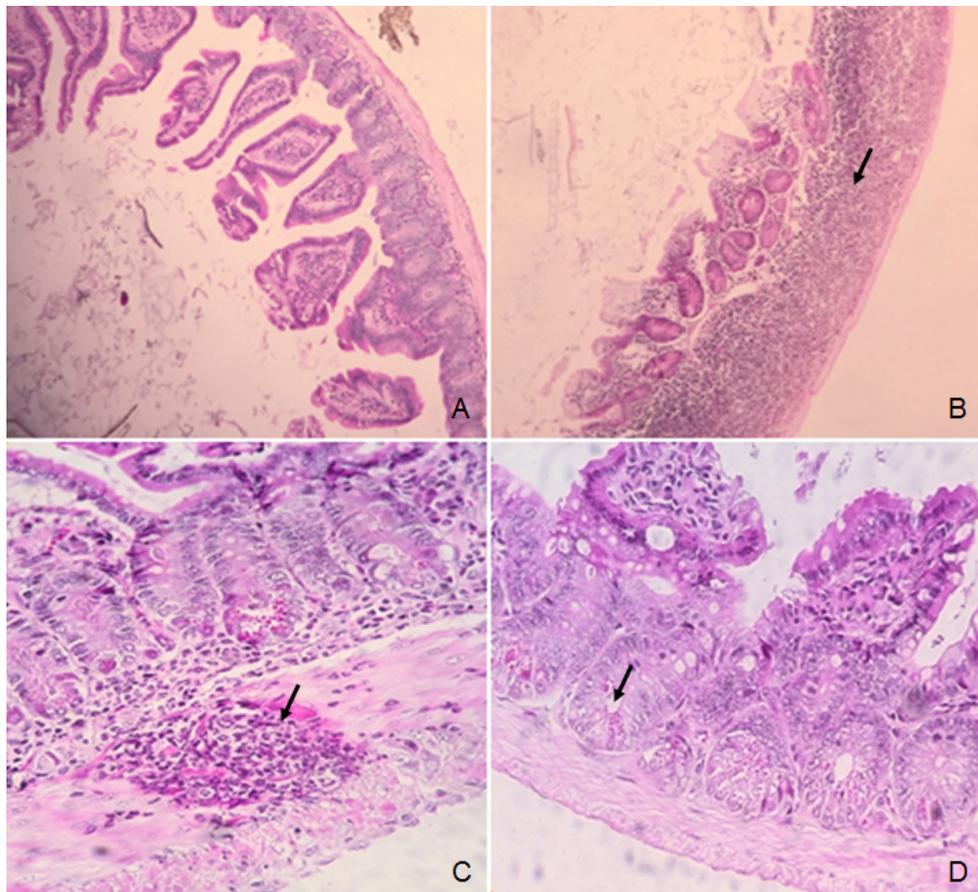


Figura 2: Corte histopatológico (coloração de hematoxilina & eosina) - Mucosa do intestino delgado de camundongos *Swiss*, experimentalmente infectados com 5.000 ovos embrionados de *Toxocara canis*, após 16 h de infecção. **A** - Controle - Animal não infectado. HE 10x. **B** - Reação linfóide acentuada na mucosa intestinal (seta). HE 10x. **C** - Foco inflamatório da muscular (seta). HE 20x. **D** - Células de Paneth aumentadas. HE 20x.

#### 4 | DISCUSSÃO

Nesta pesquisa foram evidenciados fragmentos de larvas de *T. canis* e alterações na mucosa intestinal de camundongos *Swiss* experimentalmente infectados. Sendo observado processo inflamatório de maior intensidade no final do duodeno e início do jejuno, indicando estes sítios como preferenciais na penetração larval. O intestino delgado parece ser o local preferencial de penetração das larvas de *T. canis*, uma vez que essas, provavelmente, após eclodirem chegam ao intestino delgado e começam o processo de penetração na mucosa. Em estudo conduzido por Fan et al., (2004) foi indicado o intestino delgado como local onde se inicia a infecção, corroborando os achados desse estudo, no entanto, sem indicar uma porção específica de penetração nesse órgão.

Segundo, Abo-Shehada *et al.*, (1984) a resposta de mucosa intestinal gerada por

*T. canis* tem início entre 2 e 8 horas pós-infecção, quando as larvas eclodem e penetram na parede intestinal, com maior prevalência de penetração no intestino delgado. Esse resultado é compatível com o encontrado no presente estudo, onde a presença das larvas na mucosa intestinal foi observada já a partir de 1 h após a inoculação, seguindo em 2 h e 4 h após. A partir de 16 h pós-infecção, não foram mais observadas larvas no tecido, mas sim resposta inflamatória provavelmente ocasionada pela passagem das mesmas na mucosa. No entanto, no presente estudo, a presença de larvas e maior resposta inflamatória quando comparadas ao controle foi observada no jejuno e duodeno, enquanto Abo-Shehada, et al. (1984) perceberam maior intensidade de resposta inflamatória no íleo, nas criptas de Leiberkühn.

