

MULTIDISCIPLINAR

CONHECIMENTOS E PESQUISAS MULTIDISCIPLINARES

ORGANIZADORES
IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS
MARCUS VINICIUS PERALVA SANTOS
CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA
MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR



1ª Edição

Acesso livre ao E-Book em
WWW.EDITORASCIENCE.COM.BR

EDITORA SCIENCE
ANO 2025



MULTIDISCIPLINAR

CONHECIMENTOS E PESQUISAS MULTIDISCIPLINARES

ORGANIZADORES
IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS
MARCUS VINICIUS PERALVA SANTOS
CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA
MILTON GONÇALVES DA SILVA JÚNIOR



1ª Edição

Acesso livre ao E-Book em
WWW.EDITORASCIENCE.COM.BR

CAMPINA GRANDE-PB
EDITORA SCIENCE
ANO 2025

Todos os Direitos Desta Edição Reservados à
© 2025 EDITORA SCIENCE
Av. Marechal Floriano Peixoto. 5000.
Campina Grande, PB, 58434-500.
CNPJ: 42.754.503/0001-00

REGISTRO CBL (Câmara Brasileira do Livro)

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

Conhecimentos e pesquisas multidisciplinares [livro eletrônico] / organização Igor Luiz Vieira de Lima Santos...[et al.]. -- Campina Grande, PB : Ed. dos Autores, 2025.
PDF

Vários autores.
Outros organizadores: Marcus Vinicius Peralva Santos, Carliane Rebeca Coelho da Silva, Milton Gonçalves da Silva Júnior.
Bibliografia.
ISBN 978-65-01-40051-8

1. Conhecimento humano 2. Multidisciplinaridade 3. Pesquisa científica I. Santos, Igor Luiz Vieira de Lima. II. Santos, Marcus Vinicius Peralva. III. Silva, Carliane Rebeca Coelho da. IV. Silva Júnior, Milton Gonçalves da.

25-262037 CDD-001.42

Índices para catálogo sistemático:

1. Conhecimento científico 001.42

Aline Graziele Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

https://doi.org/10.56001/25.9786501400518

Para consulta na CBL acesse: https://www.cblservicos.org.br/isbn/pesquisa/

ISBN: 978-65-01-40051-8
CBL
9 786501 400518

LIVRO ORGANIZADO

Editora–Chefe

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Editores Organizadores

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Dr. Marcus Vinicius Peralva Santos

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Prof. Dr. Milton Gonçalves da Silva Júnior

Editoração e Diagramação

Corpo Técnico da Editora Science

Revisão Principal/Por Pares

Os Autores / Revisores *Ad Hoc* / Corpo Editorial / Organizadores

Revisão Final

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva

Programas Registrados de Design

©Canva Pro Registered Design

Copyright © 2025 Editora Science

Copyright Textual © 2025 Os autores

Copyright da Edição © 2025 Editora Science

Todos os Direitos e os Termos de Cessão de Direitos Autorais para esta edição foram cedidos à Editora Science pelos próprios autores.

Declaração de Direitos

Todos os direitos reservados.

Qualquer parte deste livro pode ser reproduzida, transmitida de qualquer forma ou por qualquer meio, eletrônico, mecânico, fotocópia, microfilmagem, gravação ou de outra forma, desde que citada a fonte. Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0). https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Todos os artigos de autoria inédita, revisão, comentários, opiniões, resultados, conclusões ou recomendações são de inteira responsabilidade do(s) autor(es), e não refletem necessariamente as opiniões dos editores e/ou da empresa.

Para cópias impressas, para compras em massa e/ou informações sobre este e outros títulos da © Editora Science, entre em contato com a editora pelo telefone: Tel.: +55-83-991647953; E-mail: contato@editorascience.com ou editorascience@gmail.com

Siga nossas redes sociais fique por dentro das novidades e amplie o alcance dos nossos livros:

Facebook: **http://www.facebook.com/editorascience**

Instagram: **https://www.instagram.com/editorascience**

ÁREA DO CONHECIMENTO CNPQ: MULTIDISCIPLINAR

© 2025 EDITORA SCIENCE

Editora-Chefe:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

Gerente Editorial:

PROF. DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

Conselho Editorial:

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

PROF. DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)

PÓS-DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO DA SILVA (UFCE)

Corpo Editorial:

DR. MARCUS VINICIUS PERALVA SANTOS (IFTO)

DR. RÔMULO ALVES DE OLIVEIRA (IFSE)

DRA. ROSEANNE SANTOS DE CARVALHO (IFSE)

PÓS-DRA. CARLIANE REBECA COELHO DA SILVA (EDITORA-CHEFE)

DRA. FERNANDA MIGUEL DE ANDRADE (FMS)

DR. MILTON GONÇALVES DA SILVA JUNIOR (UNIARAGUAIA)

DRA. WELMA EMIDIO DA SILVA (FIS)

DRA. AYRLES FERNANDA BRANDÃO (UFCE)

DR. GABRIEL PARISOTTO (UNISUAM)

DR. IGOR LUIZ VIEIRA DE LIMA SANTOS (UFCG)

ME. LÚCIA MAGNÓLIA ALBUQUERQUE SOARES DE CAMARGO (UNIFACISA)

DRA. LUCIANA AMARAL DE MASCENA COSTA (UFRPE)

ME. MARCELO SALVADOR CELESTINO (UNESP)

PÓS-DRA. ELIANA NAPOLEÃO COZENDEY DA SILVA (FIOCRUZ-ENSP)

DR. EDIGAR HENRIQUE VAZ DIAS (UFCAT)

DR. HENRIQUE MACIEL VIEIRA DE MORAES (UFRJ)

DR. CRISTIANO CUNHA COSTA (UFS)

MSC. DANIEL DA SILVA GOMES (UFPB)

DRA. FRANCIELI DE FATIMA MISSIO (UFSM)

DR. JOSÉ OLÍVIO LOPES VIEIRA JÚNIOR (UENF)

DRA. NARA HELENA TAVARES DA PONTE (UEAP)

DR. LUIZ ALEXANDRE VALADÃO DE SOUZA (SME-RJ)

PÓS-DRA. MICHELE APARECIDA CERQUEIRA RODRIGUES (UFLO

PÓS-DR. MARCOS PEREIRA DOS SANTOS (FACUR)

EDITORA SCIENCE

LICENSE PUBLICATION DETAILS

Copyright © 2025 Editora Science

Copyright Notice

All content in this work, except where otherwise noted, is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0) license which permits copying, distribution, and adaptation of the work, provided the original work is properly cited and any changes from the original work are properly indicated. Any altered, transformed, or adapted form of the work may only be distributed under the same or similar license to this one.

© 2025 by Carliane Rebeca Coelho da Silva is licensed under Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International

Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0)

HOW CITE THIS BOOK:

NLM Citation

Santos ILVL, Santos MVP; Silva CRC; Silva Júnior MG, editor. Conhecimentos e Pesquisas Multidisciplinares. 1st ed. Campina Grande (PB): Editora Science; 2025.

APA Citation

Santos, I. L. V. L.; Santos, M. V. P.; Silva, C. R. C. & Silva Júnior, M. G. (Eds.). (2025). *Conhecimentos e Pesquisas Multidisciplinares.* (1st ed.). Editora Science.

ABNT Brazilian Citation NBR 6023:2018

SANTOS, I. L. V. L.; SANTOS, M. V. P.; SILVA, C. R. C.; SILVA JÚNIOR, M. G. **Conhecimentos e Pesquisas Multidisciplinares.** 1. ed. Campina Grande: Editora Science, 2025.

WHERE ACCESS THIS BOOK:

www.editorascience.com.br/

Sumário

CAPÍTULO 1 **1**

PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE MEDICINA DO PROGRAMA UNIVERSIDADE PARA TODOS SOBRE A FORMAÇÃO ACADÊMICA **1**
PERCEPTIONS OF MEDICAL STUDENTS OF "UNIVERSIDADE PARA TODOS", BRAZILIAN PROGRAM ABOUT THEIR ACADEMIC TRAINING 1
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.01 **1**
Luiz Fernando Gomes Lourenço 1
Luciano Luz Gonzaga 1

CAPÍTULO 2 **10**

A REPRESENTAÇÃO DO CORPO INFANTIL FEMININO: UM ESTUDO ACERCA DA INFÂNCIA CONTEMPORÂNEA **10**
THE REPRESENTATION OF THE FEMALE CHILD BODY: A STUDY ABOUT CONTEMPORARY CHILDHOOD 10
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.02 **10**
Delcimaria Dantas de Araujo 10
Kilza Fernanda Moreira de Viveiros 10

CAPÍTULO 3 **26**

CONSUMO DE ÁLCOOL COMO FATOR DE RISCO PARA TRAUMATISMO DENTÁRIO EM ADOLESCENTES: ESTUDO CASO-CONTROLE **26**
ALCOHOL CONSUMPTION AS A RISK FACTOR FOR DENTAL TRAUMATISM IN ADOLESCENTS: CASE-CONTROL 26
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.03 **26**
Breno Wesley Leal Carvalho 26
Sávio Henrique Lira Campos 26
André Vinícius Lira Campos 26
Arthur Lorenzo Lira Campos 26
Ana de Lourdes Sá de Lira 26

CAPÍTULO 4 **40**

EFEITOS DE JATOBÁ (*HYMENAEA STIGONOCARPA*) NO CONTROLE METABÓLICO DE RATOS DIABÉTICOS **40**
EFFECTS OF JATOBÁ (HYMENAEA STIGONOCARPA) ON METABOLIC CONTROL OF DIABETIC RATS 40
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.04 **40**
Ana Lina de Carvalho Cunha Sales 40
Isabella Parente Almeida 40

Daiane Cristina Ferreira Damasceno 40
Joseanne Maria Rodrigues Teixeira 40
Luanne Fortes Monte Soares 40
Elza Carolina Costa Santos 40
Jaynara Keylla Moreira da Silva 41
Joyce Lopes Macedo 41
Laís Lima de Castro Abreu 41
Maria do Carmo de Carvalho e Martins 41

CAPÍTULO 5 53

POLIFENOIS COMO POTENCIAIS TRATAMENTOS CO-ADJUVANTES DA DOENÇA DE PARKINSON 53
POLYPHENOLS AS POTENTIAL CO-ADJUVANT TREATMENTS FOR PARKINSON'S DISEASE 53
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.05 53
Débora Luísa Filipetto Pulcinelli 53
Maria Eduarda Chelotti 53
Érica dos Santos da Silva 53
Jackeline de Miranda Schmidt 53
Gabriela Acunha Razzera 53
Elize Musachio 54
Fernanda Trombini 54
Nathalia Cardoso de Afonso Bonotto 54
Bruna Fernanda da Silva Freitas 54
Felipe Roberto Pereira 54
Fernanda Barbisan 54

CAPÍTULO 6 67

MULTIMORBIDADE NA PESSOA IDOSA: ABORDAGENS INTEGRADAS EM GERONTOLOGIA 67
MULTIMORBIDITY IN THE ELDERLY: INTEGRATED APPROACHES IN GERONTOLOGY 67
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.06 67
Cindhy Suely da Silva Medeiros 67
Elize Aparecida Santos Musachio 67
Giovana Bolzan Fortes 67
Jackeline de Miranda Schmidt 67
Bruna Fernanda da Silva Freitas 67
Gabriela Acunha Razzera 67
Geruza da Silva Medeiros 68
Jéssica Ferreira dos Santos 68
Fernanda dos Santos Trombini 68
Emilly Renk Mello 68
Fernanda Barbisan 68

CAPÍTULO 7 **80**

USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: COMPATIBILIDADE COM AS DISPOSIÇÕES DA LEI N. 9.394/1996 E OS RESPECTIVOS DESAFIOS E OPORTUNIDADES **80**
USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS: COMPATIBILITY WITH THE PROVISIONS OF LAW N. 9.394/1996 AND THE RESPECTIVE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES 80
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.07 **80**
Nigel Stewart Neves Patriota Malta 80

CAPÍTULO 8 **88**

A LEI BRASILEIRA DE INCLUSÃO DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA E O PAPEL DA EDUCAÇÃO FÍSICA NA INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA: FORMAÇÃO, CAPACITAÇÃO E A QUEBRA DE BARREIRAS **88**
THE BRAZILIAN LAW FOR THE INCLUSION OF PERSONS WITH DISABILITIES AND THE ROLE OF PHYSICAL EDUCATION IN THE INCLUSION OF PEOPLE WITH DISABILITIES: TRAINING, QUALIFICATION, AND BREAKING DOWN BARRIERS 88
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.08 **88**
Nigel Stewart Neves Patriota Malta 88

CAPÍTULO 9 **94**

PUBLICIDADE COMO CONDIÇÃO DE EFETIVIDADE DO PROCESSO **94**
PROCEDURAL PUBLICITY AS A CONDITION FOR THE EFFECTIVENESS OF THE PROCESS 94
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.09 **94**
Juliana Vasconcelos Maia Lemos 94
Isaac Fernando Calaça dos Santos 94

CAPÍTULO 10 **107**

O DIÁLOGO INSTITUCIONAL ENTRE JUDICIÁRIO E LEGISLATIVO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS DE WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A DEMOCRACIA **107**
INSTITUTIONAL DIALOGUE BETWEEN JUDICIARY AND LEGISLATURE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW MODELS AND THEIR IMPLICATIONS FOR DEMOCRACY 107
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.10 **107**
Anderson Santos dos Passos 107

CAPÍTULO 11 **117**

O PRINCÍPIO PRO PERSONA E O NÍVEL MAIS ELEVADO DE PROTEÇÃO: FUNDAMENTOS PARA A SUPERAÇÃO DO CRITÉRIO HIERÁRQUICO NO CONTROLE DE CONVENCIONALIDADE LATINO-AMERICANO 117
THE PRO PERSONA PRINCIPLE AND THE HIGHEST LEVEL OF PROTECTION: FOUNDATIONS FOR OVERCOMING THE HIERARCHICAL CRITERION IN LATIN AMERICAN CONVENTIONALITY CONTROL 117
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.11 117
Anderson Santos dos Passos 117
Maria Gabriela Ramos Dias 117

CAPÍTULO 12 125

OS MECANISMOS DA *WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW* NA *COMMONWEALTH*: UMA PERSPECTIVA COMPARATIVA DE DIÁLOGO LEGISLATIVO-JUDICIAL 125
MECHANISMS OF WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW IN THE COMMONWEALTH: A COMPARATIVE PERSPECTIVE OF LEGISLATIVE-JUDICIAL DIALOGUE 125
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.12 125
Anderson Santos dos Passos 125

CAPÍTULO 13 134

A JURISPRUDÊNCIA DA CORTE INTERAMERICANA DE DIREITOS HUMANOS E A CONSTRUÇÃO DO CONTROLE INTERNO DE CONVENCIONALIDADE NA AMÉRICA LATINA 134
THE JURISPRUDENCE OF THE INTER-AMERICAN COURT OF HUMAN RIGHTS AND THE CONSTRUCTION OF INTERNAL CONVENTIONALITY CONTROL IN LATIN AMERICA 134
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.13 134
Anderson Santos dos Passos 134

CAPÍTULO 14 141

O DEBATE *DWORKIN VS. WALDRON* SOBRE A LEGITIMIDADE DA *JUDICIAL REVIEW* E A PROPOSTA DO DIÁLOGO INSTITUCIONAL 141
THE DWORKIN VS. WALDRON DEBATE ON THE LEGITIMAC OF JUDICIAL REVIEW AND THE PROPOSAL OF INSTITUTIONAL DIALOGUE 141
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.14 141
Anderson Santos dos Passos 141

CAPÍTULO 15 148

TRAÇOS E LIMITAÇÕES DO DIÁLOGO INSTITUCIONAL NO SISTEMA JURÍDICO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DO ART. 52, X DA CF/88 E DA PEC 33/2011 148
TRACES AND LIMITATIONS OF INSTITUTIONAL DIALOGUE IN THE BRAZILIAN LEGAL SYSTEM: A CRITICAL ANALYSIS OF ART. 52, X OF THE 1988 CONSTITUTION AND PEC 33/2011 148
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.15 148
Anderson Santos dos Passos 148

CAPÍTULO 16 155

A PROTEÇÃO DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS NA UNIÃO EUROPEIA: UM ESTUDO SOBRE O PRINCÍPIO DO NÍVEL MAIS ELEVADO DE PROTEÇÃO E A JURISPRUDÊNCIA DO TJUE 155
THE PROTECTION OF FUNDAMENTAL RIGHTS IN THE EUROPEAN UNION: A STUDY ON THE PRINCIPLE OF THE HIGHEST LEVEL OF PROTECTION AND THE JURISPRUDENCE OF THE 155
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.16 155
Anderson Santos dos Passos 155

CAPÍTULO 17 162

O DIÁLOGO CONSTITUCIONAL NO PROCESSO PENAL MODERNO: CONVERGÊNCIAS ENTRE NORMAS INTERNACIONAIS E O DIREITO INTERNO 162
CONSTITUTIONAL DIALOGUE IN MODERN CRIMINAL PROCEDURE: CONVERGENCES BETWEEN INTERNATIONAL NORMS AND INTERNAL LAW 162
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.17 162
Anderson Santos dos Passos 162
Maria Gabriela Ramos Dias 162

CAPÍTULO 18 177

O PAPEL DO FARMACÊUTICO NA CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE OS RISCOS DO USO INDISCRIMINADO DE ANÁLOGOS DE GLP-1 E GIP PARA EMAGRECIMENTO 177
THE ROLE OF THE PHARMACIST IN RAISING AWARENESS ABOUT THE RISKS OF THE INDISCRIMINATE USE OF GLP-1 AND GIP ANALOGS FOR WEIGHT LOSS 177
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.18 177
Lorrany Cardoso Oliveira 177
Mizael Calácio Araújo 177

CAPÍTULO 19 189

A ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA EDUCAÇÃO EM SAÚDE FRENTE ÀS INTERAÇÕES FÁRMACO-NUTRIENTES EM ADULTOS 189
THE ROLE OF THE PHARMACIST IN HEALTH EDUCATION REGARDING DRUG-NUTRIENT INTERACTIONS IN ADULTS 189
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.19 189
Antônia das Chagas Bezerra 189
Mizael Calácio Araújo 189

CAPÍTULO 20 211

O EMPREGO DO MODELAMENTO DE INCÊNDIO PELO FDS (*FIRE DYNAMICS SYSTEM* – NIST) NA DETERMINAÇÃO DA ARQUITETURA DE ESPAÇOS EDUCACIONAIS PARA CRIANÇAS E JOVENS 211
THE USE OF FIRE MODELING BY THE FDS (FIRE DYNAMICS SYSTEM – NIST) IN DETERMINING THE ARCHITECTURE OF EDUCATIONAL SPACES FOR CHILDREN AND YOUNG PEOPLE. 211
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.20 211
Fernanda Ribeiro Jordão Guimarães 211
Fernando Gabriel da Silva Araújo 211
Antônio Maria Claret de Gouveia 211

CAPÍTULO 21 226

A SELEÇÃO ESTRATÉGICA DE TALENTOS NA ERA DA EXPERIÊNCIA E DO PROPÓSITO: UMA ANÁLISE DA ABORDAGEM POR COMPETÊNCIAS COMO VANTAGEM COMPETITIVA 226
COMPETENCY-BASED TALENT SELECTION IN THE AGE OF EXPERIENCE AND PURPOSE: STRATEGIC IMPLICATIONS FOR COMPETITIVE ADVANTAGE 226
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.21 226
Daniela Carlesso 226
Felipe Dausacker da Cunha 226
Luciane Amália Bitello 226

CAPÍTULO 22 239

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE MOSTURAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO DE UMA CERVEJA *AMERICAN PALE ALE* 239
EVALUATION OF MASHING TEMPERATURE ON THE COMPOSITION OF AN AMERICAN PALE ALE BEER 239
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.22 239
Ana Clara Souza 239
Ghiovani Zanzotti Raniero 239
Douglas Lisboas Santos 239
Nathalia Gouveia Botan 239

Caroline Eli Pulzatto Meloni 239
Claudia Cirineo Ferreira Monteiro 240
Antonio Roberto Giriboni Monteiro 240

CAPÍTULO 23 252

ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM AO RECÉM-NASCIDO EM HIPOTERMIA TERAPÊUTICA: COM BASE EM DIAGNÓSTICOS DE ENFERMAGEM - (NANDA *INTERNATIONAL* 2024–2026) 252
NURSING CARE FOR THE NEWBORN IN THERAPEUTIC HYPOTHERMIA: BASED ON NURSING DIAGNOSES - (NANDA INTERNATIONAL 2024–2026) 252
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.23 252
Priscila Guterres de Oliveira 252
Suelen Goecks Oliveira 252
Marina Heinen 252
Valdereza da Silva Ribeiro 252
Daniel Wingert 253
Paola Melo Campos 253
Suélen Heningues Leiman 253
Aline Oliveira 253
Juliana Frederico Tonding 253

CAPÍTULO 24 268

USO DA TECNOLOGIA NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DE MELANOMAS ORAIS 268
THE USE OF TECHNOLOGY IN THE EARLY DIAGNOSIS OF ORAL MELANOMAS 268
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.24 268
Arthur José dos Santos 268
Arthur Vieira Ferreira 268
Felipe Gabriel Galdi 268
Maria Júlia Reiff Borges 268
Rafaela Rabelo Matta 268
Laura Silva Siano Rodrigues 268
Lydia Silva Provinciali 268
Gisele Maria Campos Fabri 269

CAPÍTULO 25 281

ADAPTAÇÃO AO NICHO CIENTÍFICO: UM DIAGNÓSTICO DA ESCRITA ACADÊMICA NA GRADUAÇÃO DO IFRN 281
ADAPTATION TO THE SCIENTIFIC NICHE: A DIAGNOSIS OF ACADEMIC WRITING IN IFRN UNDERGRADUATE COURSES 281
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.25 281

Lara Sophia Costa Albuquerque 281
Emilly Gabriela Moreira Silva 281
Maria José de Holanda Leite 281
Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto 281
Rodrigo Mateus Lima Ribeiro 282

CAPÍTULO 26 305

O PRINCÍPIO DA SUSTENTABILIDADE COMO DIREITO FUNDAMENTAL SOCIAL 305
THE PRINCIPLE OF SUSTAINABILITY AS A FUNDAMENTAL SOCIAL RIGHT 305
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.26 305
Alexandre Ataualpa Selayaran 305

CAPÍTULO 27 321

ESTRESSE OXIDATIVO E DISFUNÇÃO MITOCONDRIAL NO ENVELHECIMENTO CEREBRAL: MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS E ABORDAGENS NEUROPROTETORAS 321
OXIDATIVE STRESS AND MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION IN BRAIN AGING: PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS AND NEUROPROTECTIVE APPROACHES 321
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.27 321
Gabriela Acunha Razzera 321
Ana Laura Kerkhoff Escher 321
Caroline Kemmerich 321
Giovana Bolzan Fortes 321
Gustavo Figueiredo Prestes 321
Natália Hentschke 321
Sofia Laura Thom 322
Fernanda Barbisan 322
Maria Denise Schimith 322
Elize Musachio 322

CAPÍTULO 28 336

RADIAÇÕES EM PERSPECTIVA MULTIDISCIPLINAR: DIÁLOGO ENTRE CIÊNCIA, SAÚDE, TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE 336
RADIATION FROM A MULTIDISCIPLINARY PERSPECTIVE: A DIALOGUE AMONG SCIENCE, HEALTH, TECHNOLOGY, ENVIRONMENT, AND SOCIETY 336
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.28 336
Erica Silvani Souza 336
André Nunes Barbosa 336

Francisco José de Oliveira Ferreira 336

CAPÍTULO 29 350

NUTRIGENÔMICA E CÂNCER: EFEITOS DE NUTRIENTES E COMPOSTOS BIOATIVOS NA REGULAÇÃO GÊNICA E EPIGENÉTICA 350
NUTRIGENOMICS AND CANCER: EFFECTS OF NUTRIENTS AND BIOACTIVE COMPOUNDS ON GENE AND EPIGENETIC REGULATION 350
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.29 350
Maria Raissa Holanda Alves 350
Anna Clarysse de Queiroz Medeiros 350
Myrelle Elias Costa 350
Carlos Romero Gomes de Oliveira Júnior 350
Damarys Teodosio Guedes 351
Carliane Rebeca Coelho da Silva 351
Igor Luiz Vieira de Lima Santos 351

CAPÍTULO 30 388

ANÁLISE APROFUNDADA DA ESTRUTURA E FUNÇÃO DA PROTEÍNA GCK E SUA IMPLICAÇÃO NO DIABETES MELLITUS 388
IN-DEPTH ANALYSIS OF THE STRUCTURE AND FUNCTION OF GCK PROTEIN AND ITS IMPLICATIONS IN DIABETES MELLITUS 388
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.30 388
Damarys Teodosio Guedes 388
Myrelle Elias Costa 388
Carlos Romero Gomes de Oliveira Júnior 388
Maria Raissa Holanda Alves 388
Anna Clarysse de Queiroz Medeiros 388
Carliane Rebeca Coelho da Silva 389
Igor Luiz Vieira de Lima Santos 389

CAPÍTULO 31 410

SEPARAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁCIDO SUCCÍNICO DE ORIGEM BIOTECNOLÓGICA: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS 410
SEPARATION AND RECOVERY OF BIO-BASED SUCCINIC ACID: ADVANCES, CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES 410
DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.31 410
Lucas Fernando dos Santos Biliatto 410
Gustavo Dias Maia 410
Alberto Colli Badino 410
Diego Andrade Lemos 410

SOBRE OS ORGANIZADORES DO LIVRO DADOS CNPQ: 429

PREFÁCIO À 1ª EDIÇÃO

O conhecimento científico tem se expandido de maneira acelerada, exigindo abordagens cada vez mais integradas e interdisciplinares para enfrentar os desafios contemporâneos. A complexidade dos fenômenos estudados pela ciência moderna demanda a colaboração entre diferentes áreas do saber, promovendo um intercâmbio de ideias e metodologias que enriquecem tanto a teoria quanto a prática da pesquisa acadêmica.

Este livro, Conhecimentos e Pesquisas Multidisciplinares, reúne estudos e investigações de diversas áreas do conhecimento, destacando a importância da interdisciplinaridade na produção científica. A obra aborda temas que vão das ciências da saúde às engenharias, das humanidades às ciências exatas, explorando como diferentes campos do saber podem dialogar para gerar soluções inovadoras e eficazes para os desafios da sociedade.