Essa diferença no sítio principal de penetração pode estar associada a diferença de sexo, linhagem e dieta alimentar dos camundongos, sendo que no estudo conduzido por Abo-Shehada, et al. (1984) foram utilizados outbred brown de ambos os sexos, e não há informações sobre o regime alimentar dos animais, enquanto que no presente estudo foram utilizados swiss albinos fêmeas, os animais foram mantidos com alimentação do tipo seca disponível durante todo o experimento, sem a realização de jejum.

Foram observadas células de Paneth aumentadas em todo intestino delgado, com maior intensidade nas regiões com intensa reação inflamatória (duodeno e jejuno), possivelmente essas células estejam envolvidas na defesa do hospedeiro contra a infecção por *T. canis*. Esses dados são corroborados por Fan *et al.*, (2004) que verificaram a desgranulação das células de Paneth em camundongos infectados por *T. canis*. As células de Paneth têm importante participação na resposta imune inata do hospedeiro, liberando fatores antimicrobianos e sendo apontadas como possíveis reguladoras de processos inflamatórios na mucosa (AYABE *et al.*, 2000).

Segundo Porter *et al.*, (2002), essas células apresentam múltiplas funções, não só desempenhando um papel na resposta imune inata como células efectoras produzindo fatores antimicrobianos e liberando-os para o lúmen intestinal, mas também, comunicando e coordenando sinais de defesa do hospedeiro com outros tipos de células. A relação dessas células na resposta contra bactérias tem sido largamente estudada (VAISHNAVA, *et al.*, 2008; SHANAHAN *et al.*, 2014). No entanto, em infecções por parasitos a ação das células de Paneth não são totalmente conhecidas. Apesar disto, já foi demonstrado a relação da ação dessas células na morte de trofozoítos de *Giardia* sp. em camundongos (EL-SHEWY *et al.*, 2005), e a relação do aumento de tamanho dessas células em infecções por helmintos (KAMAL *et al.*, 2002). Outro trabalho sugere que as células de Paneth são reguladas pela ação dos linfócitos da mucosa, aumentando assim a capacidade da imunidade inata da mucosa intestinal, quando infectadas por *Trichinella spiralis* (KAMAL *et al.*, 2001). A presença de linfocitose na mucosa junto ao aumento dessas células encontradas neste estudo podem corroborar esses achados.

As larvas possivelmente iniciam o processo de penetração tão logo entram em

contato com a mucosa do hospedeiro, justificando as primeiras porções do intestino como os locais de maior penetração e, 16 h após a infecção as larvas já terminaram o processo de penetração observando-se apenas lesões na mucosa, justificando a presença apenas do processo inflamatório observado nos grupos de 16 h e 24 h PI. Baseado nesses resultados, sugere-se que o duodeno e o jejuno são os principais locais da penetração das larvas de *Toxocara canis*.