Em tempos de informação abundante e circulação rápida de dados, é essencial que pesquisadores, estudantes e profissionais tenham acesso a conteúdos embasados cientificamente. A educação e a pesquisa são os pilares para o desenvolvimento de soluções sustentáveis, avanços tecnológicos e melhorias na qualidade de vida.

Cada capítulo desta obra foi elaborado por estudiosos em suas respectivas áreas, trazendo perspectivas diversas e reflexões aprofundadas sobre questões multidisciplinares. A diversidade de temas e abordagens presentes neste livro fazem dele um recurso valioso para acadêmicos, pesquisadores e todos aqueles interessados na interseção entre diferentes campos do conhecimento.

Esperamos que esta leitura inspire novas pesquisas e contribua para um olhar mais amplo e integrador sobre a ciência. Que esta obra seja um incentivo ao diálogo entre diferentes disciplinas e ao desenvolvimento de soluções inovadoras para os desafios da atualidade, reforçando o compromisso com a construção de um futuro mais colaborativo e cientificamente fundamentado.

Boa Leitura

Os Organizadores



CAPÍTULO 1

PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES DE MEDICINA DO PROGRAMA UNIVERSIDADE PARA TODOS SOBRE A FORMAÇÃO ACADÊMICA

PERCEPTIONS OF MEDICAL STUDENTS OF "UNIVERSIDADE PARA TODOS", BRAZILIAN PROGRAM ABOUT THEIR ACADEMIC TRAINING

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.01

Submetido em: 19/03/2025
Revisado em: 28/03/2025
Publicado em: 29/03/2025

Luiz Fernando Gomes Lourenço

Universidade do Grande Rio, Faculdade de Medicina, Rio de Janeiro- RJ.

http://lattes.cnpq.br/0210456819165846

Luciano Luz Gonzaga

Governo do Estado do Rio de Janeiro, Secretaria de Educação, Rio de Janeiro-RJ.

https://orcid.org/0000-0002-4001-3813

Resumo

A expansão acelerada de faculdades de Medicina no setor privado, beneficiadas pelo Programa Universidade para Todos, tem sido motivo de preocupação, especialmente devido aos impactos na qualidade do ensino e na formação médica. Assim, a presente pesquisa visa identificar quais as expectativas dos estudantes, beneficiados pelo Programa, em relação ao curso de Medicina e, com isso, tentar compreender se essas expectativas ajudam a dimensionar o impacto do benefício na transformação da realidade socioeconômica desses jovens e de suas famílias. A técnica de Análise Livre de Interpretação foi a metodologia escolhida para examinar os discursos dos estudantes. Como resultados, identificamos cinco categorias discursivas: i) 'Estabilidade Financeira', ii) 'Realização Pessoal e Vocacional', iii) 'Reconhecimento e Prestígio', iv) 'Desenvolvimento Profissional' e, por fim, v) 'Impacto Social e Contribuição para a Sociedade'. Sendo as categorias 'Estabilidade Financeira' e' Impacto Social' as mais representativas para o grupo, revelando que a escolha da profissão não se baseia apenas no desejo de alcançar segurança econômica, mas também no compromisso de contribuir para a sociedade.

Palavras-Chave: Políticas públicas, ProUni, Medicina.

Abstract

The accelerated expansion of private medical schools, supported by the University for All Program, has raised concerns—particularly due to its impact on the quality of education and medical training. Thus, the present study aims to identify the expectations of students who are beneficiaries of the Program regarding the field of Medicine and to understand whether these expectations help gauge the impact of the benefit on transforming the socioeconomic reality of these young individuals and their families. The Free Interpretation Analysis technique was chosen as the methodology to examine the students' discourses. As a result, we identified five discursive categories: (i) "Financial Stability", (ii) "Personal and Vocational Fulfillment", (iii) "Recognition and Prestige", (iv) "Professional Development", and (v) "Social Impact and Contribution to Society". The categories "Financial Stability" and "Social Impact" were the most representative for the group, revealing that the choice of profession is based not only on the desire to achieve economic security but also on a commitment to contribute to society.

Keywords: Public policies, ProUni, Medicine.

Introdução

O Programa Universidade para Todos (ProUni) tem sido um importante mecanismo de inclusão educacional no Brasil, permitindo que estudantes de baixa renda ingressem no ensino superior por meio de bolsas integrais ou parciais em instituições privadas (Brasil, 2005).

No entanto, quando se trata dos cursos de Medicina, a quantidade das universidades parceiras do programa é frequentemente debatida, pois “levanta preocupações sobre a qualidade da formação médica e a real solução para os problemas de saúde pública” (Weber; Silva, 2024, p.1), comprometendo assim a “prestação de serviços médicos à população no futuro” (Nassar; Couto; Pereira, 2021, p.12).

Embora existam universidades privadas de Medicina bem avaliadas e reconhecidas, muitas instituições parceiras do ProUni enfrentam críticas devido à falta de infraestrutura adequada (Oliveira, 2019), qualificação insuficiente do corpo docente e currículos que não atendem plenamente às exigências da formação médica (Silva, 2019).

A expansão acelerada de faculdades de Medicina no setor privado tem sido motivo de preocupação, especialmente devido aos impactos na qualidade do ensino e na formação médica. Essa questão foi amplamente debatida no Fórum de Medicina da Faculdade de Ribeirão Preto, intitulado “A Precarização da Medicina” (USP, 2022), onde foram discutidos temas como a privatização do ensino e da saúde pública no Brasil, a mercantilização da Medicina e a crescente desumanização da prática médica.

Além disso, há uma preocupação crescente com a substituição de professores altamente qualificados por docentes menos experientes, frequentemente contratados sob

regimes trabalhistas mais flexíveis e com remuneração inferior, o que pode comprometer a qualidade do ensino (Dalla Rosa; Vieira, 2023; Carvalho; Lima, 2024).

Essa prática perversa do pagar menos e fazer mais têm sido muito comuns nas instituições de ensino superior da rede privada brasileira que "são organizadas pela mesma lógica que orienta a gestão das empresas capitalistas", comprometendo a transmissão do conhecimento e a experiência clínica necessária para uma formação sólida (Dalla Rosa; Vieira, 2023, p. 214).

Assim, diante de tantos contrapontos, a presente pesquisa visa identificar quais as expectativas dos estudantes, beneficiados pelo ProUni, em relação ao curso de Medicina e, com isso, tentar compreender se essas expectativas ajudam a dimensionar o impacto do programa na transformação da realidade socioeconômica desses jovens e de suas famílias.

Metodologia

Dos 31 estudantes bolsistas do ciclo básico do curso de Medicina (1º e 2º semestres de 2023), 20 (64,5%) participaram da pesquisa. Os participantes responderam a um questionário semiestruturado que coletava informações socioeconômicas, além de uma pergunta aberta sobre suas expectativas em relação ao curso de Medicina. O questionário foi adaptado com base no modelo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), com o objetivo de assegurar a padronização, a comparabilidade e a consistência dos dados coletados, conferindo maior robustez à análise.

Os discursos foram organizados em uma planilha do Excel e categorizados conforme cinco grandes eixos temáticos, como: i) 'Estabilidade Financeira', ii) 'Realização Pessoal e Vocacional', iii) 'Reconhecimento e Prestígio', iv) 'Desenvolvimento Profissional' e, por fim, v) 'Impacto Social e Contribuição para a Sociedade'. Essa organização visou facilitar a análise e interpretação dos dados, mediante a proposta de Livre Interpretação (Anjos; Rôças; Pereira, 2019).

Após a categorização, buscamos identificar quais os eixos temáticos foram mais predominantes e, em seguida, com a utilização da ferramenta C-maptools, do Institute for Human & Machine Cognition – IHMC, realizamos a figura de correlação dos eixos temáticos por participantes, com objetivo de verificar se há uma associação entre duas ou mais categorias, ajudando a compreender a influência de um discurso sobre outro.

Resultados e Discussão

Dos 20 bolsistas participantes, 11 são do sexo masculino, com uma média de idade de 23,16 anos (Desv. Padrão = 1,92), revelando ser um grupo bastante homogêneo.

Em relação à autodeclaração de cor ou raça, 7 (sete) se identificaram como brancos, 9 (nove) como pardos e 4 (quatro) como pretos. Assim, dos 20 ingressantes, 13 (65%) são negros.

Quanto à religião ou credo, 7 (sete) participantes se declararam evangélicos, 4 (quatro) católicos, 5 (cinco) afirmaram não seguir nenhuma religião,1 (um) se identificou como praticante do candomblé, 1 (um) como budista, 1 (um) como umbandista e 1 (um) como agnóstico.

No que diz respeito à formação acadêmica dos genitores, a começar pela figura paterna, apenas 6 (seis) concluíram a educação básica, enquanto apenas 1 (um) possui ensino superior completo. Em relação à figura materna, 7 (sete) concluíram a educação básica, e nenhuma alcançou o nível superior.

Esses dados sobre a formação dos genitores nos levam a refletir sobre a importância que essas famílias atribuem ao fato de seus filhos (as) poderem ingressar em uma carreira de prestígio, como uma forma de superar as limitações educacionais enfrentadas pelas gerações anteriores e de conquistar melhores oportunidades socioeconômicas.

No que tange às respostas dos (as) estudantes de Medicina em relação às expectativas sobre o curso, identificamos que ‘Estabilidade Financeira’ (n=10), seguido de ‘Impacto Social e Contribuição para a Sociedade’ (n=7) e ‘Realização Pessoal e Profissional’ (n= 6) foram as temáticas mais citadas (Tabela 1).

Tabela 1: Distribuição das expectativas dos bolsistas do ProUni em relação ao curso de Medicina de uma IESP.

Temática	Frequência absoluta	Frequência relativa*
Estabilidade financeira	10	50%
Impacto social e Contribuição para a Sociedade	7	35%
Realização Pessoal e Profissional	6	30%
Desenvolvimento profissional	4	20%
Reconhecimento e Prestígio	2	10%

Na Tabela, o total da frequência relativa ultrapassa 100%, pois em um mesmo discurso pode abarcar várias temáticas.
Fonte: Elaborado pelos autores.

Estabilidade Financeira

Os estudantes ao declararem sobre a estabilidade financeira parecem fomentar aspirações relacionadas a uma remuneração que proporcione mudanças pessoais e mudanças no núcleo familiar, como podemos observar em alguns exemplos:

> Minha independência financeira e uma carreira estável que faça sentido para minha vida (Estudante 2).
> Oportunidade para mudar a realidade financeira minha e da minha família (Estudante 4)
> Ter uma vida financeiramente confortável (Estudante 8)
> Poder vivenciar uma realidade diferente e mais confortável futuramente (Estudante 13).

Esse dado parece corroborar a pesquisa intitulada "Escolha da Medicina como Profissão e Perspectiva Laboral dos Estudantes", desenvolvida na Universidade do Oeste de Santa Catarina. O estudo revelou que 59,42% dos 308 estudantes entrevistados apontaram exatamente a estabilidade financeira como uma das principais expectativas em relação à carreira médica (Kamijo *et al*., 2021).

Impacto Social e Contribuição para a Sociedade

Para os estudantes, a categoria causar 'impacto social e contribuir para a sociedade' representa o reconhecimento do seu papel na transformação e no bem-estar social que, como podemos observar nos discursos a seguir, pode se manifestar desde a promoção de saúde e qualidade de vida como bens coletivos à transformação do próprio meio.

> Ser um bom médico e ajudar pessoas (Estudante 5)
> Espero estudar e levar a educação e cuidados às zonas periféricas, honrando minhas origens e cuidando daqueles que tanto amo (Estudante 7)
> Uma grade curricular com aulas e matérias voltadas para o desenvolvimento da humanização dos alunos, como empatia e respeito que devem ser trabalhadas diariamente (Estudante 3)
> Mudar o ambiente em que me encontro (Estudante 9)
> Reduzir o sofrimento humano (Estudante 20)

Os discursos ressaltam a importância de uma prática médica mais humanizada, que transcenda a realização individual e promova benefícios coletivos. Essa perspectiva

contrasta com o modelo biologicista, que tende a ignorar a realidade socioeconômica, o contexto ambiental e as condições de vida das famílias nas comunidades (Martins; Demarzo, 2021; Oliveira *et al*, 2024)

Realização Pessoal e Profissional

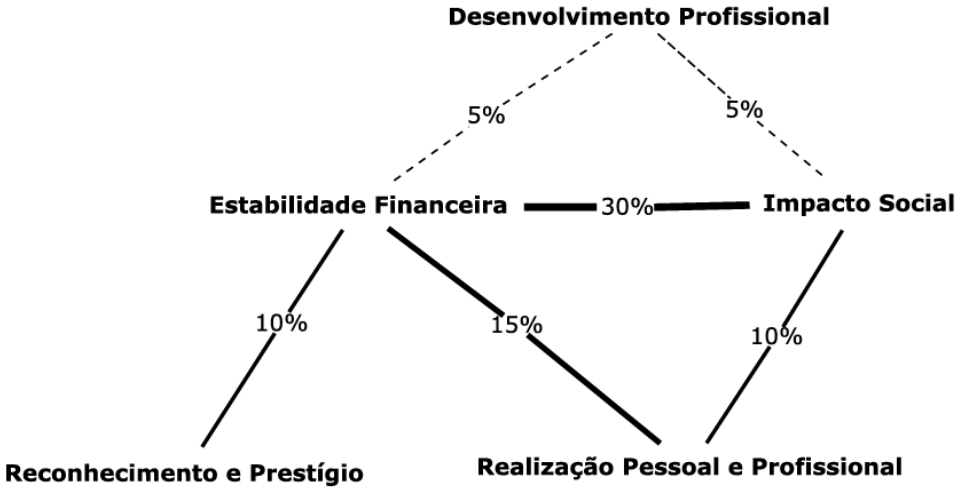
Ao expressarem suas percepções sobre realização pessoal e profissional, os estudantes parecem demonstrar a expectativa de alcançar satisfação na carreira, alinhada ao desejo cultivado desde a infância. Seus relatos sugerem, possivelmente, uma vocação precoce, um forte envolvimento emocional com a profissão e a concretização de um ideal construído ao longo da vida, como evidenciado nos discursos a seguir:

> Realizar um sonho de criança (Estudante 1)
> Oportunidade de aprender aquilo que sempre sonhei em fazer (Estudante 10)
> Felicidade no serviço (Estudante 12)
> Desde o início, medicina foi meu sonho (Estudante 16).
> Um sonho que cultivo desde criança (Estudante 14).

Para Ramiro Dourado-Maranhão e Mariana Cunha (2024), a realização pessoal se destaca especialmente na aprovação em "um curso caracterizado por um intenso e estressante processo seletivo, como a graduação em Medicina, esse fato é ainda mais marcado por expectativas e sentimentos de sucesso e realização pessoal" (p.3). Nesse contexto, o curso de Medicina representa a concretização de um sonho de infância, simbolizando a promessa de um futuro promissor.

Na análise de correlação das temáticas (Figura1), é possível observar a visualização da organização das categorias discursivas a partir da força com que as temáticas se ligam umas às outras.

Figura 1: Análise de correlação entre as categorias discursivas dos estudantes pertencentes ao Programa Universidade Para Todos em relação às expectativas ao curso de Medicina.



Na Figura: A espessura das arestas reflete a grandeza da porcentagem de estudantes que citaram duas ou mais categorias ao mesmo tempo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A forte relação entre ‘Estabilidade Financeira’ com ‘Impacto Social’ parece indicar que, para muitos, a escolha da profissão não se baseia apenas no desejo de alcançar segurança econômica, mas também no compromisso de contribuir para a sociedade. Essa conexão sugere que os estudantes veem a Medicina como um meio de obter uma carreira financeiramente estável, ao mesmo tempo em que podem causar mudanças significativas na vida das pessoas, promovendo saúde e bem-estar. Dessa forma, a busca por estabilidade e a vocação não são aspectos isolados, mas sim complementares, refletindo uma visão profissional que equilibra interesses pessoais e coletivos.

Por outro lado, a relação entre ‘Estabilidade Financeira’ e ‘Realização Pessoal’ aparenta a ideia de que quando uma pessoa tem estabilidade financeira, ela pode se dedicar mais plenamente às suas aspirações e investir em seu crescimento pessoal e profissional. No contexto de carreiras como a Medicina, essa relação se torna ainda mais evidente, pois a estabilidade financeira conquistada pode permitir ao profissional escolher caminhos que o satisfaçam não apenas materialmente, mas também em termos de propósito e impacto social.

Considerações Finais

Embora se trate de um estudo de caso, a pesquisa evidencia a importância do Programa Universidade para Todos na concretização de um sonho que ultrapassa

gerações. Para pais e mães que não tiveram acesso à educação formal, ver seus filhos ingressarem no ensino superior representa não apenas uma conquista individual, mas a realização de um legado familiar. Esse feito simboliza superação, ascensão social e a quebra de ciclos de dificuldades, reafirmando o impacto transformador da educação na trajetória das famílias.

Para os estudantes desta pesquisa, ingressar em um curso de elite simboliza mais do que a realização de um sonho de criança, representa a possibilidade de transpor obstáculos profundamente enraizados nas instituições, políticas, práticas e normas sociais que dificultam ou impedem o acesso equitativo a oportunidades e recursos para determinados grupos.

Nesse contexto, a Medicina não se resume a uma escolha profissional, mas torna-se um instrumento de transformação pessoal, familiar e social. Além disso, os discursos dos estudantes parecem indicar que a conquista em uma vaga no curso de Medicina vai além da estabilidade financeira e das melhores oportunidades para o futuro. Para os estudantes, a formação médica também carrega um forte significado de impacto social, permitindo retribuir à sociedade por meio da promoção da saúde pública e do atendimento a comunidades carentes.

Agradecimentos

À Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ).

Referências

ANJOS, Maylta Brandão dos; RÔÇAS, Giselle; PEREIRA, Marcos Vinícius. Análise de livre interpretação como uma possibilidade de caminho metodológico. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 12, n. 3, 11 de dezembro 2019.

BRASIL. **Lei nº 11.096, de 13 de janeiro de 2005**. Institui o Programa Universidade para Todos - PROUNI, regula a atuação de entidades beneficentes de assistência social no ensino superior; altera a Lei nº 10.891, de 9 de julho de 2004, e dá outras providências. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 14/1/2005, Página 7.

CARVALHO, Cristina Helena Almeida de; LIMA, Raimundo da Silva. Estratégias e movimentos dos grandes grupos privados de ensino superior de capital aberto entre 2007 e 2021. **Revista Brasileira de Educação**, v. 29, p. e290091, 2024.

DALLA ROSA, Vânia; VIEIRA, Marilandi Maria Mascarello. Mercantilização e precarização do trabalho docente no ensino superior privado. **Revista Thema**, v. 22, n. 1, p. 212-230, 2023.

DOURADO-MARANHÃO, Ramiro; CUNHA, Mariana. Percepção de alunos ingressantes de Medicina sobre o aprendizado durante a pandemia da Covid-19. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 48, n. 02, p. e040, 2024.

KAMIJO, Eduardo Delatorre et al. Escolha da medicina como profissão e perspectiva laboral dos estudantes. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 45, p. e216, 2021.

MARTINS, Diego Bonaparte; DEMARZO, Marcelo Marcos Piva. O papel da medicina de família nos cuidados paliativos. **InterAmerican Journal of Medicine and Health**, v. 4, 2021.

NASSAR, Leonardo Maso; COUTO, MARIA HELENA DA COSTA; PEREIRA, GERSON ALVES. Financiamento público (fies e prouni) para o ensino de medicina no Brasil: Uma revisão da literatura e as distorções criadas. **Educação em Revista**, v. 37, p. e25246, 2021.

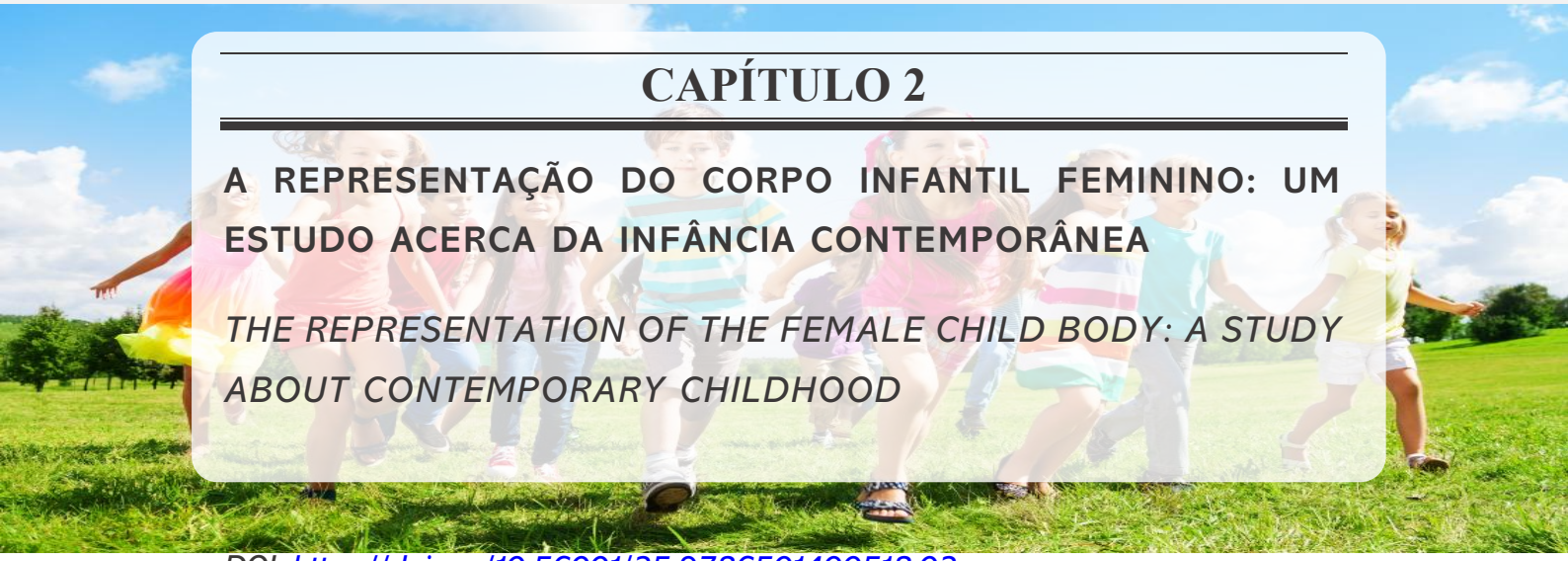
OLIVEIRA, Rhanna Carolina de et al.O processo de formação ética e humanizada sob a perspectiva de discentes de Medicina. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 12, p. 4195–4210, 2024. DOI: 10.51891/rease.v10i12.17731.

OLIVEIRA, Everton J. et al. Proposta de um Simulador de Clínica Médica para Treinamento de Estudantes de Medicina em casos Clínicos. Anais do Computer on the Beach, v. 10, p. 793-795, 2019.

SILVA, Lúcio Flavio Gonzaga. Qualificação dos professores das escolas médicas: relatório do IX Fórum Nacional de Ensino Médico do Conselho Federal de Medicina: Brasília, 16 e 17 de agosto. In: **Qualificação dos professores das escolas médicas: relatório do IX Fórum Nacional de Ensino Médico do Conselho Federal de Medicina**: Brasília, 16 e 17 de agosto. 2019. p. 90-90.

USP. **Fórum de Ensino: A precarização da Medicina.** Faculdade de Ribeirão Preto, 17 de agosto de 2022. Disponível em: https://www.fmrp.usp.br. Acesso em: 03 fev. 2025.

WEBER, César Augusto Trinta; SILVA, Antônio Geraldo da. Novas faculdades de medicina, solução ou problema?. **Debates em Psiquiatria**, v. 14, p. 1-6, 2024.



CAPÍTULO 2

A REPRESENTAÇÃO DO CORPO INFANTIL FEMININO: UM ESTUDO ACERCA DA INFÂNCIA CONTEMPORÂNEA

THE REPRESENTATION OF THE FEMALE CHILD BODY: A STUDY ABOUT CONTEMPORARY CHILDHOOD

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.02

Submetido em: 11/03/2025
Revisado em: 28/03/2025
Publicado em: 29/03/2025

Delcimaria Dantas de Araujo

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN

http://lattes.cnpq.br/4539855340031697

Kilza Fernanda Moreira de Viveiros

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN

http://lattes.cnpq.br/0588907119958839

Resumo

Esta pesquisa aborda a infância contemporânea, corpo infantil e suas transformações socioculturais, especialmente no contexto brasileiro, a partir de uma perspectiva sócio-histórica e cultural. Mediante uma abordagem de cunho investigativo a abordagem sócio-histórica, discorreremos acerca da representação da infância na nossa sociedade recorrendo às fontes bibliográficas e acervo documental de atendimento do Centro Especializado em Reabilitação. Com enfoque nas meninas atendidas no Centro Especializado em Reabilitação de Parnamirim/RN. A pesquisa investiga como o corpo infantil feminino revela histórias e cultura. Esta pesquisa é de cunho qualitativo, investigativo, documental na abordagem sócio-histórica da educação. Como aporte teórico-metodológico, recorremos aos estudos da representação sócio-histórica da infância em CHARTIER (2002); compreendemos acerca da docilização dos corpos em FOUCAULT (2014), embasando-nos em ARIÉS (1986), em sua singular obra sobre a história social da infância e por fim a criança em KULHMANN (2004). Ao longo do estudo, abordamos questões centrais, como o controle sobre os corpos infantis, a invisibilidade da infância em certos contextos culturais e o impacto das mídias no comportamento das crianças. Refletimos sobre a importância de proteger a infância de forma integral, garantindo seu pleno desenvolvimento; levando em consideração os aspectos cognitivos e emocionais. Em suma, realizamos uma análise crítica de como a infância é representada na atualidade, promovendo uma discussão sobre o papel histórico e social da criança na construção de sua identidade e vivências.

Palavras-chaves: Infância, Corpo infantil, História do corpo e infância.

Abstract

This research looks at contemporary childhood, the child's body and its socio-cultural transformations, especially in the Brazilian context, from a socio-historical and cultural perspective. Using an investigative approach and a socio-historical approach, we will discuss the representation of childhood in our society, using bibliographical sources, medical records and documents from the Specialized Rehabilitation Centre. Focusing on girls treated at the Specialized Rehabilitation Centre in Parnamirim/RN, the research investigates how the female child's body reveals stories and culture. This research is qualitative, investigative and documental, using a socio-historical approach to education. As a theoretical-methodological contribution, we turned to studies of the socio-historical representation of childhood in CHARTIER (2002); we understood about the docilization of bodies in FOUCAULT (2014), we based ourselves on ARIÉS (1986) , in his unique work on the social history of childhood and finally the child in KULHMANN (2004). Throughout the study, we address central issues such as control over children's bodies, the invisibility of childhood in certain cultural contexts and the impact of the media on children's behavior. We reflect on the importance of protecting childhood in an integral way, guaranteeing its full development; taking into account cognitive and emotional aspects. In short, we carried out a critical analysis of how childhood is represented today, promoting a discussion on the historical and social role of children in the construction of their identity and experiences.