## REFERÊNCIAS

1. ABO-SHEHADA, M. N.; AL-ZUBAIDY, B. A.; HERBERT, I. V. The migration of larval *Toxocara canis* in mice I. Migration through the intestine in primary infections. *Veterinary Parasitology*, v. 17, p. 65-73, 1984.
2. AVILA, L. F. C.; CONCEIÇÃO, F. R.; TELMO, P. L.; DUTRA, G. F.; LOS SANTOS, D. G.; MARTINS, L. H. R.; BERNE, M. E. A.; SILVA, P. E. A.; SCAINI, C. J. *Saccharomyces boulardii* reduces infection intensity of mice with Toxocarasis. *Veterinary Parasitology*, v. 187, p. 337-340, 2012.
3. AYABE, T.; PATCHELL, D. P.; WILSON, C. L.; PARKS, W. C.; SELSTED, M. E.; OUELLETTE, A. J. Secretion of microbicidal  $\alpha$ -defensins by intestinal Paneth cells in response to bacteria. *Nature Immunology*, v. 1, n. 2, p. 113-118, 2000.
4. BOURLIOUX, P.; KOLETZKO, B.; GUARNER, F.; BRAESCO, V. The intestine and its microflora are partners for the protection of the host: report on the Danone. *Journal of Nutrition*, v. 4, p. 675-683, 2003.
5. FAN, C. K.; HUNG, C. C.; LIN, Y. H.; LI, M. H.; SU, K. E. Enhanced expression of transforming growth factor- $\beta$ 1 in inflammatory cells and secretory granules in Paneth cells in the small intestine of mice infected with *Toxocara canis*. *Parasitology Research*, v. 94, p. 397-404, 2004.
6. KAMAL, M.; DEHLAWI, M. S.; BRUNET, L. R.; WAKELIN, D. Paneth and intermediate cell hyperplasia induced in mice by helminth infections. *Parasitology*, v. 125, p. 275-281, 2002.
7. KAMAL, M.; WAKELIN, D.; OUELLETTE, A. J.; SMITH, A.; PODOLSKY, D. K.; MAHIDA, Y. R. Mucosal T cells regulate Paneth and intermediate cell numbers in the small intestine of *T. spiralis*-infected mice. *Clinical and Experimental Immunology*, v. 126, p. 117-125, 2001.
8. MENDONÇA, L. R.; FIGUEIREDO, C. A.; ESQUIVEL, R.; FIACCONE, R. L.; PONTES-DE-CARVALHO, L.; COOPER, P.; BARRETO, M. B.; ALCANTARA-NEVES, N. M. Seroprevalence and risk factors for toxocara infection in children from an urban large setting in Northeast Brazil. *Acta Tropica*, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2013.06.018>
9. MORIMOTO, M.; MORIMOTO, M.; WHITMIRE, J.; XIAO, S.; ANTHONY, R. M.; MIRAKAMI, H.; STAR, R. A.; URBAN, J. F.; GAUSE-JUNIOR, W. C.; GAUSE, W. C. Peripheral CD4 T cells rapidly accumulate at the host: parasite interface during an inflammatory Th2 memory response. *The Journal of Immunology*, v. 172, p. 2424-2430, 2004.
10. OTHMAN, A. A. Therapeutic battle against larval toxocarasis: Are we still far behind? *Acta Tropical*, v. 124, n. 3, p.171-178, 2012.
11. PORTER, E. M.; BEVINS, C. L.; GHOSH, D.; GANZ, T. The multifaceted Paneth cell. *Cellular and Molecular Life Sciences*, v. 59, p. 156-170, 2002.

12. SHANAHAN, M. T.; CARROL, I. M.; GROSSNIKLAUS, E.; WHITE, A.; FURSTENBERG, R. J. V.; BARNER, R.; FODOR, A. A.; HENNING, S. J.; SARTOR, R. B.; GULATI, A. S. Mouse Paneth cell antibacterial function is independent of Nod2. *Inflammatory Bowel Disease*, v. 63, p. 903-910, 2014.
13. VAISHNAVA, S.; BEHRENDT, C. L.; ISMAIL, A. S.; ECKANN, L.; HOOPER, L. V. Paneth cells directly sense gut commensals and maintain homeostasis at the intestinal host-microbial interface. *PNAS*, v. 105, n. 52, p. 20858-20863, 2008.
14. SAPORITO, L. ; SCARLATA, F. ; COLOMBA, C. ; INFURNARI, L. ; GIORDANO, S. ; TITONE, L. Human toxocariasis: a report of nine cases. *Foundation Acta Paediatrica*, v. 97, n. 9, p. 1301–1302, 2008.
15. OVERGAAUW, P. A. M.; KNAPEN, F. V. Veterinary and public health aspects of *Toxocara*. *Veterinary Parasitology*, v. 193, n. 4, p. 398–403, 2013.
16. ROLDÁN, W. H.; ESPINOZA, Y. A.; ATÚNCAR, A.; ORTEGA, E.; MARTINEZ, A.; SARAVIA, M. Frequency of eosinophilia and risk factors and their association with *Toxocara* infection in schoolchildren during a health survey in the north of Lima, Peru. *Revista do Instituto de Medicina tropical*, v. 50, n. 5, p. 273-278, 2008.
17. ROLDÁN, W. H.; ESPINOZA, Y. A.; HUAPAYA, P. E.; HUIZA, A. F.; SEVILLA, A. R.; JIMÉNEZ, S. Frequency of human toxocariasis in a rural population from Cajamarca, Peru determined by dot-elisa test. *Revista Do Instituto de Medicina Tropical*, v. 51, n. 2, p. 67-71, 2009.
18. SCHOENARDIE, E. R.; SCAINI, C. J.; BROD, C. S.; PEPE, M. S.; VILLELA, M. M.; MCBRIDE, A. J. A.; BORSUK, S.; BERNE, M. E. A. Seroprevalence of *Toxocara* Infection in Children from Southern Brazil. *Journal of Parasitology*, v. 99, n. 3, p. 537-539, 2013.
19. ANDRADE, L. D.; Aspectos clínico-epidemiológicos da toxocaríase humana. *Revista de Patologia tropical*, v. 29, n. 2, p. 147-159, 2000.
20. LESCANO, S. Z.; CHIEFFI, P. P.; NETO, V. A.; IKAI, D. K.; RIBEIRO, M. C. S. A. Anti-helmínticos na toxocaríase experimental: efeito na recuperação de larvas de *Toxocara canis* e na resposta humoral. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v. 41, n. 1, p. 21-24, 2005.
21. CONG, W.; MENG, Q.F.; YOU, H.L.; ZHOU,N.; DONG, X.Y.; DONG, W.; WANG, X.Y.; QIAN, A.D., ZHU; X.Q. Seroprevalence and risk factors of *Toxocara* infection among children in Shandong and Jilin provinces, China. *Act Tropica*, 152, p. 215-219, 2015.
22. HOTEZ, P. J.; WILKINS, P.P.; Toxocariasis: America's most common neglected infection of poverty and helminthiasis of global importance? *Plos Negl Trop dis*. 3, 400, 2009.
23. Ekta S. Sahu.; Bikramjit Pal.; Tarun Sharma.; Jyotirmay Biswas. Clinical Profile, Treatment, and Visual Outcome of Ocular Toxocara in a Tertiary Eye Care Centre. *Ocular Immunology and Inflammation*. DOI:10.1080/09273948.2016.1249375, 2016
24. Barrera, M. G.; Leonardi, D.; Bolmaro, R. E.; Echenique, C. G.; Olivieri, A. C.; Salomon, C. J.; Lamas, M. C. In vivo evaluation of albendazole microspheres for the treatment of *Toxocara canis* larva migrans. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. 75, 451–454, 2010.
25. EL-SHEWY, K. A., EID, R. A. In vivo killing of *Giardia* trophozoites harbouring bacterial endosymbionts by Intestinal Paneth cells:an ultrastructural study. *Parasitology*. 130, 269–274, 2005.

## ANÁLISE MICROBIOLÓGICA EM QUEIJOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DE SOURE E BELÉM/PA

*Data de aceite: 03/10/2022*

### **Eduarda Monteiro Martins**

Universidade Federal do Pará  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/7529585133599175>

### **Hamilton Mendes de Figueiredo**

Universidade Federal do Pará  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9511401139367004>

### **Dayse Estefany Moreira da Silva**

Universidade Federal do Pará  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1197075563191405>

**RESUMO:** No Brasil, as taxas de crescimento anual do consumo de leite nos últimos dez anos são superiores ao crescimento mundial: média 2,7% ao ano. A produção de queijo no Brasil em 2019 foi estimada em 775 mil toneladas. A competição no meio industrial é um fator determinante para a busca da qualidade, pois além de tornar a empresa competitiva está diretamente relacionado com a saúde do consumidor. Um produto alimentício que não passa por um processo de análise microbiológica, por exemplo, pode vir a conter microrganismos que causam consequências negativas ao produto. Este trabalho teve como objetivo analisar microbiologicamente diversos queijos comercializados nos municípios de Belém/PA e Soure/PA, a fim de obter uma ideia geral da qualidade dos produtos ofertados ao consumidor. Foram coletadas amostras de queijo Minas

frescal, queijo mussarela, requeijão tradicional, queijo parmesão e de queijo marajoara artesanal comercializado sem registro, no ano de 2000. Em cada amostra analisou-se, coliformes a 35°C e 45°C, contagem total de mesófilos aeróbios e contagem de bolores e leveduras. Os resultados obtidos nas análises microbiológicas dos produtos lácticos, não apresentaram contaminação por coliformes a 35°C e 45°C com exceção do queijo artesanal que não se apresentou de acordo com o padrão exigido pela portaria nº 0418/2013 (ADEPARÁ). Nas análises de aeróbios mesófilos e bolores e leveduras, os valores obtidos variaram respectivamente de  $3,0 \times 10^2$  a  $2,6 \times 10^5$  UFC/g, e  $7,5 \times 10^2$  a  $7,4 \times 10^4$  UFC/g seguindo os parâmetros da INº 161, DE 1 DE JULHO DE 2022 para os diversos tipos de queijos. Os resultados demonstram que, de modo geral, os queijos apresentam boa qualidade, porém se faz necessário um controle de qualidade mais rigoroso em relação aos queijos comercializados artesanalmente e sem registro, pois apresentam problemas de qualidade que podem colocar em risco a saúde dos consumidores.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microrganismos; Laticínios; Qualidade; Queijo do Marajó.