Keywords: Childhood, Children's bodies, History of the body and childhood.

Introdução

A infância da criança necessita de constantes estudos, tendo em vista o seu célere desenvolvimento. Suas identidades estão sendo construídas no cotidiano de múltiplos estímulos. Com o crescente avanço tecnológico as crianças estão modificando seus hábitos e processos cognitivos; estão mais hiperativas e reativas, temos presenciado um processo de adultização precoce na infância. Na idade média a criança era tida como adulto em miniatura, não havia pudor ao se falar próximo, o sentimento de valorização era desconhecido naquela era. Hoje, em tempos contemporâneos, observamos em distintos espaços socioculturais as inúmeras infâncias, vividas em seus contextos históricos. A criança é o indivíduo protagonista da História da Educação, dos processos educacionais, pois é mediante o olhar para este, que pensamos de forma holística.

Esta pesquisa foi realizada no Centro Especializado em Reabilitação na cidade Parnamirim/RN, com meninas entre 10 e 12 anos de idade, que foram atendidas no período de 2021 a 2022. O objetivo principal desta pesquisa, parte do questionamento a seguir “Como a infância se revela na contemporaneidade através dos corpos infantis das meninas que são atendidas no Centro Especializado em Reabilitação de Parnamirim/RN? Estes corpos revelam histórias, representações e culturas. O desenvolvimento deste artigo, é um compilado do trabalho dissertativo de Mestrado e configurou-se em três objetivos específicos a saber: conhecer sobre a realidade sociocultural e histórica da infância das meninas atendidas no CER; Identificar como a representação do corpo infantil da menina reflete um tipo cultural da infância. E por fim analisar o papel

influenciador da sociedade sobre a infância e seu reflexo direto sobre a representação do corpo infantil no comportamento da criança.

Metodologia

Infância Contemporânea

A infância contemporânea perpassou por transformações profundas, reverberando mudanças socioculturais, histórica e tecnológica, que alteraram a forma como as crianças se desenvolvem. Conforme Áries (1986) na Idade Média o sentimento de infância era desconhecido; sendo construído concomitante ao sentimento de infância entre os séculos XVI e XVII. A história da família e criança é abordada por Philippe Ariès em sua obra "História Social da Criança e da Família", contribuindo para o campo sócio-histórico de modo singular. Com o avanço tecnológico neste tempo moderno, a geração *Alfa* tem presenciado as benesses e ônus da celeridade dos processos tecnológicos.

Mediante uma abordagem de cunho investigativo à abordagem sócio-histórica, discorremos neste trabalho acerca da representação da infância na nossa sociedade recorrendo às fontes bibliográficas e acervo documental do Centro Especializado em Reabilitação. Este trabalho justificou-se pelo anseio em investigar a infância e sua evolução sociocultural, mediante a observação da celeridade do desenvolvimento das meninas, mais especificamente, aos processos de adultização revelados em seus comportamentos culturais.

Os hábitos sociais, de estudo, alimentares entre outros, são modificados, também, em decorrência das influências midiáticas. A alta exposição que o corpo é submetido em nossa sociedade contribui de forma expressiva para o modo que a criança o vê e projeta-o. A precocidade infantil é revelada através da representação do seu corpo em sociedade. As crianças são estimuladas na mais tenra idade a costumes vaidosos, apego a aparência física; com a inserção dos celulares e mídias sociais, o inconformismo com o corpo se tornou maior, reconfigurando suas mentes para padrões inatingíveis por muitos. Os processos de adultização e erotização infantil são disseminados na sociedade de modo sutil, camuflado em propagandas, danças, filmes, na internet em geral.

A internet é o lugar onde não somente os adultos, mas as nossas crianças estão, já consomem o que é ofertado, realizam compras online, participam de bate-papos virtuais. Essa tendência é alimentada pelo marketing, pela mídia e pela cultura de consumo, que muitas vezes encoraja as crianças a amadurecerem mais rapidamente, em detrimento de

um desenvolvimento infantil mais equilibrado. A infância, corpo e tecnologia tem se tornado um tema central nas discussões sobre o desenvolvimento infantil na história contemporânea. As crianças, ao terem acesso irrestrito à internet e às redes sociais, estão expostas a informações, que muitas vezes, não são apropriadas para sua faixa etária. Isso pode acelerar o processo de "adultização", em que as crianças passam a adotar comportamentos e padrões de consumo voltados ao público adulto, impactando sua percepção sobre si mesmas, seu corpo e suas relações.

Infância e família são construções socioculturais que consolidaram-se concomitantemente, de acordo com Ariès (1986, p.11) "O sentimento da família, que emerge assim nos séculos XVI-XVII, é inseparável do sentimento da infância. O interesse pela infância [...] não é senão uma forma, uma expressão particular desse sentimento mais geral, o sentimento da família".

Os processos de adultização da infância desconfiguram a infância genuína, tornando-a mais insegura, competitiva, com fragilidades emocionais, necessitando sempre da aprovação e aceitação do outro. Assim, ao colocar a criança em foco, uma nova retórica persuasiva e sedutora tem sido elaborada nas últimas décadas, sob o argumento de qualidade e excelência, reforçando a ideologia neoliberal. O processo de adultização de crianças no mundo contemporâneo tem como principal objetivo criar uma infância com desejos semelhantes aos dos adultos. Embora pareçam mais independentes, na realidade, essas crianças são direcionadas ao consumo, influenciadas a comprar e a fazer escolhas utilitárias ditadas pelo mercado, tornando-se ajustadas às suas demandas e controladas por ele.

Roger Chartier (2002), aborda acerca das representações culturais e sua correlação com os processos de identidade, faz a relação das práticas culturais e como estas exercem poder sobre o indivíduo e seus grupos sociais. Isto é perceptível no cotidiano de nossas meninas, quando elas fazem o espelhamento da figura materna, da blogueira e tomam como referência, observamos parâmetros de identidades sendo construídos.

> Na verdade, é preciso pensar e como todas as relações, incluindo as que designamos por relações económicas ou sociais, se organizam de acordo com lógicas que põem em jogo, em acto, os esquemas de percepção e de apreciação dos diferentes sujeitos sociais, logo as representações constitutivas daquilo que poderá ser denominado uma cultura, seja esta comum ao conjunto de uma sociedade ou própria de um determinado grupo. [...] o conceito de cultura ao qual adiro, denota um padrão transmitido historicamente, de significados corporizados em símbolos, um siste4ma de concepções herdadas, expressas em formas simbólicas, por meio das quais os homens comunicam, perpetuam e

> desenvolvem o seu conhecimento e as atitudes perante a vida. (Chartier, 2002, p. 66-67)

A cultura da infância está sendo estabelecida nos mais distintos contextos socioculturais, através da história de cada uma, das suas vivências. Nas escolas, nas ruas, nas casas, enxergamos crianças, porém é particular o modo que presenciam suas infâncias. Quando em grupos, socializando, partilham suas vidas, interagem e ressignificam imperceptivelmente seus laços afetivos. Na socialização, as culturas se encontram e as infâncias também. Chartier (2002) em sua obra "A história cultural – entre práticas e representações" também discute acerca dos signos de poder na sociedade; signos que são observados na cultura.

História, Educação e Saúde: A Importância do Cuidado Multidisciplinar na Infância.

O lócus deste trabalho é um Centro Especializado em Reabilitação - CER, na cidade de Parnamirim/RN, as meninas entrevistas são assistidas por este serviço desde meados de 2021. No Brasil, os CERs integram a Rede de Cuidados à Pessoa com Deficiência no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS)**.** Funcionam com o objetivo de garantir assistência integral às pessoas com deficiência, seguindo princípios de acesso e inclusão, corroborando com os processos de reintegração de pessoas com deficiência à sociedade, ao mercado de trabalho e à vida cotidiana. Eles trabalham para eliminar barreiras físicas e socioculturais que possam dificultar essa inclusão.

É necessário ressaltarmos a importância da pedagogia e psicopedagogia em espaços públicos de Saúde, categorias que compõem a equipe multidisciplinar, contribuindo de forma significativa para o avanço terapêutico de cada criança. Como ser sócio-histórico que é; a criança é partícipe de seu processo de construção do saber e ressignificação em meio aos diagnósticos. É de real importância a presença de profissionais com formação nos campos de educação nos mais diversos lugares onde atende-se pessoas, especialmente, crianças. Sabemos que a história de infâncias atípicas ainda é muito escassa, a literatura quando as representam, fazem de forma ampla, tratando de diagnósticos, mas estudos de casos e histórias em particular ainda possuem insatisfatórios registros publicados.

As meninas do Centro Especializado em Reabilitação, Parnamirim/RN, dão voz as suas histórias e são integrantes da história da infância atípica. Quando chegam ao

centro, as famílias procuram por auxílio, almejam compreender o que acontece com suas filhas, por quais motivos são diferentes, por que não conseguem aprender como as outras crianças da mesma idade; neste ponto entra a equipe multiprofissional, formada por pedagogo, psicopedagogo, psicólogos, fisioterapeutas e outros, que realizam o trabalho investigativo e interventivo.

Percurso Histórico

Em meados dos séculos XVI e XVII se reconheceu a existência da infância. Momento único que passou por diversas ressignificações, ora exaltada ora depreciada; a depender da época e classe social que a vivenciava. Conforme a Lei 8.069/90, Estatuto da Criança e do Adolescente, em seu artigo 2º, "Considera-se criança, para efeitos desta Lei, a pessoa até doze anos de idade incompletos, e adolescentes aquela entre doze e dezoito anos de idade."

> O século XIX ratifica a descoberta humanista da especificidade da infância e da adolescência como idades da vida. Os termos criança, adolescente e menino, já aparecem em dicionários da década de 1830. Tal significado provém da associação da criança ao ato de criação, onde criar significa amamentar [..] (MAUAD, 2010. p.140)

Investigar mais a fundo acerca dos indícios do desaparecimento da infância é a partida para mantermos bem e salutar nossas crianças; creio que a infância não desaparecerá pois temos respaldo legal para a preservarmos, mas presenciá-la necessita de cuidados propícios. Del Priore (2010, p.17) enfatiza em sua obra História das Crianças no Brasil que, "querer conhecer mais sobre a trajetória histórica dos comportamentos, das formas de ser e de pensar das nossas crianças, é também uma forma de as amar todas, indistintamente melhor".

Como sociedade, precisamos repensar acerca do processo de adultização que muitas crianças têm vivenciado cotidianamente. Com o período pandêmico elas ausentaram-se das escolas físicas e aglutinaram-se em suas casas, precisando fazer quase tudo de forma remota, vivenciando um contato maior com o mundo virtual e suas tecnologias. Esse ser, outrora, já sabia navegar na internet, foram eles que ensinaram aos pais, aos avós, como manusear e serem mais "conectados". Pessoas de todos os lugares e linguagem, de forma online, ensinam, ditam e regem o fazer dessas crianças; neste momento não mais me refiro às disciplinas escolares, mas ao tempo extra que eles têm dedicado ao entretenimento na internet. Sendo na maioria das vezes mentorados por

adultos, elas ficam imersas no modo de viver do outro, usufruindo excessivamente de tecnologias e mídias sociais.

Sendo assim é inquietante descobrir como essa nova perspectiva de vida tem impactado a aprendizagem dessas crianças. Sabe-se que devido ao período pandêmico os rendimentos escolares destas crianças foram prejudicados, estes pequenos que reinventaram o brincar, não sentindo mais interesse por livros físicos, não se interessam por brinquedos ou até já perderam o desejo por eles. Crianças que estão maior parte do seu tempo nas telas, seja celular, tv e até bate-papos virtuais. Mensurar esse saber revelará prejuízos na aprendizagem e intervirmos minimizará seus impactos.

> "Acrescentar qualidade de vida aos anos da infância, adolescência e vida adulta constitui contingente de sabedoria dos pais, dos responsáveis, dos professores no sentido de evitar a decadência silenciosa da educação e do aprendizado catastroficamente comprometido. A criança aguarda com prazer o referido aprendizado, acelerando espontaneamente por meio da motivação que amadurece [...] (DIAMENT, 2016, p.433)

É certo que essa fase é breve, mas o que foi semeado logo frutificará. Que possamos ser agentes transformadores, pois uma nova geração está a formar-se, sendo assim, que o lúdico, o dinâmico, o real sejam vivenciado. Que em cada lar onde se tem uma criança, em cada abrigo ou instituição, seja vivida a melhor idade, onde a inocência seja preservada, as brincadeiras sejam vivenciadas, a integridade física e psíquica seja mantida. Que haja em nosso solo potiguar e em todo o território nacional, guardiões da infância. O acolhimento precoce às dificuldades de aprendizagem advindas desse novo contexto de infância, podem ser trabalhadas e sanadas a tempo, se reconhecidas e integradas ao fazer pedagógico e familiar.

A Precocidade da Infância da Menina

A infância já é um período curto por natureza, sua brevidade dá-se quando a comparamos aos anos de vida adulta. Ser criança é temporário, é parte do desenvolvimento humano e nessa etapa da vida são consolidados aspectos cognitivos, biológicos, físicos, emocionais, que se refletirão por todo percurso de vida. É comum observarmos as crianças nas ruas, nas escolas, nas pracinhas; as meninas brincam, se divertem; todavia diferente dos meninos, é observado que as meninas perdem precocemente o interesse pela boneca, brincadeira de rua entre outras.

Com o passar dos anos a menina apresenta em seu físico traços de mulher e com isso há um apelo cultural, muitas vezes familiar mesmo, que cobra desta criança uma postura social mais "madura", frases como "se comporte como moça", "deixe de ser moleca", "parece uma meninona" são comuns em torno das meninas que já apresentam traços de uma mulher. É de conhecimento comum que devido genética, muitas meninas precocemente apresentam características da puberdade, seios maiores, corpo modelado e com isso desejos vaidosos, de autocuidado. O interesse pelo batom, pela maquiagem, pela beleza parece ser intrínseco, na maioria, das meninas entrevistadas, na pesquisa que levou a este artigo. O espelhamento pela figura materna juntamente com o apelo midiático possibilitou como nunca antes, um interesse precoce pela vida adulta.

Em nossa pesquisa pudemos observar que as meninas demostram profundo apreço por conteúdos digitais, aplicativos de vídeos rápidos; conteúdos com infinidades de "referências" de moda, comida, sexualidade, hábitos sociais. Este fenômeno midiático que alcança a todos corrobora com infâncias adultizadas. A alta exposição da figura feminina, inúmeros apelos comerciais para este público, enaltecem padrões e expectativas irreais para nossas meninas.

As mídias digitais contribuem significativamente com a formação da identidade infantil e sua performance social, especialmente com a presença de influenciadores mirins e artistas que promovem padrões de beleza e comportamento infantil. Observamos que os conteúdos voltados para o público infantil feminino são produzidos com o intuito de estimular infâncias adultizadas, quando não, erotizadas; acelerando a perda de características pueril.

A construção sociocultural da feminilidade traz paralelamente uma infinidade de exigências e expectativas sobre o comportamento da menina, como a hipervalorização da beleza, estética, da obediência e do cuidado corporal. Guacira Louro (1997), ao aprofundar-se os estudos sobre gênero e educação, explora como as meninas são educadas e socializadas para se conformarem às expectativas de gênero, o que pode acelerar a percepção de si como "mulheres em miniatura". Esse processo de feminilização precoce envolve também a sexualização, onde as meninas são vistas, mesmo que inconscientemente, como objetos de desejo, bem como processos mais nocivos como a erotização infantil.

Corpo Infantil

Infância e corpo são temas que carecem de maiores discussões para além do espaço acadêmico. Quando socialmente criamos limites para falar de determinados assuntos, damos espaço para formas distorcidas de ensino corporal serem ministradas. Sabem que o crescente número de casos de abuso infantil é um fato alarmante em nossa sociedade contemporânea. É importante que famílias e educadores desempenhem com cuidado a responsabilidade a orientação da privacidade do corpo infantil.

Nossas meninas precisam sim, ser orientadas que o corpo é um espaço íntimo, que o outro não tem permissão do toque indesejado e caso isso ocorra não é vergonhoso ela comunicar aos responsáveis. A família precisa criar laços afetivos em que a criança sinta liberdade para falar o que lhe acontece, sem o medo de ser punida. Sabemos que a maioria dos casos de abuso infantil acontecem no ambiente familiar com pessoas próximas; então como educadores e sociedade em geral, precisamos ser guardiões dessas infâncias, dá lugar de fala pra nossas crianças, proporcionado espaços de diálogo e orientações.

A maneira como o corpo é representado culturalmente expõe como a sociedade controla, enxerga e dociliza este corpo infantil. Como este corpo é visto e moldado socialmente traz implicações significativas para o desenvolvimento das identidades, subjetividades e relações de poder e gênero. Segundo Foucault (2014),

> "[...] o controle disciplinar não consiste simplesmente em ensinar ou impor uma série de gestos definidos; impõe a melhor relação entre um gesto e a atitude global do corpo, que é sua condição de eficácia e de rapidez. No bom emprego do corpo, que permite um bom emprego do tempo, nada deve ficar ocioso ou inútil: tudo deve ser chamado a formar o suporte do ato requerido. Um corpo bem-disciplinada forma o contexto de realização do mínimo gesto. Uma boa caligrafia, por exemplo, supõe uma ginástica - uma rotina cujo rigoroso código abrange o corpo inteiro, da ponta do pé à extremidade do indicador". (Foucault, 2014, p.149)

Assim, podemos refletir acerca das agendas cheias de tarefas, de compromissos, com pouco tempo para brincar e ser criança. Quanto maior as condições financeiras, mais possibilidades de inserção em atividades extraescolares, como judô, balé, aula de idiomas, natação, entre outros; a uma infinidade de atividades que podem ser usufruídas por crianças com renda familiar mais favorável. As meninas atendidas no centro que se deu a pesquisa, além da rotina escolar, possui compromissos extras com terapia, consultas médicas, ensino multifuncional ofertado pela escola pública. Com pouca ociosidade, a

rotina é preenchida, restando poucos momentos para diversão e interação social. Os momentos livres são usufruídos com as telas, inclusive tem se tornado comum o uso excessivo de celulares.

A postura corporal, a mentalidade e toda plenitude do corpo é modificado com o passar do tempo e de como o tempo é utilizado. A construção sociocultural desse corpo está para além do biológico, a infância sofre inúmeras influências externas, com o crescente uso de mídias sociais houve uma amplificação de parâmetros corporais, contribuindo com as subjetividades e individualidades dos sujeitos.

A educação familiar, escolar e demais ensinos desempenham para o corpo infantil um papel de controle e disciplina. Michel Foucault (2014) aborda acerca da docilização dos corpos, como são disciplinados precocemente para alinhar-se às expectativas e normas de uma sociedade; fato de acordo com o autor, evidenciado no ambiente escolar, onde as crianças são ensinadas a controlar seus corpos, ficando sentadas, em silêncio, obedecendo regras constantemente, como parte de um processo social. Esta normatização também pode ser observada nas expectativas de gênero, principalmente referente a menina; é comum esperar que a menina exale feminilidade, incentivadas aos cuidadores corporais e habilidades ditas “maternas”, como cozinhar, cuidar da casa e filhos, ser comportada nos espaços sociais, entre outros.

Guacira Louro (1997), escritora de temas sobre gênero e educação, disse o corpo da criança, especialmente o corpo da menina, é controlado e socializado desde a cedo para adequar-se as expectativas de gênero, forjado a adesão de padrões de beleza e comportamento, com supervalorização da feminilidade.

Representação do Corpo Infantil

A pesquisa de mestrado encontra-se em andamento, revela infâncias na sociedade contemporânea e traz a representação do corpo infantil da menina assistida pelo serviço do Centro Especializado em Reabilitação de Parnamirim/RN. De acordo com Silva (2012, p.234) “A história das crianças e da infância revela as marcas, as ideias, as práticas sociais, as políticas que cada sociedade produz no sentido de “cuidar” e “educar” suas crianças. Foi observado que esta criança pertencente a geração *Alfa* é diferenciada por diversos aspectos, esta menina possui maior interesse pelo mundo tecnológico, sofre influência midiática por passar horas afinco nas telas. O corpo infantil tem mental e fisicamente as consequências desses novos estilos socioculturais.

A menina é instruída precocemente aos desejos da feminilidade, incentivadas por pessoas de sua convivência e dos influenciadores digitais, possuem preferências cada vez mais semelhantes as de pessoas adultas. Não somente o vestuário, mas também a alimentação é afetada, o interesse por alimentos industrializados está em crescimento, consequentemente mais prejuízos a saúde.

É de comum conhecimento que há também em nossa sociedade um crescente nos números de crianças que necessitam fazer uso de medicamento para ansiedade, compulsões, comportamento e humor. Há visivelmente uma alteração comportamental em muitas de nossas crianças; mais hiperativas, intolerantes a frustração, com instabilidade emocionais. No Centro Especializado em Reabilitação onde a pesquisa fora realizada, diariamente presenciamos esta realidade, famílias solicitam auxílio por não saberem lidar com essa realidade.

> O corpo e o movimento são de natureza social, cultural e biológica, e histórica, pois é por intermédio desta simbiose dialética que se constrói o desenvolvimento das crianças pequenas, que se dá, portanto, na dimensão espaçotemporal e histórico social. O desenvolvimento ocorre num processo contínuo e descontínuo, provocando e detonando a complexa maturação do sistema nervoso da criança, tendo em vista o seu acabamento e formação individual, tendo como função um misto das relações e correlações entre ação e a sua representação. (Silva, 2012, p.222-223)

O excessivo apreço ao consumo impacta o desenvolvimento físico, cognitivo e emocional. A alta demanda capitalista, potencializa as estratégias de *marketing,* voltadas para a infância. Com o poder de compra e acesso rápido aos produtos comercializados, cresce o desinteresse pelo que foi adquirido. A boneca que foi comprada hoje, amanhã poderá não mais satisfazer a criança; isso ocorre devido o excesso de informações e possibilidades que estes pequenos tem acesso.

É verdade que nossas crianças se comunicam com seus corpos. Suas histórias, roteiros, diálogos, experiências são desenvolvidos na jornada da vida. Tudo é permeado pelo corpo infantil, as emoções, dores, sentimentos, são encarnadas nesta matéria. O corpo fala, sim, ele fala a curto prazo, médio e longo. Ao olharmos para uma criança, mesmo que ela não fale nada, já podemos ter inúmeras impressões de como ela é tratada. Podemos neste momento como é difícil ser criança, hoje nós temos os desafios modernos, outrora a ausência de leis, exploração infantil; é social e cultural como vê-se a infância.

Almejamos que em cada lugar onde existe uma criança haja para ela um protetor, este que nem sempre será seu pai ou sua mãe, mas que cuide e preserve estas infâncias.

Acreditamos que os espaços escolares são lugares de transformações, que a criança receba o ensino devido e que mude seu futuro por muitos já predestinados. Nenhuma criança merece estar predestinada a sofrer, a viver como os pais viveram, as lutas que seus familiares tiveram. Cada infância pode ser um *reset* na história de dor e a partir dela transformações positivas.

Considerações Finais

Este artigo busca explanar de forma breve o que vem sendo pesquisado na História da Educação sobre a infância, criança e corpo. Obtivemos resultados na pesquisa que revela uma infância moderna adultizada, corpos erotizados precocemente, restando-nos um alerta de aprofundamento as questões socioculturais que permeiam nossas crianças. Os hábitos cotidianos acompanham esta evolução; a alimentação, o vestuário, a forma de brincar e o desejo pelo estudo foi consideravelmente impactado.

O corpo absorve toda sobrecarga de mudanças repentinas, a mente recebe um turbilhão de informações através dos conteúdos exibidos através das telas; consequentemente há um excesso de estímulos mentais, ocasionando muitas vezes, ansiedade, irritabilidade, humor depressivo. Quanto ao físico, o corpo alerta mediante dores musculares, sobrepeso, fadiga; essa realidade é a de crianças que fazem uso excessivo de mídias, pois substituíram a atividade física do brincar, o contato com pessoas e ambientes da natureza pelo conforto de seus quartos. É crescente o número de famílias que procuram ajuda no centro especializado com essas queixas, crianças que necessitam de intervenção e pais que não conseguem intermediar o processo, carecendo de auxílio profissional.

Podemos inferir com os estudos sobre infância que é emergente a ampliação de estratégias de cuidado e proteção para com as crianças. Reconhecemos que necessitamos de mais políticas públicas para este público infantil. É importante que as escolas e todo processo educacional seja valorizado e receba maiores investimentos, assim como também o professor, que exerce com excelência o lecionar, que identifica precocemente sinais de alerta e aciona a rede de cuidados.

O ambiente educacional é o segundo lar das crianças, pois passam um tempo considerável do dia imerso em tarefas de ensino e aprendizagem, ampliando o conhecimento de mundo. Ao sair da escola cabe aos familiares a continuação da educação

e proteção. Exaltamos a importância do professor na vida de cada criança, seu trabalho é necessário e relevante. No Centro Especializado em Reabilitação, o pedagogo e o psicopedagogo compõem a equipe de forma única, estimulando o aprendizado, multiplicando conhecimentos e intervindo precocemente nas dificuldades de aprendizagem.

A pesquisa sobre infância, corpo e criança, traz muitas contribuições para o campo da História da Educação, pois registra as novas configurações socioculturais e os impactos de mudanças para o desenvolvimento infantil. É de fundamental importância que seja intensificado mais estudos e pesquisas nessa temática, pois a criança é um ser único e necessita de intervenção precoce. Almejamos com esta obra que em todos os espaços onde existir uma criança, haja também humanos que protejam a infância e contribuam com memórias afetivas que perdurarão por gerações.

Referências

AMIN, Andréa Rodrigues. **Evolução histórica do direito da criança e do adolescente**. In: MACIEL, Kátia (coord.). Curso de direito da criança e do adolescente: aspectos teóricos e práticos. – 2ed. –. Editora Lúmen Júris: Rio de Janeiro, 2007.

ALTMAN, Raquel Zumbano. **Brincando na história.** In: PRIORE, Mary Del (Org.). História das crianças no Brasil. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2010, p. 232-258.