### MICROBIOLOGICAL ANALYSIS IN CHEESES MARKETED IN THE MUNICIPALITIES OF SOURE AND BELÉM/PA

**ABSTRACT:** In Brazil, the annual growth rates of milk consumption in the last ten years are higher than the world growth: average 2.7% per year. Cheese production in Brazil in 2019 was estimated at 775 thousand tons. Competition in

the industrial environment is a determining factor in the pursuit of quality, because in addition to making the company competitive, it is directly related to the health of the consumer. A food product that does not undergo a microbiological analysis process, for example, may contain microorganisms that will cause negative consequences to the product. The objective of this work was to analyze several cheeses sold in the municipalities of Belém/PA and Soure/PA, having a general idea of the quality of the products offered to the consumer. Samples of Minas fresh cheese, mozzarella cheese, traditional requeijão, Parmesan cheese and a type of cheese sold without registration were collected. In each sample, it was analyzed, coliforms at 95°F and 113°F, total count of aerobic mesophiles and count of molds and yeasts. The results obtained in the microbiological analysis of lactic products did not show contamination by total coliforms outside the with the exception of artisanal cheese that did not meet the standard required by ordinance nº 0418 /2013 (ADEPARA). In the analysis of mesophilic aerobics and molds and yeasts, the values obtained were respectively between  $3.0 \times 10^2$  to  $2.6 \times 10^5$  CFU/g, and  $7.5 \times 10^2$  to  $7.4 \times 10^4$  CFU/g following the parameters of IN° 161, OF JULY 1 DE 2022 for the different types of cheeses. The results show that, in general, the cheeses have good quality, but a more rigorous quality control is necessary in relation to artisanal and unregistered cheeses, as they present quality problems that can put the health of consumers at risk.

**KEYWORDS:** Microorganisms; Dairy; Quality; Marajó Cheese.

## 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de leite do mundo, com mais de 34 bilhões de litros por ano, com produção em 98% dos municípios brasileiros, tendo a predominância de pequenas e médias propriedades, empregando perto de 4 milhões de pessoas (MAPA, 2022).

De acordo com a Lei nº 13.860 de 18 de julho de 2019, considera-se queijo artesanal aquele elaborado por métodos tradicionais, com vinculação e valorização territorial, regional ou cultural, conforme protocolo de elaboração específico estabelecido para cada tipo e variedade, e com emprego de boas práticas agropecuárias e de fabricação. O produtor de queijo artesanal é responsável pela identidade, qualidade e segurança sanitária do queijo produzido, devendo cumprir os requisitos sanitários estabelecidos pelo poder público (BRASIL, 2019).

Alimentos artesanais são um grande atrativo para o mercado consumidor pois criam uma relação de informal de produtor e consumidor, estabelecendo novos padrões de consumo que qualificam o mercado como justo e solidária, em virtude de produtos que valorizam traços regionais, que possuem características únicas, e não seguem parâmetros e métodos específicos de fabricação (CRUZ, 2012).

O serviço de inspeção não possui uma legislação específica para os produtos artesanais. O principal fator preocupante associado a não a existência de uma legislação se traduz ao fato da ausência de pasteurização do leite para fabricação do queijo. Esse procedimento tem por finalidade principal garantir segurança do consumidor, além de

permitir padronização tecnológica, redução de defeitos e perdas, e padrões sensoriais, bem como a qualidade higiênico-sanitária, o qual não é exigido apenas em queijos de longa maturação (LIMA & LEAL, 2015; CARVALHO, 2015; RAMOS, 2013).

Tendo em vista todos esses pontos o presente estudo teve como objetivo realizar análise microbiológica de queijos e derivados comercializados nos municípios de Belém e Soure no estado do Pará, tendo uma ideia geral da qualidade dos produtos ofertados ao consumidor, bem como a sua adequação a legislação brasileira (Resolução nº 724, de 1 de julho de 2022; INº 161, de 1 de julho de 2022 e aos padrões da International Commission on Microbiological Specification for Food (ICMSF).

## 2 | MATERIAL E MÉTODO

### 2.1 Amostragem

As amostras de (Queijo Minas Frescal, Queijo Mussarela, Requeijão Tradicional e Queijo Parmesão), utilizadas na pesquisa oriundas mesma indústria coletadas em um ponto comercial (supermercado) no município de Belém/PA, as amostras de Queijo do Marajó Tipo Creme foram obtidas de uma queijaria localizada no município de Soure, na Ilha do Marajó/PA. Após a coleta, as amostras foram transportadas nas próprias embalagens comerciais até o Laboratório Microbiologia de Alimentos (PPGCTA/UFGA), em condições adequadas de transporte e temperatura. Todas as análises foram realizadas em duplicata com três repetições. Foram realizados testes microbiológicos para coliformes totais, Bolores e Leveduras e Mesófilos aeróbios de acordo com os métodos da ISO e a interpretação dos resultados seguiu os parâmetros estabelecidos pela RDC nº 724, de 1 de julho de 2022; INº 161, de 1 de julho de 2022.

### 2.2 Preparo e diluição das amostras

Pesou-se 25g de amostra que foram adicionadas em 225 ml de água peptonada a 0,1% e, em seguida homogeneizou-se em stomacher por 15 segundos, após isso procedeu-se às diluições adequadas.

### 2.3 Análises microbiológicas

#### 2.3.1 Coliformes a 35 e 45°C

Realizou-se por técnica de tubos múltiplos de acordo com metodologia definida pela ISO 4832:2006.

Para estabelecer o Número Mais Provável (NMP) de coliformes a 35°C e 45°C foi seguido o roteiro preconizado por SILVA (1997).

### *2.3.1.1 Teste presuntivo para coliformes totais*

O meio de cultura empregado foi o Caldo Lauril Sulfato Triptose (Caldo LST), onde pipetou-se alíquotas da amostra para uma série de três tubos, contendo tubos de Durhan invertidos, em seguida foi homogeneizou-se e procedeu-se a incubação a 35°C por 24 a 48 horas.

### *2.3.1.2 Teste confirmativo para coliformes a 35°C*

A partir dos tubos positivos no LST, inoculou-se novos tubos contendo Caldo Bile Verde Brilhante 2% (Caldo VBB), seguido de incubação a 35°C por 48 horas.

### *2.3.2 Coliformes termotolerantes (45°C)*

São aquelas capazes de fermentar lactose com produção de gás em 24-48h a 44,5-45,5°C (SIQUEIRA, 1995).

Análise realizada de acordo com o método de AFNOR Certificate Number 3M 01/2-09/89. Após a confirmação de coliformes a 35°C, alíquotas de tubos positivos de (Caldo LST) foram retiradas, com auxílio de uma alça de fio de níquel cromo para inoculação em tubos contendo Caldo *Escherichia coli* (Caldo EC), seguido de incubação em banho maria a 45 °C por 24 horas.

### *2.3.3 Bolores e leveduras*

A análise qualitativa das amostras foi realizada seguindo a metodologia definida pela ISO 6611:2004. O meio de cultura utilizado foi o Dicloran Rosa de Bengala Cloranfenicol (DRBC). As placas foram incubadas em posição não invertida em estufa a 22/25 °C por 5 dias.

### *2.3.4 Aeróbias Mesófilos*

Para a determinação de bactérias mesófilas utilizou-se o método de profundidade em meio de cultura Plate Count Agar (PCA). Após a inoculação as placas foram incubadas invertidas, em estufa a 32 °C por 48 horas.

## **3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Coliformes a 35°C e termotolerantes (45°C)**

Para o queijo do Marajó utilizou-se a PORTARIA N° 0418/2013 - ADEPARÁ, de 04 de março de 2013. Os resultados para coliformes estão apresentados na Tabela 1.

ALIMENTOS	Coliformes 35°C (NMP/g)	Coliformes 45°C (NMP/g)
Queijo Minas Frescal	590	23
Queijo Mussarela	3	< 3
Requeijão Tradicional	<3	<3
Queijo parmesão ralado	<3	<3
Queijo do Marajó tipo creme	240	240

Tabela 1. Média da contagem de coliformes a 35 e 45 °C de diversos queijos comercializado no município de Belém/PAe Soure/PA.

Fonte: Autor

Em função das mudanças ocorridas na legislação com a IN° 161, de 2022 (ANVISA), não há mais valores para amostra representativa. Desta forma, os valores de coliformes a 35 e 45°C foram substituídos por *Escherichia coli*, sendo estabelecido o valor de  $m=10^2$  (limite entre o produto de qualidade aceitável e o de qualidade intermediária) e  $M= 10^3$  /mL, (Limite que separa unidades amostrais de qualidade intermediária daquelas de qualidade inaceitável) para queijos de alta umidade, e de  $m= 10$  a  $M= 10^2$  para queijos de umidade abaixo de 46%, como é o caso do parmesão. No presente trabalho não se avaliou *Escherichia coli*, mas sim coliformes a 35 e 45°C sendo que os resultados para coliformes a 45°C podem ser relacionados com *E. coli*. Desta forma observou-se que nenhum dos queijos ultrapassou o limite  $M= 10^3$  estabelecido para *E. coli*, à exceção do queijo do Marajó, estão dentro do padrão estabelecido pela legislação em relação a coliformes. O queijo do Marajó está fora do padrão estabelecido pela legislação em relação aos coliformes a 35 e 45°C, já que esta estabelece que nenhuma amostra poderá apresentar mais de 100 coliformes a 35°C ou 45°C.

Segundo Brant et al, (2007), mesmo a contagem de coliformes 35°C não sendo exigida pela legislação sanitária vigente, a sua contagem elevada indica deficiência na qualidade higiênico-sanitária. Na avaliação da vida de prateleira do queijo do marajó tipo creme, durante 15 dias de armazenamento, sob temperatura de 10 °C, Lourenço *et al.* (2002) verificaram que os resultados para coliformes a 35 e 45°C aumentaram de 3 NMP/g para 240 NMP/g, tornando-se inadequado ao consumo humano a partir do 15° dia.