ALVES MAZZOTTI, Alda Judith, GEWANDSZNAJDER, Fernando. **O método nas ciências naturais e sociais:** pesquisa quantitativa e qualitativa. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 2001.

ARIÈS, Philippe. **História social da criança e da família.** Tradução Dora Flaksman. – 2.ed. – Rio de Janeiro: Guanabara, 1986.

ARIÈS, Philippe. **História social da criança e da família**. Philippe Ariès; tradução de Dora Flaksman. – 2 ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2006.

ARROYO, Miguel Gonzalez. **Corpos precarizados que interrogam nossa ética profissional.** In: ARROYO, Miguel Gonzalez; SILVA, Maurício Roberto da (Orgs.). Corpo-infância: exercícios tensos de ser criança; por outras pedagogias dos corpos. Petrópolis: Vozes, 2012. p.23-54

ARROYO, Miguel Gonzalez; SILVA, Maurício Roberto da (Orgs.). **Corpo infância:** exercícios tensos de ser criança; por outras pedagogias dos corpos. Petrópolis: Vozes, 2012.

BARROS, José D'Assunção. **A história cultural e a contribuição de Roger Chartier**. Diálogos, DHI/PPH/UEM, v. 9, n. 1, p. 125-141, 2005.

BERCITO, Sonia de Deus Rodrigues. Corpos-máquinas: trabalhadores na produção industrial em São Paulo (décadas de 1930 e 1940). In: **História do corpo no Brasil.** PRIORE, Mary Del; AMANTINO, Marcia (orgs.). São Paulo: Editora Unesp, 2011.

BLOCH, Marc. **Apologia da história, ou, O ofício de historiador**. Rio de Janeiro, Ed. Zahar, 2002.

BRASIL**. Estatuto da Criança e do Adolescente**. Lei Federal 8.069/1990. – 5. ed. – NATAL: CONSEC (Conselho Estadual dos Direitos da Criança e do Adolescente), nov. 2008.

_____. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, outubro de 1988.

_____. Lei da Ação civil Pública. Lei 7.347. Brasília, julho de 1985.

CAUVIN, Thomas. **Collecting and Preserving People's Stories, oral history, family history and everyday life**. In: ___. Public History, a textbook of practice. New York: Routledge, 2016.

CAPELA, Paulo R. do Canto. JÚNIOR, Edgard Matiello. **Crianças lutadoras. Memórias pedagógicas das práticas corporais em assentamentos do MST de Santa Catarina.** In: ARROYO, Miguel Gonzalez; SILVA, Maurício Roberto da (Orgs.). **Corpo infância:** exercícios tensos de ser criança; por outras pedagogias dos corpos. Petrópolis: Vozes, 2012.p.105-152

CARVALHO. Maria Elizete Guimarães (org). **Educação e Direitos Humanos:** estudos e experiência. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

CENTRO ESPECIALIZADO EM REABILITAÇÃO. Disponível em: http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/sesap/DOC/DOC000000000292738.PDF. Acesso em 04/05/2024.

COTRIM. Gilberto. **História Global:** Brasil e Geral. Editora Saraiva. Volume Único /8 ed. -São Paulo: Saraiva, 2005.

CERTEAU, Michel de. **A Escrita da história**. Tradução de Maria de Lourdes Menezes. – Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1982.

COURTINE, Jean-Jacques; VIGARELLO, Georges. **História do corpo**: As mutações do olhar: O século XX / sob a direção de Alain Corbin. Tradução e revisão Ephraim Ferreira Alves. 4.ed – Petrópolis, RJ: Vozes, 2011.

DALBOSCO, Cláudio Almir. **Primeira infância e educação natural em Rousseau**: as necessidades da criança. Porto Alegre/RS, ano XXX, n. 2 (62), p. 313-336, maio/ago. 2007.

DECCA, Edgar de. ; MENEGUELLO, Cristina. Fábricas e homens – **a Revolução Industrial e o cotidiano dos trabalhadores**. São Paulo: Atual, 1999.p.14.

DELFINO, Morgana. **O princípio do melhor interesse da criança e o direito à convivência familiar:** os efeitos negativos da ruptura dos vínculos conjugais. Artigo publicado em: 12 de jun. 2009.

DIAMENT, Aron. **Aprendizagem e deficiência mental.** In: Newra Tellechea Rotta, Lygia Ohlweiler, Rudimar dos Santos Riesgo. Transtornos da aprendizagem : abordagem neurobiológica e Multidisciplinar. 2. ed. – Porto Alegre : Artmed, 2016.

DONIZETI, Wilson Liberati. **Comentários ao Estatuto da Criança e do Adolescente**. – 8 ed. – São Paulo: Malheiros Editores, 2004.

FALCON, Francisco José Calazans. **História cultural e história da educação.** Revista Brasileira de Educação. V. 11 n. 32 maio/ago. 2006.

FARGE, Arlete. **O sabor do arquivo**. São Paulo: Edusp, 2009.

FARIA, Ernesto. (Org.). **Dicionário Escolar Latino-Português**. Rio de Janeiro: Companhia Nacional de Material de Ensino, 1956.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Miniaurélio Século XXI Escolar**: o minidicionário da língua portuguesa. 4.ed.rev.ampliada. – Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000.

FISCHER, Rosa Maria Bueno. Escrita acadêmica: arte de assinar o que se lê. In: COSTA, Marisa Vorraber; BUJES, Maria Isabel Edelweiss (orgs.) **Caminhos investigativos III: riscos e possibilidades de pesquisar nas fronteiras.** Rio de Janeiro: DP&A, 2005, p. 117-140.

FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir**: nascimento da prisão. Tradução de Raquel Ramalhete. 42.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

FOUCAULT, Michel. **A Ordem do Discurso**. São Paulo: Edições Loyola, 2014.

FOUCAULT, Michel. **História da sexualidade III:** o cuidado de si. Tradução Maria Thereza da Costa Albuquerque. Revisão técnica de José Augusto Guilhon Albuquerque . 8ºed. Rio de Janeiro: Edições Graal, 2005.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa** / Antonio Carlos Gil. – 5. Ed. – São Paulo : Atlas, 2010.

Instrutivos de Reabilitação. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2012/prt0793_24_04_2012.html. Acesso em: 20/06/2024.

KRAMER, Sonia**. A política do pré-escolar no Brasil**: A arte do disfarce. 3.ed.- Rio de Janeiro: Dois Pontos, 1987.

KUHLMANN JUNIOR, Moysés. **Infância e educação infantil**: uma abordagem histórica. Editora Mediação,1988. Porto Alegre: 3.ed. 2004.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade**. Fundamentos de metodologia científica.** 5. ed. - São Paulo : Atlas 2003.

LAJOLO, Marisa. **Infância de papel e tinta.** In: FREITAS; Marcos Cezar de. **História social da infância no Brasil.** – 9º. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2016.

LEITE, Jaciara Oliveira; SILVA, Ana Márcia. **Educação do corpo, infância e juventude no cotidiano de um abrigo.** *In:* ARROYO, Miguel Gonzalez; SILVA, Maurício Roberto da (Orgs.). Corpo infância: exercícios tensos de ser criança; por outras pedagogias dos corpos. Petrópolis: Vozes, 2012.p. 55-80.

LE GOFF, Jacques. **História e memória**. Campinas, SP; Ed. da UNICAMP, 1990.

LOURO, Guacira Lopes. **Gênero, sexualidade e educação**. Guacira Lopes Louro - Petrópolis, RJ Uma perspectiva pós-estruturalista / : Vozes, 1997.

LOURO, Guacira Lopes; FELIPE, Jane; GOELLNER, Silvana Vilodre**. Corpo, gênero e sexualidade**: um debate contemporâneo na educação. 9.ed. -Petrópolis, RJ: Vozes, 2013.

MAUAD, Ana Maria. **A vida das crianças de elite no império**. In: PRIORE, Mary Del (Org.). História das crianças no Brasil. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2010, p. 137-176.

MENDES, Eber da Cunha. **Métodos e técnicas de pesquisa**. Serra, Espirito Santo. 2016.

MOURA, Esmeralda Blanco Bolsonaro. **Crianças operárias na recém-industrializada São Paulo.** In: PRIORE, Mary Del (Org.). História das crianças no Brasil. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2010, p. 259-288.

PILETTI, Claudino & PILETTI, Nelson. **História da educação:** de Confúcio a Paulo Freire. São Paulo: Contexto, 2011.

POSTMAN, Neil. **O desaparecimento da infância**. Tradução Suzana Menescal de Alencar Carvalho e José Laurenio de Melo. Rio de Janeiro: Graphia, 2012.

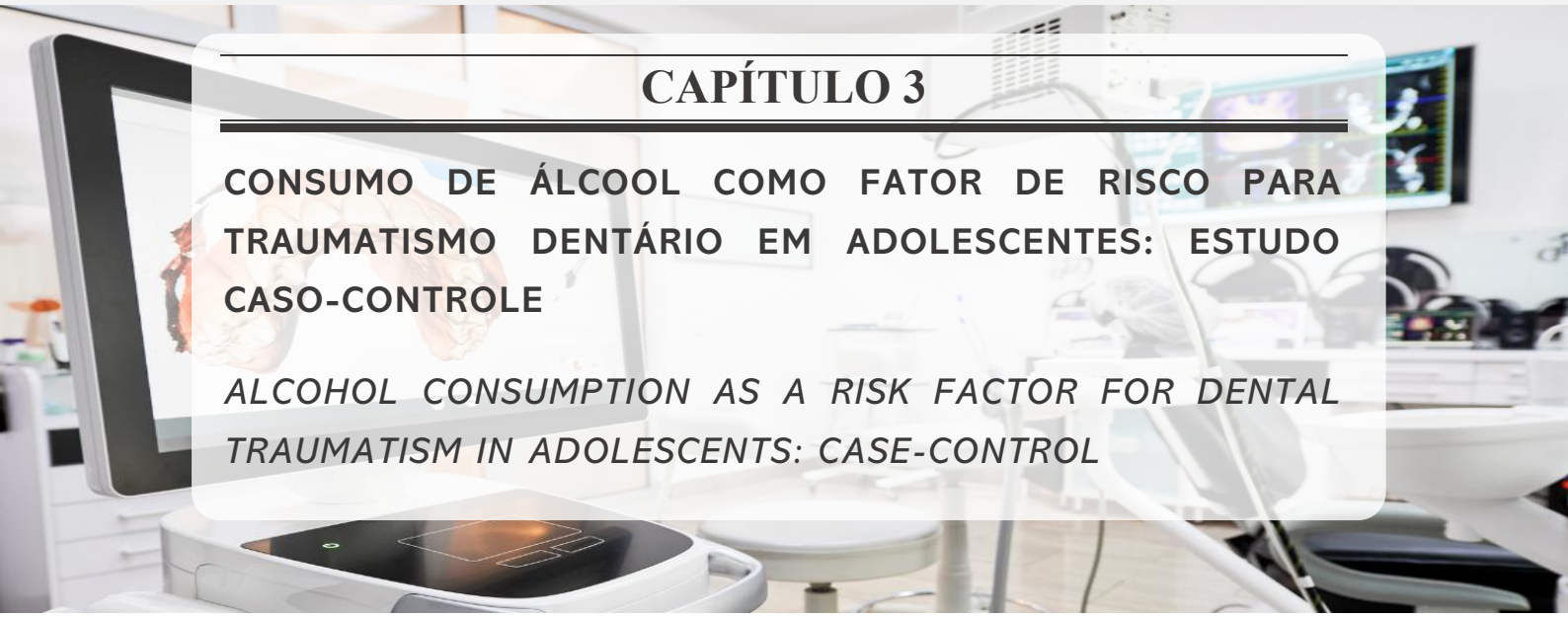
PRIORE, Mary Del Priore (org.). **História das crianças no Brasil**. São Paulo: Contexto, 2010.

RAMOS, Fábio Pestana. **A história trágico-marítima das crianças nas embarcações portuguesas do século XVI.** In: PRIORE, Mary Del (Org.). História das crianças no Brasil. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2010, p. 19 -54.

RIZZINI, Irma. **Pequenos trabalhadores do Brasil.** In: PRIORE, Mary Del (Org.). História das crianças no Brasil. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2010, p.376-406.

ROTTA, Newra Tellechea; OHLWEILER, Lygia; RIESGO, Rudimar dos Santos**. Transtornos da aprendizagem :** abordagem neurobiológica e Multidisciplinar. Organizadores, –2. ed. – Porto Alegre : Artmed, 2016.

SILVA, Maurício Roberto da. **Corpo infância:** exercícios tensos de ser criança; por outras pedagogias dos corpos. In: "Exercícios de ser criança": o corpo em movimento na Educação Infantil. Petrópolis: Vozes, 2012.



CAPÍTULO 3

CONSUMO DE ÁLCOOL COMO FATOR DE RISCO PARA TRAUMATISMO DENTÁRIO EM ADOLESCENTES: ESTUDO CASO-CONTROLE

ALCOHOL CONSUMPTION AS A RISK FACTOR FOR DENTAL TRAUMATISM IN ADOLESCENTS: CASE-CONTROL

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.03

Submetido em: 13/07/2025
Revisado em: 15/08/2025
Publicado em: 23/08/2025

Breno Wesley Leal Carvalho
Universidade Estadual do Piauí, Departamento de Odontologia, Parnaíba-PI
https://orcid.org/0000-0001-5115-3929

Sávio Henrique Lira Campos
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Medicina, Teresina-PI
https://orcid.org/0000-0003-0393-0492

André Vinícius Lira Campos
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Medicina, Teresina-PI
https://orcid.org/0000-0002-9973-7015

Arthur Lorenzo Lira Campos
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Medicina, Teresina-PI
https://orcid.org/0009-0003-8895-5855

Ana de Lourdes Sá de Lira
Universidade Estadual do Piauí, Departamento de Odontologia, Parnaíba-PI
https://orcid.org/0000-0002-9299-1416

Resumo

Objetivo: Avaliar a ingestão de álcool como fator associado ao traumatismo dentário em adolescentes. Métodos: O estudo transversal de caso-controle foi realizado em 160 adolescentes com idade entre 14 a 19 anos, de escolas públicas e privadas, divididas em grupos, sendo (G1) o grupo com traumatismo dentário e (G2) o grupo controle. Um questionário foi aplicado para cada participante sobre os dados epidemiológicos e posteriormente, foi aplicado um segundo questionário somente para os alunos expostos à bebida alcóolica, para informações detalhadas sobre o consumo. Em seguida, o exame clínico foi realizado em toda a amostra. Foram considerados traumas dentários, os detectados pelo tato e visão. Foram realizadas avaliações das médias e dos desvios padrão para variáveis quantitativas. Obteve-se porcentagens e frequências, realizando-se análises de associação entre as variáveis qualitativas a partir do qui-quadrado e comparação da idade média a partir do teste t ($p<0,05$). Resultados: Com base nos dados coletados em 160 adolescentes, foi possível observar uma taxa de 34,37%, (n=55) de adolescentes com traumatismo dentário. Quanto à distribuição do consumo de bebidas alcóolicas, observou-se que, 20 desses 55 adolescentes faziam uso de consumo de bebidas alcoólicas regularmente. Conclusão: Em adolescentes, com idade entre 14 e 18 anos, que consumiam bebidas alcóolicas, a prevalência de traumatismo dentário (TD) foi de 33,3%, com predominância no gênero feminino. Houve associação do consumo de álcool com TD nas idades entre 16 e 18 anos. Em escola privada foram observados 70% dos casos provenientes de TD associados ao uso de bebidas alcóolicas.

Palavras-Chave: traumatismos dentários, saúde bucal, adolescentes

Abstract

Aim To evaluate alcohol intake as a factor associated with dental trauma in adolescents. Methods: A cross-sectional case-control study was carried out with 160 adolescents aged between 14 and 19 years, from public and private schools, divided into groups, with (G1) the group with dental trauma and (G2) the control group. . A questionnaire was applied to each participant about the epidemiological data and later, a second questionnaire was applied only to students exposed to alcohol, for detailed information about consumption. Then, the clinical examination was performed on the entire sample. Dental traumas were detected by touch and vision. Evaluations of means and standard deviations were performed for quantitative variables. Percentages and frequencies were obtained by performing analysis of association between qualitative variables using the chi-square and comparing the mean age using the t test ($p<0.05$). Results: Based on data collected from 160 adolescents, it was possible to observe a rate of 34.37% (n=55) of adolescents with dental trauma. As for the distribution of alcohol consumption, it was observed that 20 of these 55 adolescents used alcohol regularly. Conclusion: In adolescents, aged between 14 and 18 years old, who consumed alcoholic beverages, the prevalence of dental trauma (TD) was 33.3%, with a predominance of females. There was an association between alcohol consumption and TD at ages between 16 and 18 years. In a private school, 70% of cases from TD associated with the use of alcoholic beverages were observed.

Keywords: dental trauma, oral health, adolescents

Introdução

Adolescência é uma etapa essencial na vida, caracterizada, principalmente, pelo esforço dos envolvidos em consolidar sua independência utilizando mecanismos que englobam a rejeição dos valores sociais estabelecidos pelos pais e educadores. Assim, não é surpreendente que a adolescência seja reconhecida como uma idade de vulnerabilidade, durante a qual ocorrem as experiências com substâncias psicoativas legais e ilegais (Paiva *et al*., 2016).

Cerca de 34% dos adolescentes brasileiros consomem bebidas alcóolicas e a idade média de início é 14 anos. Aqueles que não estudam, trabalham, de cor negra e que têm

rendimento próprio, apresentaram maior frequência de consumo. A quantidade usual consumida é maior no gênero masculino, em baixa classe social, com baixa renda familiar e pouca escolaridade (Pinsky *et al*., 2010).

Entre os transtornos associados ao uso de álcool, destacam-se perda de memória, baixo desempenho escolar ou no trabalho, distúrbios físicos e psicológicos, dependência alcóolica na vida adulta, suicídio, acidentes ou violência resultando em traumatismo, como por exemplo, facial e dentário (Paiva *et al*., 2016).

O consumo de bebidas alcóolicas por adolescentes apresenta maiores riscos do que por adultos devido à maior vulnerabilidade dos mesmos. Níveis reduzidos de autopreservação e consequente adoção de comportamento de risco aumentam as chances de envolvimento em incidentes e acidentes violentos. O álcool reduz as funções cognitivas, expondo-os a incidentes violentos que podem ocasionar traumatismo dentofacial (Jorge *et al*., 2012).

O traumatismo dentário (TD) consiste em qualquer injúria de natureza térmica, química ou física que consequentemente afete o dente, sendo considerado, entre as alterações bucais, um dos mais sérios problemas de saúde pública em crianças e adolescentes. Consideram-se lesões traumáticas dentárias desde uma fratura em esmalte até a perda definitiva do elemento dentário (Paiva *et al*., 2014).

A prevalência de lesões traumáticas relatadas em estudos populacionais é alta, variando de 2,66% a 58,6%4. O traumatismo dentário deve ser considerado um problema importante não somente pelo fato de que sua prevalência ser expressiva, mas também devido ao alto impacto na qualidade de vida dos pacientes, em termos de desconforto físico e psicológico, podendo interferir negativamente nas relações sociais (Reis *et al*., 2014).

A etiologia é variada, desde impactos por quedas, atividades esportivas a acidentes automobilísticos e de bicicleta. A oclusão é um dos fatores predisponentes ao traumatismo dentário, como projeção labial excessiva dos incisivos superiores e lábio superior curto (Paiva *et al*., 2014). Entretanto pouco é discutido na literatura o consumo de álcool como fator predisponente ao traumatismo dentário (Filho *et al*., 2014).

Acredita-se que o consumo de bebidas alcóolicas por adolescentes, torna-os vulneráveis a traumatismos dentários, uma vez que ficam mais predispostos a acidentes de trânsito e às agressões físicas.

Com base nesse contexto, torna-se justificável investigar a associação de traumatismo dentário com o consumo de álcool entre adolescentes, com a finalidade de o

atendimento a estes pacientes incluírem não somente o tratamento odontológico, mas também a implantação, nas escolas, de programas educacionais que visem a redução do seu consumo. Esse estudo foi realizado para avaliar a ingestão de álcool como fator associado ao traumatismo dentário em adolescentes.

Material e Método

- **Aspectos Éticos**

Após o parecer ético de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Piauí – CEP/UESPI, com número: 3.957.791, realizou-se um estudo transversal de caso-controle. Esta pesquisa foi pautada pela obediência a todos os princípios éticos que orientam as pesquisas que envolvem seres humanos, conforme previstos na Resolução nº 466/12 (CNS/MS), tendo os pais ou responsáveis assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e os adolescentes menores de idade, o Termo de Assentimento (TALE), após serem orientados que a participação não era obrigatória, sendo possível a desistência em qualquer momento da pesquisa, sem qualquer prejuízo para os participantes. Ademais, foram utilizadas apenas as informações recolhidas estritamente nos limites dos objetivos da pesquisa.

- **Estudo populacional**

O cálculo amostral foi baseado no público-alvo: escolares adolescentes da cidade de Parnaíba, PI, cursando o ensino médio em escolas públicas e privadas em 2019. Dessa forma, buscando atingir o objetivo deste trabalho baseou-se a partir do levantamento feito pelo Instituo Brasileiro de Geografia e Estatística, o qual aponta um número de 4209 de pessoas da população alvo: número de pessoas matriculadas no ensino médio. Dessa forma, calculou-se a fórmula do tamanho amostral, considerando a fórmula do cálculo: $n = NZ^2.P.(1-P)/Z^2.P.(1-P) + e^2N - 1.$, na qual n: amostra calculada, Z: variável normal, P: real probabilidade do evento (considerando-se 95% de confiança), e: erro amostral de 5%, obtendo como resultado um número de 236 adolescentes (Fontelles *et al*., 2010).

Os pesquisadores foram munidos de uma carta de anuência dos diretores de duas escolas públicas (A1) e duas privadas (A2) escolhidas por sorteio no município de Parnaíba-Piauí que autorizarem a realização do desenvolvimento da pesquisa.

- **Critérios de elegibilidade**

Adolescentes entre 14 e 19 anos de idade, que estivessem cursando o ensino médio nas escolas públicas e privadas de Parnaíba e aceitassem participar da pesquisa e tivessem permissão dos pais (menores de idade). Foram excluídos indivíduos incapazes de compreender e responder aos questionários, tais como portadores de déficit cognitivo, síndromes, deficiência auditiva e visual.

- **Calibração**

Antes do estudo piloto, para padronização do diagnóstico de TD foi realizado o treinamento clínico para calibração dos examinadores na Clínica Escola de Odontologia (CEO). Foram examinados 20 adolescentes que não participaram do estudo, para determinação da concordância intraexaminador e interexaminadores. Os valores kappa foram de 0,84 para concordância interexaminadores (entre os dois examinadores), 0,85 e 0,87 para concordância intraexaminador e 0,86 e 0,85 para concordância interexaminador entre cada examinador e o padrão-ouro. Para tal, os indivíduos foram examinados duas vezes, com intervalo de duas semanas.

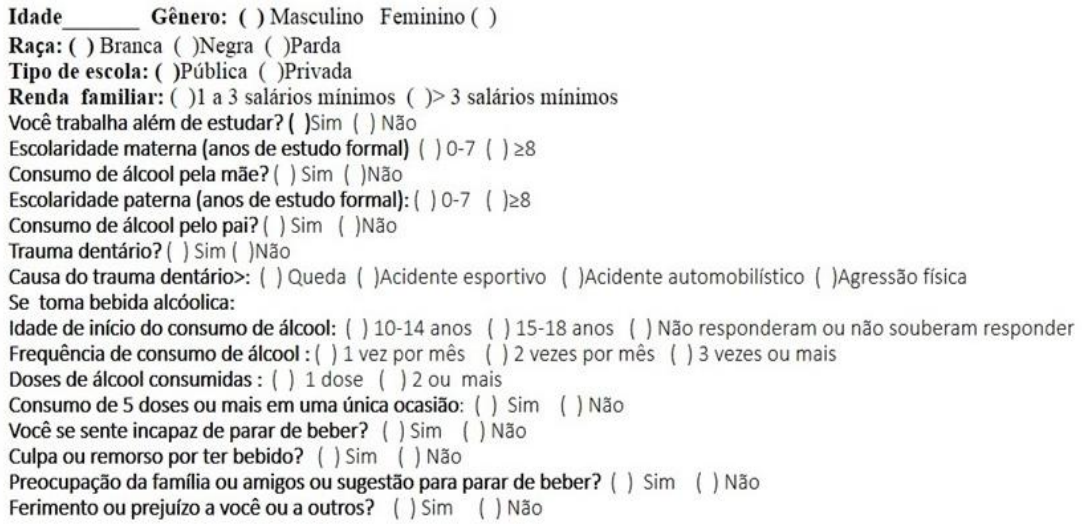
- **Estudo piloto**

Antes da coleta de dados foi realizado um estudo piloto com 30 adolescentes de escolas municipais que não participaram da amostra, para avaliar os métodos e verificar se haveria necessidade de realizar modificações na metodologia inicialmente proposta. Com resultado, não houve necessidade de alterar a metodologia.

- **Coleta de dados**

A pesquisa teve por delineamento um estudo de caso-controle, sendo considerado como desfecho o traumatismo dentário, devendo ser considerado, portanto, o grupo caso, a presença de traumatismo dentário (G1) e o controle, a ausência deste traumatismo (G2), sendo o consumo do álcool a exposição. Para cada participante da pesquisa foi aplicado um questionário (Figura 1) sobre dados epidemiológicos. Posteriormente, somente para os alunos expostos ao consumo de álcool, foi aplicado a segunda parte do questionário para maiores informações sobre o consumo de bebidas alcóolicas baseado em estudo anteriormente realizado por Jorge *et al*.[3]. O exame clínico foi realizado sob luz natural, em ambiente escolar, por dois examinadores com utilização dos equipamentos de proteção individual (EPI´s), previamente calibrados, com o auxílio de espátula de madeira e espelho bucal.

Figura 1: Questionário aplicado ao adolescente.



Idade_____ Gênero: ( ) Masculino Feminino ( )
Raça: ( ) Branca ( )Negra ( )Parda
Tipo de escola: ( )Pública ( )Privada
Renda familiar: ( )1 a 3 salários mínimos ( )> 3 salários mínimos
Você trabalha além de estudar? **( )**Sim ( ) Não
Escolaridade materna (anos de estudo formal) ( ) 0-7 ( ) ≥8
Consumo de álcool pela mãe? ( ) Sim ( )Não
Escolaridade paterna (anos de estudo formal): ( ) 0-7 ( )≥8
Consumo de álcool pelo pai? ( ) Sim ( )Não
Trauma dentário? ( ) Sim ( )Não
Causa do trauma dentário>: ( ) Queda ( )Acidente esportivo ( )Acidente automobilístico ( )Agressão física
Se toma bebida alcóolica:
Idade de início do consumo de álcool: ( ) 10-14 anos ( ) 15-18 anos ( ) Não responderam ou não souberam responder
Frequência de consumo de álcool : ( ) 1 vez por mês ( ) 2 vezes por mês ( ) 3 vezes ou mais
Doses de álcool consumidas : ( ) 1 dose ( ) 2 ou mais
Consumo de 5 doses ou mais em uma única ocasião: ( ) Sim ( ) Não
Você se sente incapaz de parar de beber? ( ) Sim ( ) Não
Culpa ou remorso por ter bebido? ( ) Sim ( ) Não
Preocupação da família ou amigos ou sugestão para parar de beber? ( ) Sim ( ) Não
Ferimento ou prejuízo a você ou a outros? ( ) Sim ( ) Não

Todos os participantes foram examinados para verificar se houve TD, o tipo de trauma, quais dentes envolvidos, com identificação do fator etiológico. Os critérios para diagnóstico a ser adotados para identificar o tipo de TD foram: trinca e fraturas de esmalte, fratura de esmalte/dentina sem e com exposição pulpar, mudança na coloração da coroa, presença de restaurações estética, colagem de fragmento, restauração total da coroa do dente permanente, fístula ou edema e ausência dental devido ao TD (Paiva *et al*., 2014).

- **Análise Estatística**

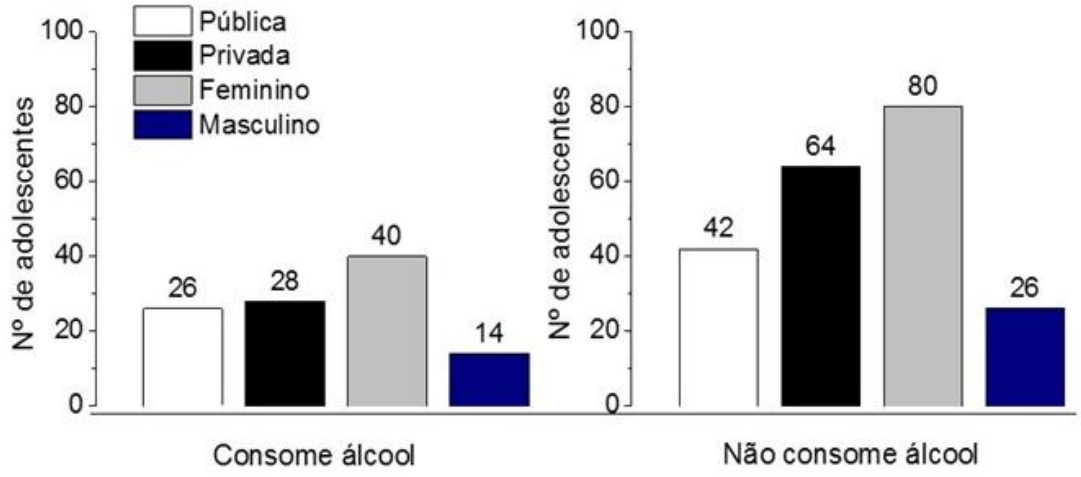
Os dados obtidos foram digitados em planilha do programa Microsoft Excel 2019 e analisados estatisticamente com auxílio do Software Bioestat, em sua versão 5. Foram realizadas avaliações das médias e dos desvios padrão para as variáveis quantitativas. Foram obtidas porcentagens e frequências, realizando-se análises de associação entre as variáveis qualitativas a partir do qui-quadrado e comparação da idade média a partir do teste t. O nível de significância adotado nos testes foi de 5%. Os gráficos foram montados em sequência com o Origin 2016 para comparar os resultados entre A1 e A2 e entre G1 e G2.

Resultados

Devido ao período de Covid-19, o ensino médio adotou o modo híbrido ou estritamente remoto das aulas, dificultando a obtenção estimada da amostra, e ao fato de 12 alunos do gênero masculino após responderem o questionário não desejarem ser examinados, houve a participação somente de 160 adolescentes. Com base nos dados coletados com 160 crianças, foi possível observar que a prevalência de 33,75% de adolescentes que consomem álcool.

Com base nesses valores, complementados com cálculos estatísticos qui-quadrado, verificou-se que nos adolescentes expostos à bebida alcóolica, não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre comparação de escolas públicas e privadas, tampouco, não houve diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os gêneros masculino e feminino (Figura 2).

Figura 2: Distribuição dos adolescentes quanto à escola, idade, gênero e consumo de bebidas alcóolicas



Foi possível observar que a prevalência de adolescentes com TD foi de 34,37%, (n=55). Quanto à distribuição do consumo de bebidas alcóolicas, observou-se que, 20 desses 55 adolescentes, faziam uso de consumo de bebidas alcoólicas regularmente, ou seja, 36,36% daqueles com TD (Figura 3).

Com base nesses valores, complementados com cálculos estatísticos qui-quadrado, verificou-se que nos adolescentes não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o uso de álcool e a prevalência de traumas na idade de 14 anos e 15 anos, porém,

houve diferença significativa (p< 0,05) entre o uso de álcool e a prevalência de TD na idade de 16 anos (x^2 = 5,468 *p* = 0,019), 17 anos (p< 0,05), (x^2 = 5,882 *p* = 0,0153) e 18 anos (p< 0,05), (x^2 = 8,00 *p* = 0,004);

Figura 3: Relação entre o consumo de álcool e traumatismo dental nas idades estudadas.

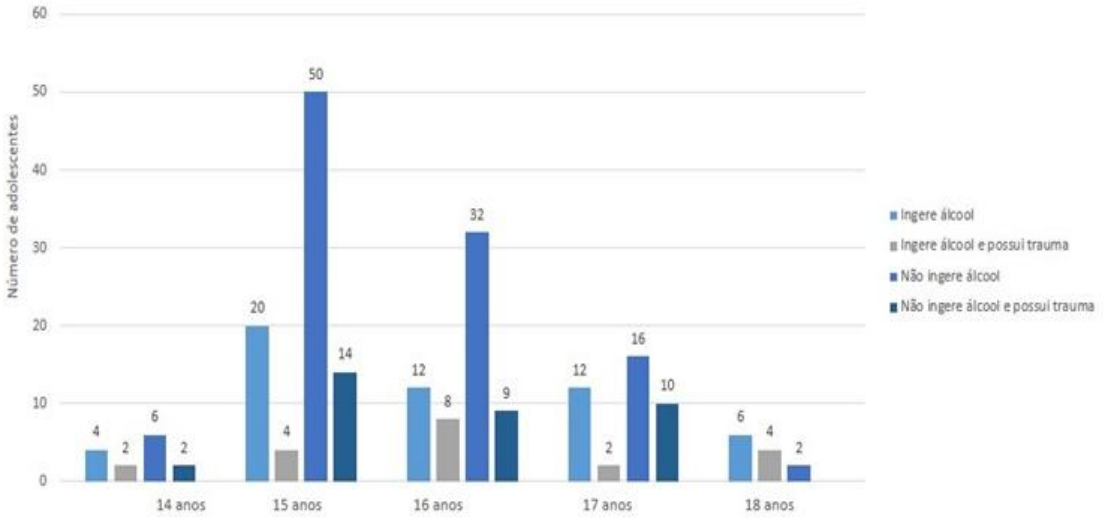
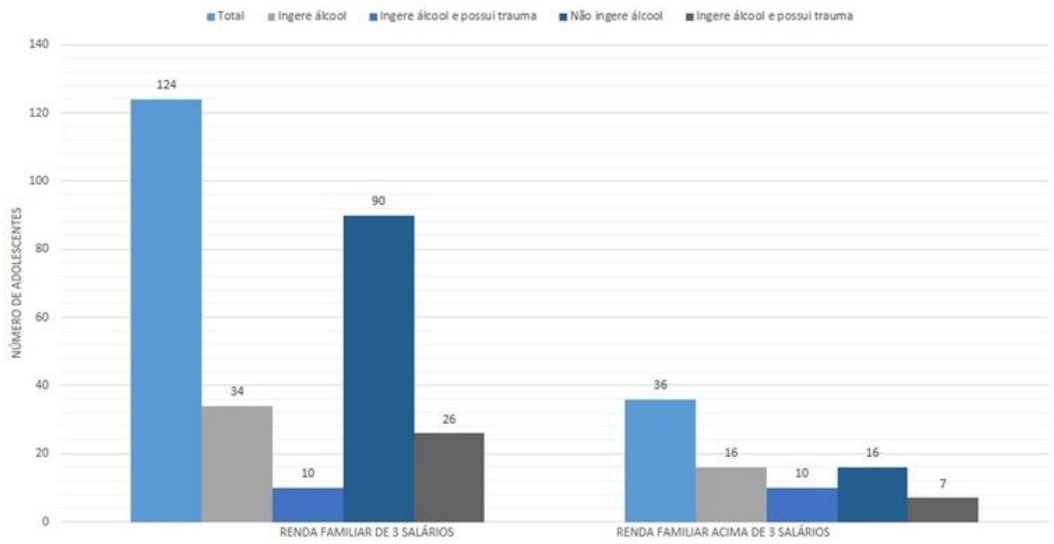


Figura 4: Representação do consumo de álcool e traumatismo dentário com a renda familiar



Não houve diferença significativa (*p*> 0,05) entre a prevalência de trauma dentário e a renda familiar. Porém, houve diferença significativa (*p*< 0,05) entre a frequência do uso de álcool e a renda familiar (x^2 = 9,878 *p* = 0,002) (Figura 3).

Independentemente do uso de bebida alcóolica, não houve diferença significativa (p> 0,05) entre a prevalência de trauma dentário e a etnia branca. Porém, houve diferença significativa na etnia parda (x^2 = 19,787 p = <0,0001) e negra (x^2 = 4,714 p = 0,029). Houve diferença significativa (p< 0,05) entre a frequência de uso de álcool e as etnias (x^2 = 7,417 p = 0,0245) com maior prevalência na etnia branca, seguida da parda.

Não houve diferença significativa (p< 0,05) quando foi testada a influência do pai quanto a ingestão de álcool sobre o filho. Porém, houve diferença significativa (p> 0,05) quando foi testada a influência da mãe quanto a ingestão de álcool sobre o filho (x^2 = 5,486 p = 0,0192).

Tabela 1: Enumeração de traumas dentários observados em G1, quando os grupos foram comparados quanto à exposição de bebidas alcóolicas.

Tipo de trauma/Sequelas	Consumo de bebidas alcoólicas	G1	G2	Total	x² / *p* valor
Trinca e fratura de esmalte	Sim	16	38	54	0,085
	Não	26	80	106	0,771
Fratura de esmalte/dentina SEM exposição pulpar	Sim	3	51	54	**<0,0001*** **
	Não	4	102	106	0,991
Mudança de coloração da coroa	Sim	9	45	54	10,580
	Não	2	104	106	**0,001****
Presença de restaurações estética após fratura	Sim	9	45	54	**0,001****
	Não	17	89	106	0,981
Fístula	Sim	5	49	54	3,166
	Não	2	104	106	0,181

Nota: Teste Qui-quadrado; valor de p=0,001** (significância a 1%); valor de p< 0,0001*** (significância a 0,01%).

Com base na Tabela 1, com os dados das frequências, acompanhados pelo teste do qui-quadrado foi possível observar associação do uso de bebidas alcoólicas com o tipo de traumatismo dentário em G1 com fratura de esmalte/dentina sem exposição pulpar (p< 0,0001). Houve também associação entre presença de restaurações estéticas após fratura dentária, no mesmo grupo (p=0,001).

Com base na Tabela 2, com os dados das variáveis, acompanhados pelo teste do qui-quadrado foi possível observar associação do uso de bebidas alcoólicas com algumas variáveis em relação ao fato de desenvolvimento de TD: na questão de frequência de

consumo de álcool observou-se associação significativa entre os que consumiam 2 e 3 vezes por mês ($p < 0,05$).

Tabela 2: Distribuição de variáveis quanto à bebida alcóolica entre os grupos G1 e G2.

Variáveis		(Trauma dentário)	(Sem trauma dentário)	Total	X^2 *p* valor
Idade de início do consumo de álcool	10-14 anos	08	07	15	2,166 0,141
	15-18 anos	12	26	38	
Frequência de consumo de álcool	1 vez por mês	13	12	25	5,989 **0,040**
	2 vezes por mês	04	10	14	
	3 vezes ou mais	02	12	14	
Doses de álcool consumidas	1 dose	05	12	17	0,451
	2 ou mais	14	22	36	0,502
Consumo de 5 doses ou mais em uma única ocasião	Sim	05	18	23	3,518
	Não	14	16	30	0,061
Tentativa frustrada ao tentar parar de beber	Não	17	30	47	0,019
	Sim	2	4	06	0,891
Você se sente incapaz de parar de beber?	Sim	6	16	22	1,203
	Não	13	18	31	0,273
Culpa ou remorso por ter bebido	Sim	10	20	30	0,190
	Não	9	14	23	0,663
Preocupação da família ou amigos ou sugestão para parar de beber	Sim	10	20	30	0,190
	Não	9	14	23	0,663
Ferimento ou prejuízo a você ou a outros	Sim	10	20	30	0,190
	Não	09	14	3	0,663

Nota: Teste Qui-quadrado; valor de p=0,04 (significância a 5%)

Discussão

Com base nos dados coletados com 160 adolescentes, valor abaixo do cálculo amostral, devido a um número de adolescentes ter optado apenas por ensino remoto e não híbrido durante este período de pandemia de Covid-19, foi possível observar que a prevalência de TD foi de 34,37%, corroborando o estudo[4] em adolescentes entre idade de

12 a 19 anos, que encontrou uma prevalência de 33,7%. Entretanto, outros estudos (Coutinho *et al*., 2016; Guimarães *et al*., 2016) encontraram uma prevalência menos elevada, 19,4% e 7,4%, respectivamente.

Embora não tenha havido diferença significativa quanto ao consumo de bebida alcóolica por gênero, observamos que as meninas são maiores consumidoras de bebidas frente aos meninos, corroborando com a literatura (Malta *et al*., 2013). Entretanto, adolescentes do gênero masculino fazem o uso mais intenso, sobretudo se considerarmos a variável frequência mensal de 5 vezes ou mais.

No presente estudo, o início do consumo de bebidas alcoólicas aumentou com o avanço da idade do adolescente. Entretanto, outros autores relatam que a maioria dos adolescentes iniciam o consumo de álcool de forma precoce, antes dos 11 anos de idade, faixa etária considerada como infância pela OMS (Marinho *et al*., 2013; Zuquetto *et al*., 2019).

Mediante as respostas obtidas pelos adolescentes na Tabela 2, deduziu-se que o adolescente, por imaturidade ou falta de identidade, não possui percepção dos problemas que o consumo de álcool precoce pode ocasionar. Os resultados evidenciaram que as consequências mais relatadas pelos alunos foram a violência física ou verbal durante o uso de bebidas alcoólicas, bem como o surgimento de culpa e/ou remorso após ter ingerido álcool.

Nesta pesquisa constatou-se que a maioria dos familiares se preocupa com relação ao consumo de álcool e seus efeitos na vida do adolescente, divergindo dos achados de outros autores que constataram uma maior taxa de pais que não se preocupam com o consumo precoce de álcool pelos filhos, tendo como justificativa o fato de ser uma droga lícita e socialmente consumida pelos que cuidam destes adolescentes (Oliveira Filho *et al*., 2013; Zuquetto *et al*., 2019).

Alguns autores constataram que o baixo monitoramento do comportamento dos filhos e o consumo de álcool pelos pais têm influenciado o surgimento deste hábito nos menores de idade, sugerindo que campanhas com estratégias de intervenção para os pais são uma boa conduta preventiva e terapêutica de combate ao alcoolismo em adolescentes (Donalson *et al*., 2016).

Foi possível observar associação significativa ($p<0,05$) do consumo de bebidas alcoólicas com o aparecimento de TD, nas idades mais elevadas de 16 a 18 anos. Resultados similares foram observados por outros autores ao afirmarem que adolescentes

que faziam uso de drogas lícitas e ilícitas possuíam uma prevalência maior de TD do que os que não consumiam bebida alcóolica (Paiva *et al*., 2015; Enver *et al*., 2016).

Embora nesta pesquisa não tenha havido associação significativa entre TD e entre escola pública e privada, proporcionalmente ao número de alunos nas escolas, houve uma prevalência maior do uso de álcool associado ao TD em estudantes das escolas privadas, provavelmente devido ao nível socioeconômico maior neste grupo (Figuras 3 e 4).

Baseado nos achados da pesquisa, os TD encontrado em adolescentes que fazem uso de bebidas alcoólicas parecem depender de fatores socioeconômicos e demográficos, uma vez que houve relação direta entre o álcool, renda familiar e idade. Fato similar foi observado por outros autores (Paiva *et al*., 2014; Paiva *et al*., 2015) ao constatarem a associação entre TD e uso de bebidas, sugerindo a adoção de políticas públicas preventivas voltadas a este grupo populacional.

Entretanto, outros estudos (Oliveira *et al*., 2015; Enver *et al*., 2016) não observaram associação entre TD e o álcool, e que o consumo de bebidas alcoólicas independe de fatores socioeconômicos e demográficos (Oliveira *et al*., 2015; Sandova *et al*., 2019).

Duas revisões sistemáticas evidenciaram a influência de componentes de marketing, como promoção, preço, atributos do produto, obtenção facilitada, sobre o consumo de álcool pelos adolescentes, constatando que o mesmo influencia no início, frequência e intensidade do hábito (Stautz *et al*., 2016; Scott *et al*., 2017).

Vale enfatizar que se o uso de álcool na adolescência continuar na idade adulta, poderá ocasionar a dependência química, sendo um perigo potencial para a saúde (Stautz *et al*., 2016; Scott *et al*., 2017; Sandova *et al*., 2019).

É importante que políticas públicas sobre medidas preventivas sobre o alcoolismo associadas a saúde geral e saúde bucal sejam implementadas, com melhor engajamento dos indivíduos envolvidos e de suas famílias.

Como limitações deste estudo transversal, ressalta-se que o número da amostra foi inferior ao valor mínimo indicado pelo cálculo amostral com quantidade diferente de participantes nos grupos. Sugere-se que estudos longitudinais sejam realizados para permitir análises sobre os padrões de consumo, bem como a avaliação do uso do álcool para a dependência entre adolescentes e possíveis consequências a longo prazo.

Conclusão

Em adolescentes, com idade entre 14 e 18 anos, que consumiam bebidas alcóolicas, a prevalência de traumatismo dentário (TD) foi de 33,3%, com predominância no gênero feminino. Houve associação do consumo de álcool com TD nas idades entre 16 e 18 anos. Em escola privada foram observados 70% dos casos provenientes de TD associados ao uso de bebidas alcóolicas.

Referências

Coutinho, E. S. F *et al*. Padrões de consumo de bebidas alcoólicas em adolescentes brasileiros. **Revista de Saúde Pública,** v. 50, n. 1, p. 1-9, 2016. Doi: 10.1590/S01518-8787.2016050006684.

Donalson, C. D; Handren, L. M; Crano, W. D. The enduring impac of parents' monitoring, warmth, expectancies, and alcohol use on their children's future binge drinking and arrests: a longitudinal analysis. **Prev Science**, v. 17, n. 5, p. 606-614, 2016. Doi: 10.1007/s11121-016-0656-1.

Enver, M. B *et al*. Alcohol consumption at age 11–12 years and traumatic dental injuries at age 15–16 years in school children from East London. **Dental Traumatology**, v. 32, n. 5, p. 361-366, 2016. Doi: 10.1111/edt.12264. Epub 2016 Feb 23.

Filho, P. M. O *et al*. The prevalence of dental trauma and its association with illicit drug use among adolescents. **Dental Traumatology**, v. 30, n. 2, p. 122–127, 2014. Doi: 10.1111/edt.12059. Epub 2013 Jul 10.

Fontelles, M. J *et al*. Research metodology: guidelines for calculating the sample size. **Rev Para Med,** v. 24, n. 2, p. 57-64, 2010.

Guimarães, M *et al*. Religiosidade como possível fator de proteção do "binge drinking" por escolares de 12 anos de idade: um estudo de base populacional. **Ciência e Saúde**, v. 23, n. 4, p. 1067-1076, 2016. Doi: 10.1590/1413-81232018234.04872016.

Jorge, K. O *et al*. Prevalence and association of dental injuries with socioeconomic conditions and alcohol/drug use in adolescents between 15 and 19 years of age. **Dental Traumatology**, v. 28, n. 2, p. 136–141, 2012. Doi: 10.1111/j.1600-9657.2011.01056.x. Epub 2011 Oct 11.

Malta, D. C *et al*. Exposure to alcohol among adolescent students and associated factors: Exposure to alcohol among adolescent students and associated factors. **Rev Saúde Pública**, v. 48, n. 1, p. 52-62, 2013. Doi: 10.1590/S0034-8910.2014048004563.

Marinho, A. C. M. R *et al*. Prevalência de traumatismo dentário e fatores associados em adolescentes no Conselho do Porto. **Revista Portuguesa de Estomatologia, Medicina Dentária e Cirurgia Maxilofacial**, v. 54, n. 3, p. 143-149, 2013.

Oliveira, J. G. M *et al*. Risk of alcohol dependence: prevalence, related problems and socioeconomic factors. **Ciência e Saúde**, v. 21, n. 1, p. 17-26, 2015. Doi: https://doi.org/10.1590/1413-81232015211.00652015.

Oliveira Filho, P. M *et al*. The prevalence of dental trauma and its association with illicit drug use among adolescents. **Dental Traumatology**, v. 30, n. 1, p. 122-127, 2013. Doi: 10.1111/edt.12059.

Paiva, H. N *et al*. Consumo de drogas ilícitas como fator de risco para traumatismo dentário em adolescentes. **Cad. Saúde Colet,** v. 24, n. 3, p. 317-322, 2016. Doi: https://doi.org/10.1590/1414-462x201600030083.

Paiva, P. C. P *et al*. Prevalence of traumatic dental injuries and its association with binge drinking among 12 years old: a population-based study. **Int J Paediatr Dent**, v. 25, n. 4, p. 239–247, 2015. Doi: 10.1111/ipd.12135. Epub 2014 Sep 16.

Paiva, P. C. P *et al*. Prevalence of dental trauma and association with alcohol consumption, demographic and clinical factors among 12-year-old schoolchildren: an exploratory study. **Brazilian Research in Pediatric Dentistry and Integrated Clinic**, v. 14, n. 2, p. 151-159, 2014. Doi: 10.4034/PBOCI.2014.142.09.

Pinsky, I *et al.* Padrões de uso de álcool entre adolescentes brasileiros. **Revista Brasileira de Psiquiatria,** v. 32, n. 3, p. 242-249, 2010.

Reis, A. G; Paiva, P. C. P; Filho, P. M. O. Prevalência de traumatismo dentário e fatores associados em estudantes de 11 a 19 anos da zona rural do Município de Diamantina-MG. **Arq Odontol**, v. 50, n. 1, p. 42-48, 2014.

Sandova, G. A *et al.* Sociodemographics, lifestyle factors and health status indicators associated with alcohol consumption and related behaviours: a brazilian population-based analysis. **Public Health**, v. 178, n. 2, p. 49-61, 2019. Doi: 10.1016/j.puhe.2019.08.011

Scott, S *et al*. Does industry-driven alcohol marketing influence adolescent drinking behavior? a systematic review. **Alcohol Alcohol,** v. 52, n. 1, p. 84-94, 2017. Doi: 10.1093/alcalc/agw085. Epub 2016 Nov 17.

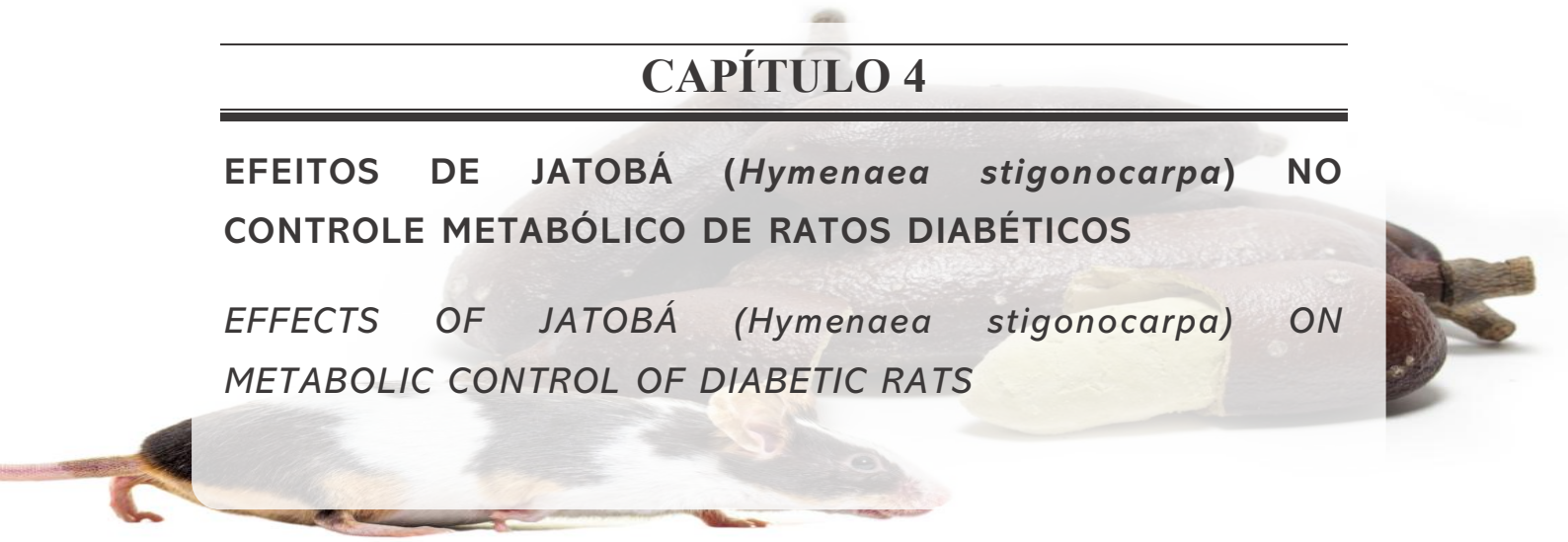
Stautz, K *et al.* Immediate effects of alcohol marketing communications and media portrayals on consumption and cognition: a systematic review and meta-analysis of experimental studies. **BMC Public Health**, v. 16, n. 1, p. 1–18, 2016. Doi: 10.1186/s12889-016-3116-8.