### 3.2 Bolors e leveduras

Seguindo os parâmetros estabelecidos pela IN° 161 de 1 de julho de 2022 para queijos do tipo ralado o limite máximo de presença de bolors e leveduras é de  $5 \times 10^3$  UFC/g. De acordo com os resultados obtidos o queijo minas frescal, queijo mussarela e

queijo do marajó tipo creme não se enquadram aos parâmetros estipulado pela legislação, o requeijão tradicional e queijo parmesão ralados estão seguindo o padrão microbiológico instituído. Os resultados para bolores e leveduras estão apresentados na Tabela 2.

<b>ALIMENTOS</b>	<b>Bolores e Leveduras</b>
<b>Queijo Minas frescal</b>	7,8x10 <sup>3</sup> UFC/g
<b>Queijo mussarela</b>	7,4x10 <sup>4</sup> UFC/g
<b>Requeijão tradicional</b>	8,5x10 <sup>2</sup> UFC/g
<b>Queijo parmesão ralado</b>	7,5x10 <sup>2</sup> UFC/g
<b>Queijo do Marajó tipo creme</b>	1,9x10 <sup>4</sup> UFC/g

Tabela 2. Resultado médio da contagem de bolores e leveduras das amostras de queijos obtidas dos produtos comercializado nos municípios de Belém/PA e Soure/PA.

Fonte: Autor

Segundo Guerra e Guerra (2003), das alterações microbiológicas, a presença de fungos filamentosos e leveduras é referida como uma das principais geradoras de problemas na indústria queijeira. Entre os danos causados pelo seu desenvolvimento, destacam-se a alteração da aparência, perda e/ou modificação de sabor, além de queda na credibilidade do produto frente ao mercado consumidor.

### 3.3 Contagem total de aeróbios mesófilos

<b>ALIMENTOS</b>	<b>Mesófilos Aeróbios</b>
<b>Queijo Minas Frescal</b>	1,1x10 <sup>5</sup> UFC/g
<b>Queijo mussarela</b>	3,6x10 <sup>4</sup> UFC/g
<b>Requeijão tradicional</b>	3x10 <sup>2</sup> UFC/g
<b>Queijo parmesão ralado</b>	3x10 <sup>4</sup> UFC/g
<b>Queijo do Marajó tipo creme</b>	2,6 x 10 <sup>5</sup> UFC/g

Tabela 3. Contagem total de aeróbios mesófilos de queijos comercializados no município de Belém/PA e Soure/PA

Fonte: Autor

A contagem de aeróbios mesófilos ou contagem padrão em placas em um produto alimentício reflete a qualidade da matéria-prima, bem como as condições de processamento, manuseio e estocagem. As amostras de queijo, apresentaram em média valores bem

elevados de microrganismos deterioradores. De acordo com Ortoloni (2009) populações superiores a 5 log UFC.g<sup>-1</sup> sugerem más práticas higiênicas na produção e populações menores que 4log UFC.g<sup>-1</sup> refletem boas práticas de higiene. Os resultados para aeróbios mesófilos estão apresentados na Tabela 3

A adoção ou intensificação dos procedimentos de “Boas Práticas de Fabricação” é fundamental no processo de redução da contaminação desses alimentos, bem como do ambiente em que o mesmo é produzido (MENDES, 2019).

## 4 | CONCLUSÕES

Desse modo, percebe-se que os queijos analisados apresentam boas características microbiológicas, exceto o queijo do Marajó que apresentou altos níveis de coliformes. Os resultados obtidos nas análises microbiológicas dos produtos lácteos comercializados nos pontos comerciais permitiram conhecer melhor a qualidade microbiológica dos produtos consumidos em Belém/PA e Soure/PA.

## REFERÊNCIAS

ADEPARÁ, Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Pará. PORTARIA N°0418/2013 de 04 de março de 2013. **Regulamento técnico de produção do queijo do marajó**. Disponível em: <<<http://www.adepara.pa.gov.br/sites/default/files/PORTARIA%20N%C2%BA%20418-2013%20-%20Queijo%20do%20Maraj%C3%B3.pdf>>>.

BRANT, L. M. F.; FONSECA, L. M.; SILVA, M. C. C. **Avaliação da qualidade microbiológica do queijo-de-minas artesanal do Serro-MG**. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.59, n.6, p.1570-1574, 2007.

BRASIL. Instrução Normativa n°161, de 1 de julho de 2022. Dispõem sobre a **lista de padrões microbiológicos de alimentos**. Diário oficial da união: seção 1, Brasília, DF, n 126, p.235, 6 jul. 2022.

BRASIL. Lei n° 13.860, de 18 de julho de 2019. Dispõe sobre a **elaboração e a comercialização de queijos artesanais e dá outras providências**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 138, p. 01, 19 jul. 2019b.

CARVALHO, M.M. **A agroindústria familiar rural e a produção de queijos artesanais no município de Seara, estado de Santa Catarina- Um estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Rural Sustentável) 53f. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2015.