Zuquetto CR *et al*. Contributions of parenting styles and parental drunkenness to adolescent drinking. **Journal of Psychiatry**, v. 41, n. 6, p. 511-517, 2019. Doi: 10.1590/1516-4446-2018-0041.

CAPÍTULO 4

EFEITOS DE JATOBÁ (*Hymenaea stigonocarpa*) NO CONTROLE METABÓLICO DE RATOS DIABÉTICOS

EFFECTS OF JATOBÁ (Hymenaea stigonocarpa) ON METABOLIC CONTROL OF DIABETIC RATS



DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.04

Submetido em: 23/09/2025
Revisado em: 24/09/2025
Publicado em: 25/09/2025

Ana Lina de Carvalho Cunha Sales
Universidade Federal do Piauí, Nutricionista do Hospital Universitário, Teresina-PI
https://orcid.org/0000-0001-5951-5437

Isabella Parente Almeida
Universidade de São Paulo, Dermatologista do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto-SP
https://orcid.org/0000-0002-6283-4065

Daiane Cristina Ferreira Damasceno
Hospital Daher, Cirurgiã Vascular, Brasília, DF
https://orcid.org/0000-0002-0744-8671

Joseanne Maria Rodrigues Teixeira
Universidade Federal do Piauí, Médica do Hospital Universitário, Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/3973195899015841

Luanne Fortes Monte Soares
Universidade de São Paulo, Nefrologista pelo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, São Paulo-SP
http://lattes.cnpq.br/5092744426699443

Elza Carolina Costa Santos
Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Medicina, Recife-PE

http://lattes.cnpq.br/6142481039881780

Jaynara Keylla Moreira da Silva

Faculdade Estácio, Departamento de Nutrição, Teresina-PI

https://orcid.org/0000-0002-8043-3716

Joyce Lopes Macedo

Universidade Federal do Piauí, Doutoranda pela Rede Nordeste de Biotecnologia (RENORBIO), Teresina-PI

https://orcid.org/0000-0001-9980-3388

Laís Lima de Castro Abreu

Universidade Federal do Piauí, Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição (PPGAN), Teresina-PI

http://lattes.cnpq.br/8825000429729770

Maria do Carmo de Carvalho e Martins

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Biofísica e Fisiologia, Teresina-PI

https://orcid.org/0000-0002-9107-2485

Resumo

Componentes alimentares, especialmente compostos ricos em fibras, têm despertado interesse como recursos auxiliares no tratamento do diabetes mellitus. O jatobá (Hymenaea stignocarpa) apresenta elevado conteúdo de fibra alimentar e taninos. Nesse sentido o objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do concentrado de polpa de jatobá sobre o controle glicêmico, ingestão hídrica e alimentar, diurese e peso corporal de ratos diabéticos. Foram utilizados Rattus novergicus machos (230-270g) distribuídos em três grupos de sete foram tratados diariamente com 0,5mL/100g de suspensão de polpa de jatobá 10% (DJ) ou veículo (água destilada 0,5mL/100g) nos grupos controle diabético (CD) e controle normal (CN) a partir do 5º dia pós-indução de diabetes com estreptozocina 40mg/kg i.v.. Após 50 dias de tratamento obtiveram-se amostras de sangue venoso para dosagens bioquímicas. Realizou-se análise estatística por meio do teste t pareado e ANOVA seguida de teste de Tukey. Os grupos apresentavam níveis de glicemia pré-indução normais (CD: 92,8±3,7; DJ: 86,9 ±3,3; CN:99,0±6,6). O diabetes experimental resultou em aumento dos níveis séricos de glicose e frutosamina, perda de peso, polifagia, poliúria e polidipsia. O tratamento com jatobá produziu, em relação a CD, redução significativa de: glicemia (CD: 504,4±31,3;DJ:268,8±38,0;CN:102,5±6,8); frutosamina (CD:242,8±15,1;DJ:120,9±19,6; CN:110,2±10,6), diurese (CD:74,2±1,5;DJ:54,4±1,7;CN:8,0±0,3); e ingestão hídrica (CD:119,5±1,7;DJ:94,1±2,3;CN:34,5±0,8). A administração de jatobá não evitou a perda de peso corporal (CD:198,9±7,2; DJ:166,6±11,7; CN:273,2±13,9) em CD e DJ. Conclui-se que o concentrado de jatobá apresentou efeito hipoglicemiante, com melhor controle glicêmico em curto prazo evidenciado pela redução nos níveis de frutosamina; além de redução da diurese e ingestão hídrica.

Palavras-Chave: diabetes mellitus, jatobá, glicemia, ratos.

Abstract

Dietary components, especially fiber-rich compounds, have attracted interest as adjunctive resources in the treatment of diabetes mellitus. Jatobá (Hymenaea stignocarpa) has a high content of dietary fiber and tannins. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of jatobá pulp concentrate on glycemic control, water and food intake, diuresis, and body weight in diabetic rats. Male Rattus novergicus (230-270g) were divided into three groups of seven rats and treated daily with 0.5mL/100g of 10% jatobá pulp suspension (DJ) or vehicle (0.5mL/100g distilled water) in the diabetic control (CD) and normal control (NC) groups, starting on day 5 after diabetes induction with 40mg/kg i.v. streptozocin. After 50

days of treatment, venous blood samples were obtained for biochemical assays. Statistical analysis was performed using paired t-test and ANOVA followed by Tukey's test. The groups presented normal pre-induction blood glucose levels (CD: 92.8±3.7; DJ: 86.9±3.3; CN: 99.0±6.6). Experimental diabetes resulted in increased serum glucose and fructosamine levels, weight loss, polyphagia, polyuria, and polydipsia. Treatment with jatobá produced, in relation to CD, a significant reduction in: blood glucose (CD: 504.4±31.3; DJ: 268.8±38.0; CN: 102.5±6.8); fructosamine (CD: 242.8±15.1; DJ: 120.9±19.6; CN: 110.2±10.6), diuresis (CD: 74.2±1.5; DJ: 54.4±1.7; CN: 8.0±0.3); and water intake (CD: 119.5±1.7; DJ: 94.1±2.3; CN: 34.5±0.8). The administration of jatobá did not prevent body weight loss (CD: 198.9±7.2; DJ: 166.6±11.7; CN: 273.2±13.9) in CD and DJ. It is concluded that jatobá concentrate presented a hypoglycemic effect, with better short-term glycemic control evidenced by the reduction in fructosamine levels; in addition to reduced diuresis and water intake.

Keywords: diabetes mellitus, jatobá, blood glucose, rats.

Introdução

O diabetes mellitus (DM) é uma desordem metabólica caracterizada por hiperglicemia crônica decorrente de uma deficiência na secreção de insulina e/ou resistência à ação da mesma (Elsayed *et al*., 2024), que cursa com alteração do metabolismo dos carboidratos, lipídios e proteínas. Sua cronicidade contribui para o surgimento de complicações micro a macrovasculares (Nogueira Junior *et al*., 2005) geralmente associadas à disfunção e falência de vários órgãos e tecidos, especialmente olhos, rins, nervos, coração e vasos sanguíneos (Dornas *et al*., 2009).

A prevalência do DM tem aumentado de forma alarmante em escala global, configurando-se como uma das principais ameaças à saúde pública do século XXI. Esse crescimento é particularmente expressivo em países de baixa e média renda, onde a transição nutricional, a urbanização acelerada e o sedentarismo contribuem significativamente para o aumento dos casos. Dados da Federação Internacional de Diabetes (IDF) estimam que, atualmente, aproximadamente 537 milhões de adultos entre 20 e 79 anos vivem com a doença, número que pode alcançar 783 milhões até 2045 se medidas efetivas de prevenção e controle não forem adotadas (Ogurtsova *et al*., 2017).

Projeções mais recentes indicam que, até 2050, o número global de pessoas com DM poderá ultrapassar 850 milhões, reforçando seu caráter epidêmico e seu impacto sobre os sistemas de saúde e produtividade econômica (Khan *et al*., 2020; Zhou *et al*., 2023). A crescente prevalência do diabetes tipo 2, em particular, reflete não apenas fatores genéticos e demográficos, mas também um ambiente obesogênico, caracterizado pelo consumo excessivo de alimentos ultraprocessados e pela inatividade física, tornando-se urgente o desenvolvimento de estratégias de intervenção eficazes e sustentáveis.

O tratamento do diabetes consiste em promover o controle glicêmico adequado (Dornas *et al*., 2009), podendo-se utilizar várias estratégias, que incluem dieta, exercícios físicos e o uso de medicações (Moraes *et al*., 2021). Antes do advento da insulina exógena, o uso de plantas medicinais era a principal forma de controle do diabetes, uma vez que estas são importantes fontes de substâncias potencialmente terapêuticas (Dornas *et al*., 2009). E apesar desse uso relacionar-se a um conhecimento popular, vários estudos comprovaram a sua eficácia na redução de índices glicêmicos a fim de que elas possam ser usadas como recurso complementar o tratamento já existente (Carvalho, Da Silva Oliveira e Da Paixão, 2021; Dornas *et al*., 2009).

O jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), uma leguminosa arbórea de ocorrência no cerrado e cerradão brasileiro pertencente à família Leguminosae e subfamília Caesalpinioideae (Silva, Silva e Chang, 1998), há muito tem sido utilizado na culinária regional e na elaboração de bolos, pães e biscoitos. Vale ressaltar que esse fruto possui um elevado teor de fibra alimentar total (Silva *et al*., 2001) e a sua farinha apresenta um conteúdo de taninos bastante significativos, além de contar com a presença de ácido fítico e inibidor de tripsina, embora estes últimos estejam presentes em baixas concentrações (Silva, 1997).

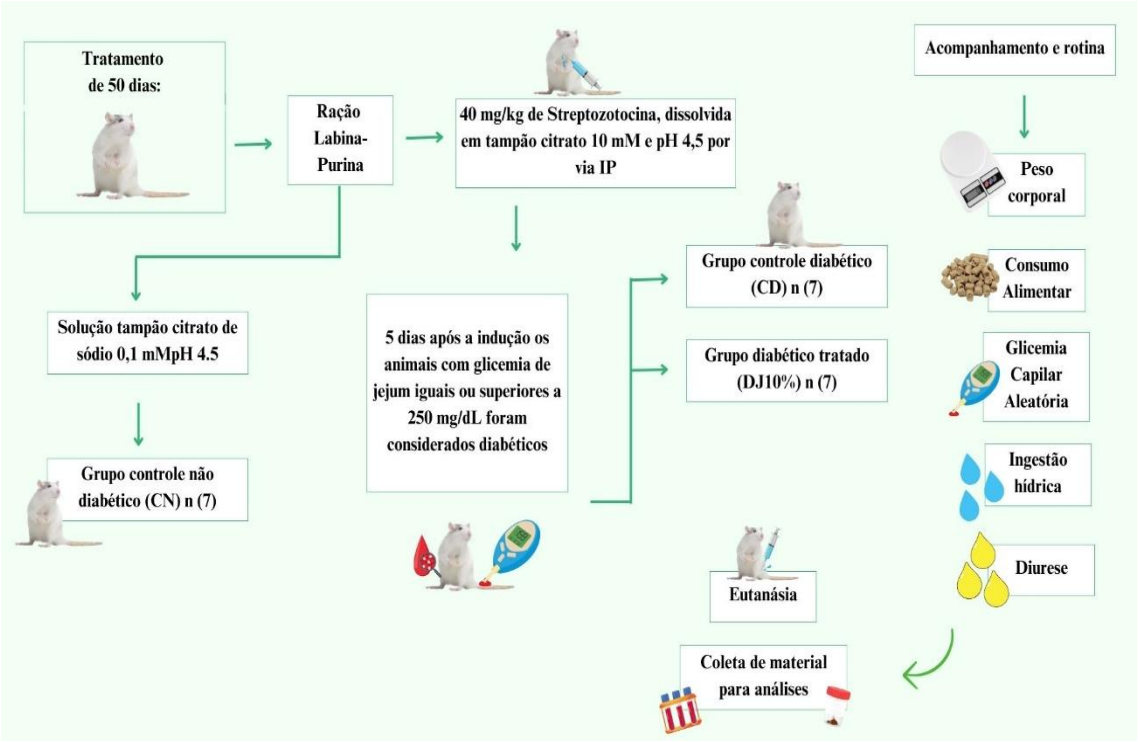
As fibras alimentares solúveis têm sido associadas à modulação glicêmica e lipídica por mecanismos como o retardo da absorção intestinal de glicose e colesterol, além da formação de géis viscosos que interferem na digestão e absorção dos nutrientes (Slavin, 2013). Paralelamente, os taninos, classificados como polifenóis da subclasse dos flavonoides, apresentam propriedades antioxidantes e capacidade de inibir enzimas digestivas como alfa-amilase, lipase pancreática e tripsina, o que pode contribuir para a redução da glicemia pós-prandial e melhora da sensibilidade à insulina (Daglia, 2012; Martins *et al*., 2020).

Diante disso, o jatobá representa uma fonte promissora de compostos funcionais com potencial terapêutico, especialmente no contexto de doenças metabólicas como o DM, cuja fisiopatologia envolve resistência à insulina, estresse oxidativo e hiperglicemia sustentada. Considerando a relevância da busca por alternativas alimentares com ação hipoglicemiante e antioxidante, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da administração de concentrado de jatobá sobre o controle glicêmico em modelo animal de diabetes induzido.

Metodologia

Foram utilizados ratos Wistar machos jovens (60-70 dias) provenientes do Biotério do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Piauí e mantidos no laboratório de pesquisa do Departamento de Biofísica e Fisiologia em ciclo claro-escuro de 12 horas. Após jejum alimentar de 12 horas com acesso livre a água, os 14 animais selecionados aleatoriamente para compor os grupos de diabéticos (230-270 g) receberam estreptozotocina 40 mg/kg (Sigma Chemical, USA), dissolvida em tampão citrato 10 mM e pH 4,5 por via intravenosa. Outros sete animais com características semelhantes receberam apenas tampão citrato (0,2 mL/100 g de peso corporal i.v.) e constituíram o grupo controle normal (CN). Cinco dias após a indução, foi realizada a confirmação do diabetes por meio da determinação da glicemia de jejum capilar utilizando fitas reagentes accue chek. Os animais que apresentaram glicemia maior ou igual a 250 mg/dL12 foram considerados diabéticos e distribuídos em 2 grupos de sete animais cada, sendo um grupo assinalado como controle diabético, não submetido a tratamento (CD), e o outro grupo tratado uma vez ao dia, durante 50 dias, com suspensão de polpa de jatobá a 10% peso/volume em água destilada (concentrado de jatobá) identificado com grupo diabético + jatobá (DJ), a figura 01 traz a representação do tratamento.

Figura 01: Protocolo experimental e grupos de estudo.



Fonte: Autoria própria.

Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais com ração padrão para ratos (Labina-Purina) e água ad libitum até o início dos tratamentos, quando os animais do grupo DJ passaram a receber, além de ração padrão, administração diária de 0,5 mL/100g de peso corporal de concentrado de jatobá a 10% via orogástrica. O jatobá maduro foi obtido na Embrapa de Teresina e a polpa foi preparada pelos pesquisadores envolvidos no projeto e armazenada em freezer para diluição de quantidade necessária imediatamente antes da administração.

A glicemia capilar de jejum foi avaliada a cada 15 dias durante o período de tratamento. O consumo diário de alimentos de cada animal foi determinado por meio da diferença da quantidade de ração colocada e da quantidade restante após 24 horas; ao passo que o consumo hídrico, a diurese e o peso corporal foram avaliados a cada três dias.

Ao final do período experimental, a eutanásia dos animais de todos os grupos foi realizada mediante administração de doses excessivas de tiopental sódico (100 mg/kg) por via intraperitoneal, e foram obtidas amostras de sangue venoso para dosagens bioquímicas.

Os níveis séricos de glicose e de frutosamina foram utilizados para avaliação do controle glicêmico. A glicemia final foi determinada por método enzimático que utiliza glicose oxidase e peroxidase como catalisadores das reações de oxidação e peroxidação da glicose na amostra, e a concentração de frutosamina foi avaliada pelo método de redução do azul de nitrotetrazólio. Todas as dosagens foram realizadas utilizando kits reagentes da Labtest Diagnóstica S. A.®, conforme especificações do fabricante, e espectrofotômetro devidamente calibrado para determinação da absorbância dos analitos.

Os valores encontrados são expressos como média e erro padrão da média (EPM). A análise estatística foi realizada mediante aplicação do teste t pareado para comparar as diferenças dentro dos grupos, e ANOVA seguida de pós-teste de Tukey para comparação entre grupos. O nível de significância estabelecido foi de $p<0,05$.

Todos os procedimentos seguiram os Princípios Éticos para Experimentação Animal do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal – CONCEA (2008) e pela legislação nacional para vivissecção animal em vigor (Lei 11.794, de 08.10.2008 e Lei 9.605, de 12.02.98). O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal do Piauí (parecer CEEAPI nº - 07/2010).

Resultados e Discussão

A comparação entre os grupos em relação à glicemia pré-indução revela valores semelhantes nos três grupos de animais. No quinto dia após indução, os animais dos grupos CD e DJ apresentaram níveis glicêmicos significativamente maiores ($p<0,05$) em relação à média pré-indução para o respectivo grupo e em relação ao grupo controle normal. Ao final do tratamento, o grupo CD apresentou média de glicemia significativamente maior ($p<0,05$) que o valor após indução. A administração do concentrado de jatobá durante 50 dias resultou em níveis séricos de glicose significativamente menores ($p<0,05$) quando comparados àqueles encontrados no grupo CD, embora os níveis permanecessem significativamente maiores em relação ao grupo CN (Tabela 1).

Tabela 1: Glicemia de jejum (mg/dL) de *Rattus norvegicus* antes e depois da indução de diabetes, e ao final do período de 50 dias de tratamento com concentrado de jatobá a 10% (0,5mL/100g peso do animal).

GRUPOS	Glicemia de Jejum (mg/dL)		
	Antes da indução	Depois da indução	Após o tratamento
	Média ± EPM	Média ± EPM	Média ± EPM
CD	92,8 ± 3,7	360,7 ± 19,4*	504,4 ± 31,3^{*,**,a}
DJ	86,9 ± 3,3	334,2 ± 14,8*	268,8 ± 38,0^{*,a,b}
CN	99,0 ± 6,6	91,80 ± 2,1	102,5 ± 6,8

CD - Grupo controle diabético; DJ - grupo diabético concentrado de jatobá; CN - grupo controle normal; EPM – erro padrão da média; * teste t, $p<0,05$ em relação à glicemia antes da indução no respectivo grupo; ** teste t $p<0,05$ em relação à glicemia após a indução no respectivo grupo; [a] teste de Tukey, $p<0,05$ em relação a CN; [b] teste de Tukey, $p<0,05$ em relação a CD.

Na tabela 2, observa-se que não houve diferença considerável no peso corporal dos diferentes grupos experimentais antes da indução do diabetes, e que o diabetes experimental produziu perda significativa de peso ($p<0,05$). O tratamento com o concentrado de jatobá não evitou a perda de peso produzida pelo diabetes. Por outro lado, o grupo controle normal apresentou aumento relevante ($p<0,05$) de peso corporal.

Tabela 2: Peso corporal de *Rattus norvegicus* antes e depois da indução de diabetes, e ao final do período de 50 dias de tratamento concentrado de jatobá a 10% (0,5mL/100g peso do animal).

GRUPOS	Peso corporal (g)		
	Antes da indução Média ± EPM	Depois da indução Média ± EPM	Após o tratamento Média ± EPM
CD	251,8 ± 4,3	234,4 ± 3,7	198,9 ± 7,2^{*,**,a}
DJ	248,8 ± 2,4	232,1 ± 3,3	166,6 ± 11,7^{*,**,a}
CN	249,4 ± 5,5	253,2 ± 5,8	273,2± 13,9*,**

CD - Grupo controle diabético; DJ - grupo diabético concentrado de jatobá; CN - grupo controle normal; EPM – erro padrão da média; * teste t, p<0,05 em relação ao peso antes da indução no respectivo grupo; ** teste t, p<0,05 em relação ao peso após a indução no respectivo grupo; [a] teste de Tukey, p<0,05 em relação ao grupo CN.

Ao analisar o controle glicêmico em curto prazo através da determinação de frutosamina (tabela 3), observou-se que os animais do grupo DJ apresentaram diminuição significativa (p<0,01) dos níveis séricos de frutosamina em relação aos animais do grupo CD, sendo os níveis encontrados no grupo tratado com jatobá semelhantes àqueles dos animais do grupo CN.

Tabela 3: Níveis séricos de frutosamina de *Rattus norvegicus* ao final do período de 50 dias de tratamento com concentrado de jatobá a 10% (0,5mL/100g peso do animal).

GRUPOS	Frutosamina (µmol/L) Média ± EPM
CD	242,8 ± 15,1[a]
DJ	120,9 ± 19,6 [b]
CN	110,2 ± 10,6

CD - Grupo controle diabético; DJ - grupo diabético concentrado de jatobá; CN - grupo controle normal; EPM – erro padrão da média; [a] teste de Tukey p<0,01 em relação ao grupo CN; [b] teste de Tukey p<0,01 em relação ao grupo CD.

Ao avaliar a repercussão do diabetes e do tratamento com jatobá sobre a ingestão de alimentos (tabela 4), observou-se que o consumo alimentar foi significativamente maior (p<0,05) nos grupos CD e DJ quando comparados com o grupo CN, e que o tratamento com jatobá não resultou em diferenças nesse parâmetro em relação ao grupo CD.

Quanto ao consumo hídrico e diurese (tabela 4), observou-se que houve aumento relevante desses parâmetros nos animais dos grupos CD e DJ quando comparados ao

grupo CN. Ademais, a administração do jatobá em animais diabéticos resultou em uma redução expressiva ($p<0,05$) na ingestão hídrica e diurese em relação ao grupo CD.

Tabela 4: Consumo Alimentar (g/24h), ingestão hídrica (mL/24 h) e diurese (mL/24 h) de *Rattus norvegicus* ao final do período de 50 dias de tratamento com concentrado de jatobá a 10% (0,5mL/100g peso do animal).

GRUPOS	Consumo Alimentar (g/24h) Média ± EPM	Ingestão hídrica (mL/24h) Média ± EPM	Diurese (mL/24h) Média ± EPM
CD	$31,7 \pm 1,9^{a}$	$119,5 \pm 1,7^{b}$	$74,2 \pm 1,5^{d}$
DJ	$29,8 \pm 0,3^{a}$	$94,1 \pm 2,3^{b,c}$	$54,4 \pm 1,7^{d,e}$
CN	$20,1 \pm 1,2$	$34,5 \pm 0,8$	$8,0 \pm 0,3$

CD - Grupo controle diabético; DJ - grupo diabético concentrado de jatobá; CN - grupo controle normal; EPM – erro padrão da média; [a] teste de Tukey, $p<0,01$ em relação ao grupo CN; [b] teste de Tukey, $p<0,01$ em relação ao grupo CN; [c] teste de Tukey, $p<0,001$ em relação ao grupo CD; [d] teste de Tukey, $p<0,001$ em relação ao grupo CN; [e] teste de Tukey, $p<0,01$ em relação ao grupo CD.

Os modelos experimentais de diabetes induzido em ratos têm sido amplamente utilizados por pesquisadores em todo o mundo, uma vez que apresentam semelhanças clínicas, laboratoriais e histopatológicas com o diabetes humano (Lerco *et al*., 2003). Além disso, a utilização de ratos como animais de experimentação apresenta vantagens como: fácil manuseio (alimentação, higiene, acomodação) e possibilidade de trabalhar simultaneamente com vários grupos experimentais, sem a ocupação de grandes espaços.

A indução do diabetes foi realizada por meio da administração da estreptozotocina, por ser o modelo que representa melhor reprodutibilidade dos resultados obtidos em relação aos da literatura (Lopes *et al*., 2007). A estreptozotocina, N-[methylnitrocarbamoyl]-D-glucosamine, age promovendo uma destruição irreversível das células beta pancreáticas, que ocorre devido à similaridade existente entre a molécula de estreptozotocina e a molécula de glicose, fazendo com que a estreptozotocina seja internalizada nas células beta pancreáticas via transportadores GLUT2, promovendo uma toxicidade dirigida a tais células, o que resulta em diminuição da secreção de insulina (Schnedl *et al*., 1994).

No presente estudo, observou-se que os animais diabéticos que receberam concentrado de jatobá apresentaram, ao final do tratamento, níveis séricos de glicose consideravelmente menores em relação àqueles animais diabéticos que não receberam o mesmo. Tal efeito hipoglicemiante demonstrado com a administração crônica do concentrado de polpa de jatobá pode ser justificado, pelo menos em parte, pela presença

de fibras, as quais retardam a absorção da glicose, e também pela presença, no jatobá, de componentes com ação antioxidante e inibitória sobre a alfa-amilase (Anderson, 1985; Silva, 1997).

Em consonância com os dados, a ingestão do concentrado de jatobá promoveu melhor controle glicêmico à curto prazo, o que foi evidenciado pela redução dos níveis séricos de frutosamina para valores médios semelhantes àqueles determinados no grupo CN. A frutosamina é uma proteína glicada, constituída principalmente de albumina, que reflete o controle glicêmico em 1 a 2 semanas anteriores, já que a meia-vida da albumina é de 14 a 20 dias (Gross *et al*., 2002). A redução encontrada nos níveis de frutosamina nos animais tratados como o jatobá provavelmente poderia resultar, pelo menos em parte, da ação de constituintes bioativos presentes nesse fruto, uma vez que resultados de testes de caracterização química demonstraram a presença de grandes quantidades de fibras solúveis e taninos, e pequena quantidade de fitatos em amostras de farinha de jatobá (Silva, 1997), e que tais constituintes podem apresentar efeitos benéficos no controle metabólico e na prevenção e tratamento de doenças crônicas não transmissíveis.

Nesse sentido, as fibras solúveis destacam-se no controle glicêmico por reduzir a absorção intestinal de carboidratos (Lindström *et al*., 2006). A atuação da fibra solúvel na resposta glicêmica resulta do aumento da resposta da colecistoquinina durante a refeição, provocando retardo do esvaziamento gástrico que, associado à viscosidade que as fibras conferem ao bolo alimentar, diminui a superfície de contato com a mucosa do intestino delgado, levando a uma menor absorção dos nutrientes (Kamimura *et al*., 2014).