CONTE, V. D.; COLOMBO, M.; ZANROSSO, A. V.; SALVADOR, M. **Qualidade microbiológica de diferentes amostras de águas tratadas e não tratadas provenientes da região Nordeste do Rio Grande do Sul**. INFORMA, v.16, n° 11-12, 2004.

CRUZ, Fabiana Thomé da. **Produtores, consumidores e valorização de produtos tradicionais: um estudo sobre a qualidade dos alimentos a partir do caso do queijo Serrano dos Campos de Cima da Serra-SC**. 2012. 292 f.

EMBRAPA. **Anuário do leite 2019**. Disponível em:<embrapa.br/gado-de-leite>. acesso em: 18 maio 2020.

GUERRA TMM, Guerra NB. **Influência do Sorbato de Potássio e do Tipo de Embalagem Sobre a Vida Útil do Queijo de Manteiga (Requeijão do Norte)**. Brazilian Journal of Food Technology. 2003.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Mapa do leite: Políticas públicas e privadas para o leite, 2022**. Disponível em: <<<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/mapa-do-leite>>>.

MENDES, M.H; **Caracterização de queijos tipo minas frescal e ricota comercializados no município de barra do garças-mt**. Universidade de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da terra, Barra do Garças 2019.

LIMA, B. B.; LEAL, M. C. **Parâmetros indicadores de qualidade de queijos artesanais comercializados em Castro-PR**. 2017. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia de alimentos)- Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

LOURENÇO LFH, Simão Neto M, Lourenço Júnior JB. **Análise microbiológica do requeijão marajoara elaborado no norte do Brasil**. Revista Higiene Alimentar. São Paulo. 2002.

ORTOLANI, M. B. T. **Bactérias ácido-láticas autóctones de leite cru e queijo minas frescal: Isolamento de culturas bactericinogênicas, caracterização da atividade antagonista e identificação molecular**. 2009. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

RAMOS, T. M. **Tipos de pasteurização e agentes coagulantes na fabricação do queijo tipo prato**. 2013.232f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos)- Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

SILVA, Neusely da. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. Valéria Christina Amstalden - São Paulo : Livraria Varela,1997, p31.

SIQUEIRA, R.S. **Manual de microbiologia de alimentos**. Brasília: EMBRAPA, SPI; Rio de Janeiro: EMBRAPA, CTAA, 1995. 159p.

POPMB - UNI006, de acordo com Instrução Normativa nº 62, 2003 - MAPA. Pág.17.

POPMB - UNI174, de acordo com AOAC Official Method 997.02 - Yeast and Mold Counts in food.

POPMB - UNI008, de acordo com Instrução Normativa nº 62, 2003 - MAPA. Pág.19.

## **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 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

AGE2 68, 69, 70, 71, 76, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Algas 57, 60, 63, 65

Aprendizagem 2, 5, 9, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 35, 36, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 46

Aroeira-vermelha 47, 54

### B

Biologia 26, 35, 36, 41, 43, 44, 45, 104

### C

Células de Paneth 89, 91, 92, 93

Construcionismo 35

### D

Duodeno 89, 90, 91, 92, 93, 94

### E

Educação 10, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 24, 25, 39, 44, 45, 46, 104

Etanol 57, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

### G

Gene do líder 26

### H

Habilidades cognitivas 1, 18

Habilidades de comunicação 26, 30

### I

Inteligência múltipla 1, 3

### J

Jejuno 89, 90, 91, 92, 93, 94

### L

Laticínios 96

### M

Mato Grosso 47, 49, 54, 103

Metabólitos secundários 47

Metaverso 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 24, 25

Microrganismos 62, 63, 96, 102

## **N**

Nanocelulose 57, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67

Nanotecnologia 57, 58, 61, 62, 63, 65, 66

Neuroleadership 26

## **P**

Pimenta-rosa 47, 55

Polimorfismos 68, 70, 78, 79, 81, 83, 85, 86

Psicólogos 1, 9

## **Q**

Qualidade 39, 45, 49, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 103

Queijo do Marajó 96, 98, 99, 100, 101, 102

## **R**

Raciocínio crítico 26, 30, 32

## **S**

SARS-CoV-2 68, 69, 72, 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88

Sintomas 29, 30, 68, 70, 77, 78, 80, 85

## **T**

Tangará da Serra 47, 49, 50, 52, 54

Tecnologia 1, 14, 15, 26, 44, 45, 55, 58, 59, 66, 103

Tecnologias digitais 15, 25, 35, 36

Toxocaríase 89, 90, 95

Treinamento de liderança 26

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# NOVAS TECNOLOGIAS E AS COMPETÊNCIAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS NAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

## 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2022

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br) 

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# NOVAS TECNOLOGIAS E AS COMPETÊNCIAS TÉCNICO-CIENTÍFICAS NAS CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

## 2