Os taninos têm propriedade de complexação com proteínas em diversos graus, o que confere uma capacidade variável de inibição enzimática (Silva, 2008), de maneira que tais compostos podem atuar como inibidores da tripsina, lipase e alfa-amilase (Lindström *et al*., 2006), além disso eles são apontados por seus efeitos antioxidantes e, considerando o envolvimento do estresse oxidativo na patogênese do diabetes (Silva *et al*., 2005) tais compostos poderiam apresentar efeitos benéficos no controle metabólico do diabetes e, deste modo, ter utilização potencial no tratamento dessa doença (Silva, 2008). As alfa-amilases, por sua vez, são enzimas digestivas que catalisam a hidrólise de ligações glicosídicas α-1,4 e sua inibição, com a consequente diminuição da captação de carboidratos, poderia ser uma alternativa terapêutica no controle glicêmico, reduzindo picos de glicose pós-prandial.

O ácido fítico é outro composto bioativo encontrado no jatobá ao qual tem sido atribuído efeito antioxidante e de inibição da enzima alfa-amilase, podendo também ser utilizado como recurso auxiliar no tratamento do diabetes (Silva, 1997).

A perda de peso corporal observada nos animais do grupo CD ao longo do período de acompanhamento, em contrapartida ao aumento do peso observado nos animais do grupo CN, é um achado esperado, também referido por outros autores. Nesse sentido, na evolução da doença, animais diabéticos tendem a apresentar declínio progressivo da curva ponderal (Lerco *et al*., 2003). De maneira semelhante, os animais diabéticos apresentaram consumo alimentar, ingestão hídrica e diurese aumentados em relação ao grupo controle normal, o que evidencia polifagia, polidipsia e poliúria típicas do diabetes, também demonstradas em outros estudos (Gross *et al*., 2002; Cavalli *et al*., 2007). O tratamento com jatobá não foi eficiente em impedir a perda de peso corporal ou em reduzir a polifagia, mas promoveu redução da polidipsia e da poliúria, provavelmente secundários ao melhor controle glicêmico promovido pela utilização do jatobá.

Considerações Finais

O tratamento de ratos diabéticos com concentrado polpa de jatobá produziu efeito hipoglicemiante, com melhor controle glicêmico em curto prazo evidenciado pela redução nos níveis de frutosamina, bem como reduziu a poliúria e polidipsia. Contudo, o tratamento não evitou a perda de peso corporal e a polifagia produzidas pelo diabetes experimental.

Agradecimentos

Ao laboratório CENDOMED pelas dosagens bioquímicas de glicemia sérica ao final do tratamento.

Referências

Anderson, J. W. Physiological and metabolic effects of dietary fiber. In: **Federation proceedings**. 1985. p. 2902-2906.

Carvalho, Adjaneide Cristiane De; Da Silva Oliveira, Alceu Alves; Da Paixão Siqueira, Lidiany. Plantas medicinais utilizadas no tratamento do Diabetes Mellitus: Uma revisão. **Brazilian Journal of Health Review**, p. 12873-12894, 2021.

Cavalli, Vera Lúcia de Liz Oliveira et al. Avaliação in vivo do efeito hipoglicemiante de extratos obtidos da raiz e folha de bardana Arctium minus (Hill.) Bernh. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 17, p. 64-70, 2007.

Dornas, Waleska C. et al. Efeitos antidiabéticos de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 19, p. 488-500, 2009.

Elsayed, Nuha A. et al. 2. Diagnosis and classification of diabetes: Standards of care in diabetes—2024. **Diabetes Care**, v. 47, 2024.

Gross, Jorge L. et al. Diabetes melito: diagnóstico, classificação e avaliação do controle glicêmico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 46, p. 16-26, 2002.

Kamimura, M. A. et al. Guias de medicina ambulatorial e hospitalar: nutrição clínica do adulto. 2014.

Khan, M.A.B. et al. The global burden of diabetes and its complications: an emerging pandemic. **The Lancet Diabetes & Endocrinology**, v.8, n. 12, p. 986–987, 2020.

Lerco, Mauro Masson et al. Caracterização de um modelo experimental de Diabetes Mellitus, induzido pela aloxana em ratos: estudo clínico e laboratorial. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 18, p. 132-142, 2003.

Lindström, Jaana et al. High-fibre, low-fat diet predicts long-term weight loss and decreased type 2 diabetes risk: the Finnish Diabetes Prevention Study. **Diabetologia**, v. 49, n. 5, p. 912-920, 2006.

Lopes, Renato Delascio et al. Homocisteína plasmática total e fator von Willebrand no diabete melito experimental. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 88, p. 424-429, 2007.

Moraes, Andressa et al. Novos tratamentos para o Diabetes Mellitus tipo 2. **Revista Científica da Faculdade de Medicina de Campos**, v. 16, n. 2, p. 89-97, 2021.

Nogueira Junior, Francisco C. et al. Efeito do tamoxifeno no perfil lipídico de ratos diabéticos por estreptozotocina. **Acta Cirúrgica Brasileira**, v. 20, p. 69-75, 2005.

Ogurtsova, Katherine et al. IDF Diabetes Atlas: Global estimates for the prevalence of diabetes for 2015 and 2040. **Diabetes research and clinical practice**, v. 128, p. 40-50, 2017.

Schnedl, Wolfgang J. et al. STZ transport and cytotoxicity: specific enhancement in GLUT2-expressing cells. **Diabetes**, v. 43, n. 11, p. 1326-1333, 1994.

Silva, E. M. **Ação inibitória de extratos de plantas do cerrado sobre α-amilases com ênfase em *Kielmeyera coriacea.* 2008. 141f**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde). Universidade de Brasília, Brasília.

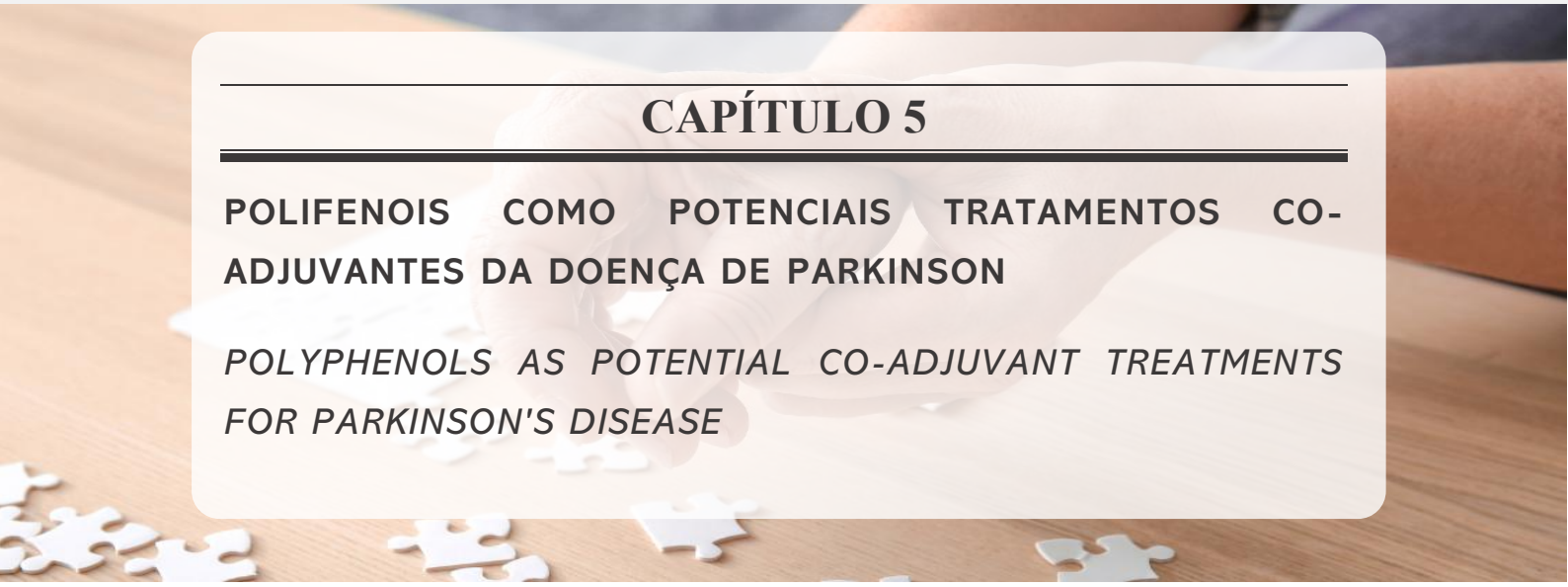
Silva, Mara Reis et al. Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Food Science and Technology**, v. 21, p. 176-182, 2001.

Silva, Mara Reis. **Caracterização química e nutricional da farinha de jatobá (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.): desenvolvimento e otimização de produtos atraves de testes sensoriais afetivos**. 1997. Tese de Doutorado. [sn].

Silva, Mara Reis; Silva, Maria Aparecida AP da; Chang, Yoon K. Utilização da farinha de jatobá (Hymenaea stigonocarpa Mart.) na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais afetivos univariados e multivariados. **Food Science and Technology**, v. 18, n. 1, p. 25-34, 1998.

Silva, P. Teresa Cristina et al. Efeito do tamoxifeno no perfil das proteínas plasmáticas em condição de diabetes mellitus tipo 1. **Acta Cirurgica Brasileira**, v. 20, p. 86-93, 2005.

Zhou, Bin et al. Worldwide trends in diabetes since 1980: a pooled analysis of 751 population-based studies with 4· 4 million participants. **The lancet**, v. 387, n. 10027, p. 1513-1530, 2016.



CAPÍTULO 5

POLIFENOIS COMO POTENCIAIS TRATAMENTOS CO-ADJUVANTES DA DOENÇA DE PARKINSON

POLYPHENOLS AS POTENTIAL CO-ADJUVANT TREATMENTS FOR PARKINSON'S DISEASE

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.05

Submetido em: 22/09/2025
Revisado em: 24/09/2025
Publicado em: 25/09/2025

Débora Luísa Filipetto Pulcinelli

Graduanda em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/7672415642403469

Maria Eduarda Chelotti

Mestranda em Farmacologia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/2273522025506933

Érica dos Santos da Silva

Graduanda em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/1677826631477430

Jackeline de Miranda Schmidt

Graduanda em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/6278506698025703

Gabriela Acunha Razzera

Graduanda em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/7312380567761561

Elize Musachio

Doutoranda em Enfermagem pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/2193888897026098

Fernanda Trombini

Doutoranda em Enfermagem pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Enfermagem, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/9145097192524730

Nathalia Cardoso de Afonso Bonotto

Doutoranda em farmacologia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/4055216682279933

Bruna Fernanda da Silva Freitas

Mestranda em Gerontologia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria – RS

http://lattes.cnpq.br/9446511046806460

Felipe Roberto Pereira

Graduando em Farmácia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/4107989588879218

Fernanda Barbisan

Doutora em Farmacologia pela Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria - RS

http://lattes.cnpq.br/1428674947616182

Resumo

A Doença de Parkinson (DP) é uma patologia neurodegenerativa progressiva caracterizada pela perda de neurônios dopaminérgicos na substância negra, resultando em sintomas motores — como tremor, rigidez e bradicinesia — e em manifestações não motoras, incluindo distúrbios do sono, depressão e declínio cognitivo. Embora os tratamentos farmacológicos disponíveis proporcionem alívio inicial dos sintomas, eles não interrompem a progressão da neurodegeneração e podem causar efeitos adversos a longo prazo. Diante dessas limitações, o objetivo deste capítulo foi revisar a literatura sobre o potencial terapêutico de compostos naturais, especialmente polifenóis, no manejo da DP, avaliando seus efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e neuroprotetores. Foram analisados estudos pré-clínicos e revisões recentes que investigaram a capacidade de flavonoides e outros polifenóis de reduzir o estresse oxidativo, modular vias de sinalização celular e preservar neurônios dopaminérgicos. Estratégias complementares baseadas em polifenóis mostram-se promissoras para retardar a progressão da DP e melhorar a qualidade de vida dos pacientes, ressaltando a importância de futuras pesquisas clínicas que confirmem esses achados.

Palavras-Chave: Compostos naturais; Estresse oxidativo; Doenças neurodegenerativas.

Abstract

Parkinson's disease (PD) is a progressive neurodegenerative disorder marked by the loss of dopaminergic neurons in the substantia nigra, resulting in motor symptoms such as tremor, rigidity, and bradykinesia, as well as non-motor manifestations including sleep disturbances, depression, and cognitive decline. Although pharmacological treatments provide initial symptomatic relief, they do not halt neurodegeneration and may cause long-term adverse effects. This review summarizes recent literature on the therapeutic potential of natural compounds, particularly polyphenols, in PD management, focusing on their antioxidant, anti-inflammatory, and neuroprotective properties. Preclinical studies indicate that flavonoids and other polyphenols can reduce oxidative stress, modulate intracellular signaling pathways, and preserve dopaminergic neurons. Polyphenol-based strategies therefore represent a promising adjunctive approach to slow PD progression and improve patient quality of life, addressing limitations of conventional therapies.

Keywords: Natural compounds; Oxidative stress; Neurodegenerative diseases.

Introdução

A Doença de Parkinson (DP) afeta cerca de 6,3 milhões de pessoas no mundo, especialmente idosos, e caracteriza-se pela perda progressiva de neurônios dopaminérgicos na substância negra (Khaskhoussy & Ayed, 2023). A neurodegeneração dopaminérgica ocasiona sintomas motores como tremor em repouso, rigidez muscular, bradicinesia, e instabilidade postural. Além disso, em estágios iniciais, os indivíduos com DP frequentemente apresentam sintomas não motores, como depressão, distúrbios do sono, constipação e declínio cognitivo (Hayes, 2019).

Frente as muitas consequências causadas pela DP, as investigações sobre as causas desta patologia se intensificaram com o passar dos anos, e o estresse oxidativo e neuroinflamação são fortemente apontados como mecanismos causais (Chakrabarti & Bisaglia, 2023; Vaidya & Sharma, 2023). O estresse oxidativo pode aumentar o nível de neuroinflamação, e a neuroinflamação pode induzir ao estresse oxidativo, assim, entrando em um ciclo vicioso de oxi-inflamação que, por sua vez, é capaz de ativar vias de sinalização que levam a neurodegeneração (Nguyen *et al*., 2024). Desta forma, substâncias com potencial antioxidante e anti-inflamatório representam uma abordagem viável para prevenir ou potencialmente tratar de forma adjuvante a DP (Yang *et al*., 2017).

É válido salientar que, até o momento, não existe cura para a DP. No entanto, as terapias atualmente disponíveis podem inicialmente melhorar os sintomas motores, pois imitam a dopamina no sistema nervoso central (Emamzadeh & Surguchov, 2018). Porém, o uso a longo prazo está relacionado com uma série de complicações motoras potencialmente incapacitantes, como flutuações motoras e discinesias na maioria dos pacientes (Olanow *et al*., 2014). Não existem tratamentos que cessem a degeneração

progressiva dos neurônios dopaminérgicos na DP (Zhou *et al*., 2019) e por isso a busca por alternativas capazes de atuar nas alterações não motoras e retardar ou até mesmo interromper a neurodegeneração dopaminérgica sem efeitos colaterais em longo prazo são de extrema importância.

Em resposta às limitações dos tratamentos convencionais, alternativas naturais têm ganhado atenção como possíveis coadjuvantes no manejo da DP. Dentre os principais compostos presentes em frutas, vegetais, chás e outras fontes vegetais, encontram-se os polifenóis, uma classe de compostos com alto potencial antioxidante e anti-inflamatório, capazes de proteger contra danos relacionados ao estresse oxidativo (Jalouli *et al*., 2025). Estudos recentes apontam que polifenóis como o resveratrol, quercetina e epigalocatequina-3-galato podem atenuar a neuroinflamação, reduzir a disfunção mitocondrial e inibir a agregação de α-sinucleína, resultando em preservação da função dopaminérgica e melhora de parâmetros motores em modelos de DP (Abolaji *et al*., 2025; Gopalakrishna *et al*., 2024;).

Metodologia

O presente estudo consiste em uma revisão narrativa de literatura, com ênfase no papel dos polifenóis como potenciais coadjuvantes no tratamento da Doença de Parkinson (DP). A busca bibliográfica foi realizada entre março e julho de 2025 nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e Scielo. Para a pesquisa, foi utilizado o descritor em inglês: Parkinson's disease", que foi combinado com o operador booleano AND aos termos "polyphenols", "oxidative stress", "flavonoids", "neuroprotection" e "natural compounds". Os critérios de inclusão foram: (i) artigos originais, estudos pré-clínicos (*in vitro* e *in vivo*) e ensaios clínicos que abordassem polifenóis e neuroproteção na DP; (ii) trabalhos que investigassem estresse oxidativo, neuroinflamação, modulação de vias de sinalização celular ou preservação de neurônios dopaminérgicos. Foram excluídas publicações duplicadas, sem acesso ao texto completo, sem relação direta com a temática proposta ou revisões da literatura.

Resultados e Discussão

Dos 28 artigos encontrados através da estratégia de busca, 21 foram excluídos, sendo 7 por não se tratar de modelos de Doença de Parkinson exclusivamente, 9 por não abordarem diretamente os polifenóis de interesse e 5 por se configurarem como revisões

narrativas. Assim, 7 artigos foram selecionados, todos eles abordando os efeitos neuroprotetores de compostos polifenólicos, como resveratrol, quercetina, nobiletina, epigalocatequina galato (EGCG) e combinações de polifenóis com terapias regenerativas.

- **A Doença de Parkinson**

A Doença de Parkinson (DP) é uma desordem neurodegenerativa progressiva, caracterizada pela perda de neurônios dopaminérgicos na substância negra, região do mesencéfalo que controla o movimento. A deficiência de dopamina resultante leva a disfunções motoras, como tremores em repouso, rigidez e bradicinesia, que são manifestações clínicas comuns da doença (Tolosa *et al*., 2021). A patogênese envolve também o acúmulo de 8 proteínas anormais, especialmente a alfa-sinucleína, que se agrega para formação de corpos de Lewy nos neurônios, contribuindo para a morte celular progressiva (Morris *et al*., 2024).

Além de sintomas motores, a DP apresenta manifestações não motoras, como depressão, distúrbios do sono e dor, que afetam significativamente a vida dos pacientes (Cattaneo & Jost, 2023). Estes sintomas, juntamente com a dificuldade no diagnóstico precoce, tornam a DP uma doença de difícil tratamento, visto que os sintomas iniciais podem ser vagos e confundidos com outras condições, como o Alzheimer (Tolosa *et al*., 2021). Globalmente, a DP é uma das condições neurológicas que mais cresce em prevalência, afetando mais de 8,5 milhões de pessoas em todo o mundo, com uma incidência que aumenta substancialmente após os 60 anos de idade (World Health Organization, 2023). O envelhecimento da população é um dos principais fatores para o aumento dos casos, e as projeções indicam que a prevalência pode dobrar nas próximas décadas devido ao aumento da longevidade e às mudanças nos fatores ambientais como estilo de vida, exposição à radiação e agentes tóxicos e fatores genéticos influenciam a vulnerabilidade a esta doença neurodegenerativa (Morris *et al*., 2024).

- **Tratamento Farmacológico da DP e suas Limitações**

A DP é tratada principalmente com intervenções farmacológicas que visam controlar os sintomas motores característicos da doença, como tremores, rigidez e bradicinesia. Nesse sentido, as terapias farmacológicas disponíveis atuam imitando a dopamina no sistema nervoso central (SNC) (Emamzadeh & Surguchov, 2018), porém o uso contínuo pode causar efeitos adversos severos (Olanow *et al*., 2014). A L-3,4-dihidroxifenilalanina (L-Dopa) é um medicamento utilizado como padrão ouro no

tratamento da DP, embora não iniba a progressão da doença (Goldenberg, 2008). A L-Dopa atua como sendo um precursor imediato da dopamina, justamente o neurotransmissor cuja produção é afetada pela perda dos neurônios dopaminérgicos na substância negra do cérebro (Elsworth, 2020). O medicamento é combinado com inibidores da enzima descarboxilase periférica, como a carbidopa, para evitar sua conversão em dopamina fora do SNC, o que reduz os efeitos colaterais e aumenta sua disponibilidade no cérebro (Lewitt, 2014).

A principal limitação do tratamento com a L-Dopa é a redução da eficácia com a progressão da doença, após aproximadamente 5 anos de uso contínuo, devido a degeneração dos neurônios dopaminérgicos (Morris *et al*., 2024). Esses neurônios são os principais responsáveis pela produção de dopamina e, à medida que a DP avança, ocorre a perda progressiva dos neurônios dopaminérgicos, reduzindo significativamente a quantidade de dopamina no estriado, uma área crítica para o controle motor (Tolosa *et al*., 2021). No início do tratamento, a L-Dopa é convertida em dopamina pelos neurônios dopaminérgicos remanescentes, ajudando a compensar a perda natural nos circuitos motores da DP. Contudo, com o tempo, a quantidade de neurônios capazes de metabolizar a L-Dopa diminui, resultando na produção insuficiente de dopamina, mesmo com doses terapêuticas de L-Dopa. Como consequência, a eficácia da L-Dopa no controle dos sintomas motores reduz progressivamente, visto que há menos células saudáveis para processar o fármaco em dopamina funcional (Elsworth, 2020).

Além da L-Dopa, outros medicamentos são usados para ampliar os efeitos do tratamento ou controlar as complicações motoras. Os agonistas dopaminérgicos, como pramipexol, ropinirol e rotigotina, atuam diretamente nos receptores de dopamina no cérebro, imitando a ação deste neurotransmissor. Esses fármacos são frequentemente usados em pacientes mais jovens ou nas fases iniciais da doença e em combinação com a L-Dopa para reduzir as flutuações motoras. No entanto, os agonistas dopaminérgicos estão associados a efeitos colaterais como sonolência, alucinações e comportamentos impulsivos, o que pode limitar seu uso prolongado (Raza *et al*., 2019).

Apesar das estratégias combinadas, as opções de tratamento disponíveis são incapazes de impedir a progressão da doença, pois nenhum dos medicamentos age diretamente nos mecanismos subjacentes de neurodegeneração da DP. Essa limitação no tratamento atual destaca a progressão contínua da degeneração neuronal, que compromete gradualmente a qualidade de vida dos pacientes e seus familiares, mesmo com o controle sintomático dos medicamentos (Vijiaratnam *et al*., 2021; Cheong *et al*., 2019).

- **O Estresse Oxidativo como Mecanismo Central para o Desenvolvimento de DP**

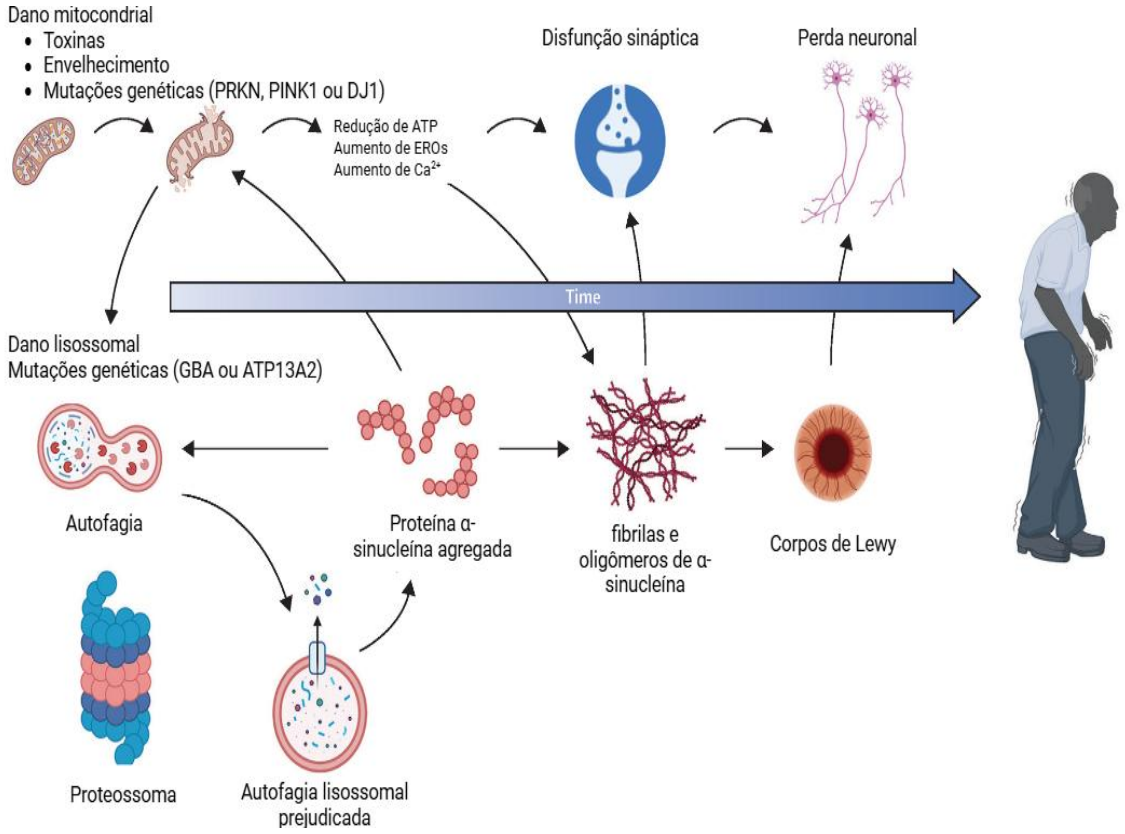
O estresse oxidativo tem um papel crucial na fisiopatologia da DP, sendo um dos fatores mais investigados na degeneração progressiva dos neurônios dopaminérgicos da substância negra. Esse processo ocorre devido a um desequilíbrio entre a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a capacidade antioxidante das células, resultando em um acúmulo de EROs que geram lesões estruturais e funcionais a neurônios (Dionísio *et al*., 2021). Os neurônios dopaminérgicos são particularmente vulneráveis ao estresse oxidativo, uma vez que a dopamina, ao ser metabolizada, pode gerar um aumento na produção de EROs, intensificando a exposição a esses radicais tóxicos. Além disso, produtos tóxicos da oxidação da dopamina podem se ligar a proteínas intracelulares, formando agregados que comprometem o funcionamento neuronal e geram respostas celulares inflamatórias e degenerativas (Trist *et al*., 2019; Hemmati-Dinarvand *et al*., 2019).

A mitocôndria é uma das principais fontes de EROs e, portanto, um ponto central no entendimento do estresse oxidativo na DP. Na substância negra, as mitocôndrias dos neurônios dopaminérgicos apresentam uma demanda elevada, essencial para sustentar o controle motor, tornando esses neurônios mais suscetíveis ao estresse oxidativo mitocondrial (Trist *et al*., 2019). Em condições fisiológicas e homeostáticas, as EROs são controladas por sistemas antioxidantes, como a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e glutationa peroxidase (GPX), que neutralizam as EROs e evitam o acúmulo de danos oxidativos nos componentes celulares como lipídeos, proteínas, DNA e organelas em geral. No entanto, em pacientes com DP, observa-se um comprometimento dessas defesas antioxidantes, o que facilita o acúmulo de EROs, potencializando a disfunção mitocondrial e o processo de degeneração neuronal progressiva (Dionísio *et al*., 2021).

Estudos indicam que o aumento do estresse oxidativo contribui para a ativação e vias de morte celular, incluindo a apoptose e necroptose em neurônios da substância negra. Essas vias são moduladas por fatores internos e externos, onde o estresse oxidativo atua como um gatilho, desencadeando respostas celulares que culminam na morte neuronal (Chakrabarti & Bisaglia, 2023). O estresse oxidativo também é associado à inflamação crônica, contribuindo para um ciclo vicioso de dano celular. A ativação de células glia, como micróglia e astrócitos, em resposta ao acúmulo de EROs e produtos de oxidação da dopamina, libera mediadores inflamatórios como citocinas pró-inflamatórias,

que exacerbam ainda mais o estresse oxidativo e promovem a neurodegeneração. Essa resposta inflamatória se perpetua, aumentando a neurotoxicidade e a suscetibilidade dos neurônios a novos danos oxidativos (Hemmati-Dinarvand *et al*., 2019). Com o avanço da idade, que é um dos principais fatores de risco para a DP, há um declínio na eficiência dos sistemas antioxidantes e um aumento na produção de EROs, o que contribui para a vulnerabilidade dos neurônios e favorece o início e a progressão da DP (Trist *et al*., 2019).

Figura 1 – Mecanismos fisiopatologicos da DP.



Fonte: Morris *et al*., 2024 (adaptado).

- **Polifenóis: o que são?**

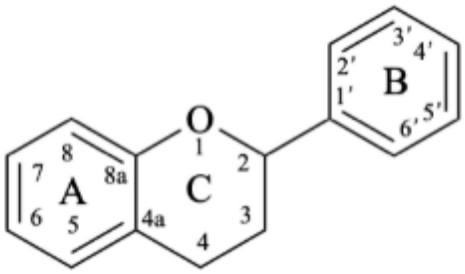
Os polifenóis são uma ampla classe de metabólitos secundários vegetais, que atuam como mecanismo de defesa tanto da própria planta com a finalidade de sobrevivência quanto para os humanos que as consomem, sendo benéfico para os sistemas corporais. Esses compostos são subdivididos em duas classes principais, sendo elas flavonoides (como flavonas, flavonóis, flavanonas, flavanóis, isoflavonas e antocianinas) e não flavonoides (como ácidos fenólicos, estilbenos e lignanas), caracterizados pela

presença de dois ou mais anéis fenólicos com grupos hidroxila, o que lhes confere alta capacidade antioxidante.

Os polifenóis destacam-se devido à presença de grupamentos fenólicos ricos em hidroxilas (–OH), que apresentam elevado potencial antioxidante, atuando tanto na defesa das próprias plantas quanto na proteção da saúde humana. Quando consumidos, funcionam como antioxidantes exógenos, neutralizando espécies reativas de oxigênio (EROs) e contribuindo para o equilíbrio do sistema antioxidante, prevenindo o estresse oxidativo e, consequentemente, o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis e distúrbios do sistema nervoso central, como a DP (Chelotti *et al*., 2024).

Entre os subgrupos de polifenóis, os flavonoides se destacam por sua relevância no contexto neuroprotetor. Sua estrutura química baseada na benzo-γ-pirona confere propriedades doadoras de elétrons que aumentam o potencial antioxidante proporcionalmente ao número de grupos hidroxila presentes. Além disso, essa composição química proporciona tanto polaridade quanto apolaridade suficientes para atravessar membranas lipídicas, característica que lhes permite ultrapassar a barreira hematoencefálica e atuar diretamente no sistema nervoso central. Essa capacidade de interação com o SNC é particularmente relevante em doenças neurodegenerativas, uma vez que favorece a ação farmacológica dos flavonoides em processos relacionados ao equilíbrio redox, à modulação de neurotransmissores e à proteção neuronal (Guan; Liu *et al*., 2016; German-Ponciano *et al*., 2018).

Figura 2 - Estrutura química básica dos flavonoides. A cadeia da molécula é representada por dois anéis aromáticos e um anel central com cinco carbonos, um heteroátomo e um grupamento cetona.



Fonte: IUPAC– International Union of Pure and Applied Chemistry.

- **Compostos Naturais como Potenciais Tratamentos Coadjuvantes para a Doença de Parkinson**

A busca por tratamentos baseados em produtos naturais se deve, em parte, ao fato de que muitos desses compostos apresentam atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e de modulação de neurotransmissores. Ao longo dos anos, estudos vêm focando nessas propriedades a fim de identificar terapias adjuvantes para o tratamento de doenças neurodegenerativas, como a DP. Entre esses compostos, os polifenóis se destacam como promissores coadjuvantes no tratamento destas patologias, devido às suas múltiplas propriedades biológicas que podem contribuir para a neuroproteção e a redução dos danos associados ao estresse oxidativo.

Estudos têm demonstrado que essas moléculas exercem efeitos neuroprotetores, seja neutralizando espécies reativas de oxigênio, seja modulando vias intracelulares associadas à inflamação e apoptose. Um exemplo é o resveratrol, um estilbeno presente em uvas e vinho tinto, que mostrou reduzir o estresse oxidativo e a neuroinflamação, além de favorecer a sobrevivência neuronal por meio da ativação da via SIRT1, envolvida na regulação de processos inflamatórios e apoptóticos (Gomes *et al*., 2018).

Entre os flavonoides mais investigados, destaca-se a quercetina, um flavonol amplamente encontrado em frutas, vegetais e bebidas como chá e vinho. Estudos em modelos pré-clínicos de DP revelaram que a quercetina exerce efeitos neuroprotetores importantes, reduzindo o estresse oxidativo, atenuando a inflamação e modulando vias de apoptose. Além disso, a administração desse flavonoide demonstrou capacidade de restaurar níveis de dopamina em regiões cerebrais afetadas, sugerindo um papel direto na

preservação da função dopaminérgica. um desafio a ser superado para que seus benefícios sejam traduzidos em terapias efetivas (González-May *et al*., 2024).

Outro exemplo de flavonoide é a nobiletina, encontrada principalmente na casca de frutas cítricas como a Lima (*Citrus depressa*), que tem atraído crescente interesse devido ao seu potencial neuroprotetor. Em modelos animais de DP, a administração de nobiletina resultou em melhorias significativas tanto nos sintomas motores quanto nos déficits cognitivos, sugerindo uma ação multifatorial sobre os processos patológicos subjacentes. O mecanismo envolvido inclui a atenuação do estresse oxidativo, a modulação da neuroinflamação e a proteção contra a perda de neurônios dopaminérgicos na substância negra. Além disso, estudos sugerem que a nobiletina pode influenciar a sinalização intracelular, preservando a função mitocondrial e reduzindo a ativação de vias apoptóticas.

A epigalocatequina galato (EGCG), um flavonoide presente no chá verde, demonstrou-se capaz de reduzir o estresse oxidativo, modular a neuroinflamação e proteger contra a morte neuronal em modelos animais e in vitro, demonstrando potencial adjuvante para o manejo da DP (Sergi, 2022). Além disso, o estudo de Goyal e colaboradores (2022) abordou a combinação de polifenóis com estratégias regenerativas, como células-tronco, na ampliação do potencial neuroprotetor, visando promover a recuperação funcional em modelos de neurodegeneração, como a DP. Os polifenóis apresentam efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antiapoptóticos, além de influenciarem positivamente os níveis de fatores de crescimento e vias de sinalização molecular. Por outro lado, as células-tronco têm sido estudadas por sua capacidade de se diferenciar em neurônios dopaminérgicos e motoras, oferecendo uma abordagem promissora para a regeneração neuronal e uma possível estratégia de manejo da DP.

Considerações Finais

Os polifenóis apresentam-se como compostos de grande interesse na pesquisa sobre terapias complementares para a Doença de Parkinson. Sua ação antioxidante, anti-inflamatória e moduladora de vias de sinalização os torna candidatos relevantes para estratégias que visam reduzir os danos neuronais associados à doença.

Ainda que os resultados de estudos pré-clínicos sejam promissores, a translação desses achados para a prática clínica depende de superar desafios como a baixa biodisponibilidade, a variabilidade entre fontes naturais e a escassez de ensaios clínicos bem delineados.

Assim, a investigação contínua desses compostos pode contribuir para novas abordagens terapêuticas, reforçando a importância de ampliar estudos translacionais que aproximem a evidência experimental da realidade clínica, com vistas a melhorar a qualidade de vida das pessoas com Doença de Parkinson.

Referências

ABOLAJI, Amos Olalekan; ADEDARA, Adeola Oluwatosin; MADU, Judith Chizoba; *et al*. Experimental and computational insights into the therapeutic mechanisms of resveratrol in a Drosophila α-synuclein model of Parkinson's disease. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, 2025. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-025-00698-9>.

CATTANEO, Carlo ; JOST, Wolfgang H. Pain in Parkinson's Disease: Pathophysiology, Classification and Treatment. **Journal of Integrative Neuroscience**, v. 22, n. 5, p. 132, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37735139/>.

CHAKRABARTI, Sasanka ; BISAGLIA, Marco. Oxidative Stress and Neuroinflammation in Parkinson's Disease: The Role of Dopamine Oxidation Products. **Antioxidants**, v. 12, n. 4, p. 955, 2023. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10135711/>.

DIONÍSIO, P.A.; AMARAL, J.D. ; RODRIGUES, C.M.P. Oxidative stress and regulated cell death in Parkinson's disease. **Ageing Research Reviews**, v. 67, p. 101263, 2021. Disponível em: <https://sci-hub.se/downloads/2021-06-19/15/10.1016@j.arr.2021.101263.pdf>.

ELSWORTH, John D. Parkinson's disease treatment: past, present, and future. **Journal of Neural Transmission**, v. 127, n. 5, 2020.

EMAMZADEH, Fatemeh N. ; SURGUCHOV, Andrei. Parkinson's disease: Biomarkers, treatment, and risk factors. **Frontiers in Neuroscience**, v. 12, n. 612, 2018.

GERMAN-PONCIANO, L.J. et al. Advances in the preclinical study of some flavonoids as potential antidepressant agents. **Scientifica**, v. 2018, n.2963565, p.1–14, 2018.

GOLDENBERG, Marvin M. Medical Management of Parkinson's Disease. **Pharmacy and Therapeutics**, v. 33, n. 10, p. 590, 2008. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2730785/>.

GOMES, Bruno Alexandre Quadros; SILVA, João Paulo Bastos; ROMEIRO, Camila Fernanda Rodrigues; *et al*. Neuroprotective Mechanisms of Resveratrol in Alzheimer's Disease: Role of SIRT1. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2018, p. e8152373, 2018. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/omcl/2018/8152373/>.

GONZÁLEZ-MAY CHRISTIAN ADRIÁN; ROSARIO, del; PERERA-RÍOS, Javier; *et al*. Dietary flavonoids may have a protective and therapeutic effect in Parkinson's disease: A systematic review. **Nutrition Research**, 2023.

GOYAL, Shweta; SETH, Brashket ; CHATURVEDI, Rajnish K. Polyphenols and Stem Cells for Neuroregeneration in Parkinson's Disease and Amyotrophic Lateral Sclerosis. **Current Pharmaceutical Design**, v. 28, n. 10, p. 806–828, 2021.

GUAN, L.P.; LIU B.Y. Antidepressant-like effects and mechanisms of flavonoids and related analogues. **Eur. J. Med. Chem**, v.121, p. 47–57, 2016.

HAYES, Michael T. Parkinson's Disease and Parkinsonism. **The American Journal of Medicine**, v. 132, n. 7, p. 802–807, 2019.

HEMMATI-DINARVAND, Mohsen; SAEDI, Samira; VALILO, Mohammad; *et al*. Oxidative stress and Parkinson's disease: conflict of oxidant-antioxidant systems. **Neuroscience Letters**, v. 709, p. 134296, 2019.

JALOULI, Maroua; RAHMAN, Md Ataur; BISWAS, Partha; *et al*. Targeting natural antioxidant polyphenols to protect neuroinflammation and neurodegenerative diseases: a comprehensive review. **Frontiers in Pharmacology**, v. 16, 2025.

KHASKHOUSSY, Rania ; AYED, Yassine Ben. Improving Parkinson's disease recognition through voice analysis using deep learning. **Pattern Recognition Letters**, 2023.

L. CHEONG, Siew ; FEDERICO, Stephanie; GIAMPIERO, Giampiero; *et al*. The current status of pharmacotherapy for the treatment of Parkinson's disease: transition from single-target to multitarget therapy. **Drug Discovery Today**, v. 24, n. 9, p. 1769–1783, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359644618300369>.

LEWITT, Peter A. Levodopa for the Treatment of Parkinson's Disease. **New England Journal of Medicine**, v. 359, n. 23, p. 2468–2476, 2008.

MÂNICA DA CRUZ, Ivana Beatrice; CHELOTTI, Maria Eduarda; TURRA, Barbara Osmarin; *et al*. Achyrocline satureioides infusion, popularly prepared and consumed, has an in vitro protective effect on human neural cells exposed to rotenone. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 332, p. 118350, 2024.

MORRIS, Huw R.; SPILLANTINI, Maria Grazia; SUE, Carolyn M.; *et al*. The pathogenesis of Parkinson's disease. **Lancet (London, England)**, v. 403, n. 10423, p. 293–304, 2024. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38245249/>.

NAKAJIMA, Akira ; OHIZUMI, Yasushi. Potential Benefits of Nobiletin, A Citrus Flavonoid, against Alzheimer's Disease and Parkinson's Disease. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 14, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6678479/>. Acesso em: 25 set. 2020.

NGUYEN, Vi; TAINE, Elaine G; MENG, Dehao; *et al*. Chlorogenic Acid: A Systematic Review on the Biological Functions, Mechanistic Actions, and Therapeutic

Potentials. **Nutrients**, v. 16, n. 7, p. 924–924, 2024. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11013850/>.

OLANOW, C. Warren; KIEBURTZ, Karl; ODIN, Per; *et al*. Double-Blind, Double-Dummy, Randomized Study of Continuous Intrajejunal Infusion of Levodopa-Carbidopa Intestinal Gel in Advanced Parkinson's Disease. **The Lancet. Neurology**, v. 13, n. 2, p. 141–149, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4643396/>.

RAYUDU GOPALAKRISHNA; AGUILAR, Jennifer; LEE, Emily; *et al*. Neuroprotection by resveratrol-glucuronide and quercetin-glucuronide via binding to polyphenol- and glycosaminoglycan-binding sites in the laminin receptor. **PubMed**, v. 20, n. 3, p. 819–820, 2025. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11433912/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 18 ago. 2025.

RAZA, Chand; ANJUM, Rabia ; SHAKEEL, Noor ul Ain. Parkinson's disease: Mechanisms, translational models and management strategies. **Life Sciences**, v. 226, p. 77–90, 2019.

SERGI, Consolato M. Epigallocatechin gallate for Parkinson's disease. **Clinical and Experimental Pharmacology & Physiology**, v. 49, n. 10, p. 1029–1041, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35748799/#>.

SINGLA, Rajeev K.; DUBEY, Ashok K.; GARG, Arun; *et al*. Natural Polyphenols: Chemical Classification, Definition of Classes, Subcategories, and Structures. **Journal of AOAC International**, v. 102, n. 5, p. 1397–1400, 2019.

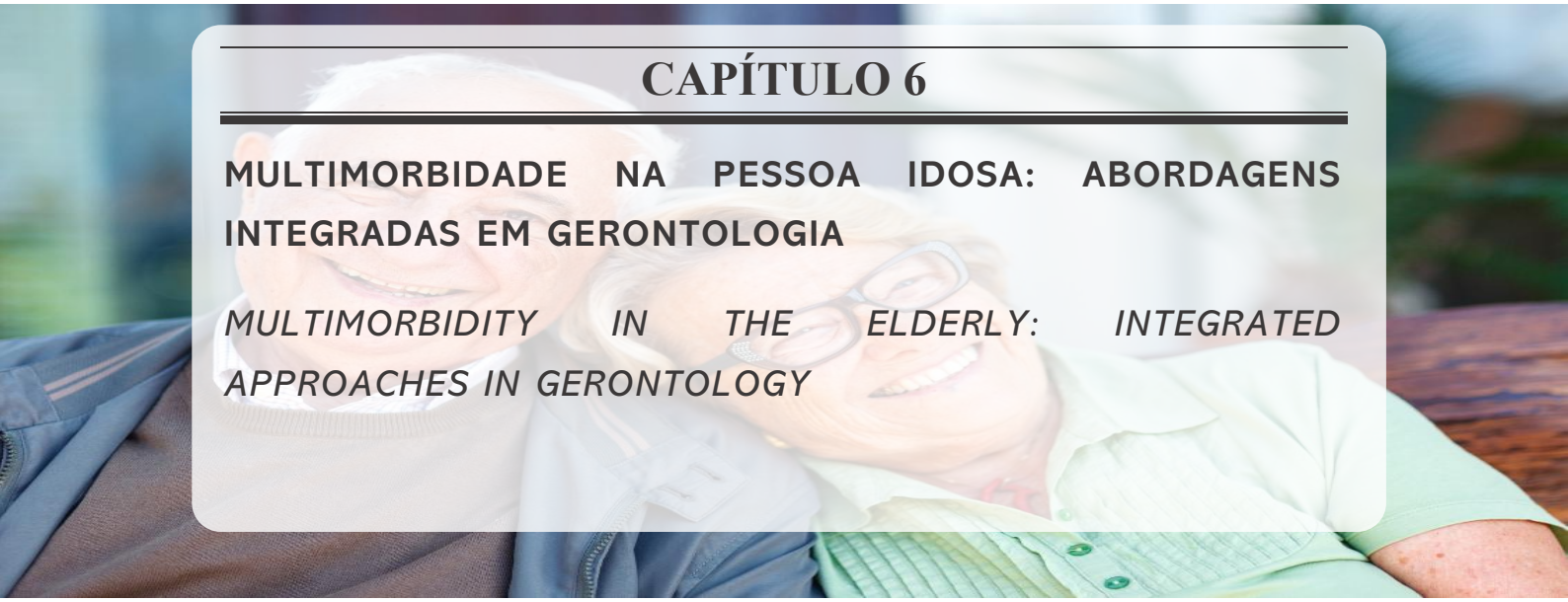
TOLOSA, Eduardo; GARRIDO, Alicia; SCHOLZ, Sonja W; *et al*. Challenges in the diagnosis of Parkinson's disease. **The Lancet Neurology**, v. 20, n. 5, p. 385–397, 2021.

TRIST, Benjamin G.; HARE, Dominic J. ; DOUBLE, Kay L. Oxidative stress in the aging substantia nigra and the etiology of Parkinson's disease. **Aging Cell**, v. 18, n. 6, 2019.

VAIDYA, Bhupesh ; SHARMA, Shyam S. Nitric Oxide in Parkinson's Disease: Insights into Research and Therapeutics. **Advances in biochemistry in health and disease**, p. 327–347, 2023.

VIJIARATNAM, Nirosen; SIMUNI, Tanya; BANDMANN, Oliver; *et al*. Progress towards therapies for disease modification in Parkinson's disease. **The Lancet Neurology**, v. 20, n. 7, p. 559–572, 2021.

ZHOU, Zhi-Lan; JIA, Xue-Bing; SUN, Meng-Fei; *et al*. Neuroprotection of Fasting Mimicking Diet on MPTP-Induced Parkinson's Disease Mice via Gut Microbiota and Metabolites. **Neurotherapeutics**, v. 16, n. 3, p. 741–760, 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6694382/>. Acesso em: 11 nov. 2020.



CAPÍTULO 6

MULTIMORBIDADE NA PESSOA IDOSA: ABORDAGENS INTEGRADAS EM GERONTOLOGIA

MULTIMORBIDITY IN THE ELDERLY: INTEGRATED APPROACHES IN GERONTOLOGY

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.06

Submetido em: 02/10/2025
Revisado em: 05/10/2025
Publicado em: 07/10/2025

Cindhy Suely da Silva Medeiros
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/9669892888495289
Elize Aparecida Santos Musachio
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/2193888897026098
Giovana Bolzan Fortes
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/5729974068768994
Jackeline de Miranda Schmidt
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/6278506698025703
Bruna Fernanda da Silva Freitas
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/9446511046806460
Gabriela Acunha Razzera
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

http://lattes.cnpq.br/7312380567761561

Geruza da Silva Medeiros

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

http://lattes.cnpq.br/8562792049645113

Jéssica Ferreira dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

http://lattes.cnpq.br/0776201484262267

Fernanda dos Santos Trombini

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

http://lattes.cnpq.br/9145097192524730

Emilly Renk Mello

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

http://lattes.cnpq.br/0287730536278556

Fernanda Barbisan

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS

http://lattes.cnpq.br/1428674947616182

Resumo

A multimorbidade, definida como a presença simultânea de duas ou mais doenças crônicas em um mesmo indivíduo, constitui um desafio crescente para os sistemas de saúde, sobretudo no contexto de envelhecimento populacional. No Brasil, estima-se que mais da metade das pessoas idosas apresente multimorbidade, condição associada ao aumento da mortalidade, internações recorrentes, polifarmácia, depressão e pior qualidade de vida. Sua fisiopatologia é complexa, envolvendo mecanismos compartilhados como inflamação crônica, estresse oxidativo, disfunção metabólica e envelhecimento celular, além da influência de fatores genéticos, ambientais e socioeconômicos. A avaliação clínica do paciente com multimorbidade requer anamnese detalhada e o uso de instrumentos específicos, como o Índice de Comorbidade de Charlson, a Avaliação Geriátrica Ampla, a Escala de Contagem Simples de Morbidades e a Cumulative Illness Rating Scale, cada qual com potencialidades e limitações. No manejo clínico, destacam-se os riscos da polifarmácia e da fragmentação do cuidado, o que reforça a necessidade de estratégias centradas no paciente, baseadas na coordenação entre múltiplos profissionais de saúde. A prevenção da multimorbidade envolve a adoção de hábitos saudáveis desde idades jovens, com ênfase em alimentação equilibrada, prática regular de atividade física, abandono do tabagismo, consumo moderado de álcool e atualização vacinal. No âmbito terapêutico, a abordagem deve priorizar funcionalidade, qualidade de vida e objetivos individuais, com atenção especial à saúde mental e à promoção do autocuidado. Dessa forma, a multimorbidade deve ser compreendida como um fenômeno complexo que demanda políticas públicas intersetoriais, integração dos serviços de saúde e atuação multiprofissional para assegurar o bem-estar e a autonomia das pessoas idosas.

Palavras-Chave: envelhecimento, doenças, saúde da pessoa idosa.

Abstract

Multimorbidity, defined as the simultaneous presence of two or more chronic diseases in the same individual, represents a growing challenge for healthcare systems, especially in the context of population aging. In Brazil, it is estimated that more than half of older adults present with multimorbidity, a condition associated with increased mortality, recurrent hospitalizations, polypharmacy, depression, and poorer quality of life. Its pathophysiology is complex, involving shared mechanisms such as chronic inflammation,

oxidative stress, metabolic dysfunction, and cellular aging, in addition to the influence of genetic, environmental, and socioeconomic factors. Clinical assessment of patients with multimorbidity requires a detailed medical history and the use of specific instruments, such as the Charlson Comorbidity Index, Comprehensive Geriatric Assessment, Simple Morbidity Count Scale, and the Cumulative Illness Rating Scale, each with its own strengths and limitations. In clinical management, the risks of polypharmacy and fragmented care stand out, reinforcing the need for patient-centered strategies based on coordination among multiple healthcare professionals. Prevention of multimorbidity involves adopting healthy habits from a young age, with emphasis on a balanced diet, regular physical activity, smoking cessation, moderate alcohol consumption, and up-to-date vaccination. From a therapeutic perspective, the approach should prioritize functionality, quality of life, and individual goals, with special attention to mental health and the promotion of self-care. Thus, multimorbidity should be understood as a complex phenomenon that demands intersectoral public policies, integration of health services, and multiprofessional collaboration to ensure the well-being and autonomy of older adults.

Keywords: Aging, Diseases, Older adults' health.

Introdução

O envelhecimento populacional é uma realidade no Brasil e no mundo. A população idosa é de cerca de 610 milhões de pessoas em nosso país (IBGE, 2022). Além disso, há perspectiva de que os indivíduos com mais de 60 anos representarão aproximadamente 25,5% de toda a população brasileira em 2060 (IBGE, 2018). Assim, a prevalência de doenças relacionadas ao envelhecimento humano tende a aumentar.

A multimorbidade é geralmente definida com a presença simultânea de duas ou mais doenças crônicas em um mesmo ser humano, diferente do conceito de comorbidade, que se refere aos efeitos combinados de doenças adicionais em relação a uma condição principal de um indivíduo. A abordagem da multimorbidade prioriza o cuidado centrado no paciente. Nesse modelo, nenhuma doença específica recebe atenção prioritária de forma rotineira (Skou *et al*., 2022).

Em comparação com indivíduos que possuem apenas uma condição crônica, aqueles com multimorbidade apresentam maior risco de morte prematura, internações mais frequentes e prolongadas, além de maiores custos para os serviços de saúde. Essa condição também está intimamente associada a piora da funcionalidade, redução da qualidade de vida, maior incidência de depressão e uso concomitante de múltiplos medicamentos (polifarmácia) (Silva *et al*., 2023).

No entanto, a maioria dos sistemas de saúde não possui estruturas adequadas para o manejo integrado de múltiplas doenças, de forma que as pessoas com multimorbidade acabam recebendo atendimentos fragmentados e, muitas vezes, tratamentos excessivos ou conflitantes. Assim, a elaboração de políticas públicas voltadas para as doenças crônicas é de suma importância para a criação de estratégias de atenção, promoção e

vigilância da saúde (BRASIL, 2011). Os fatores de risco (Figura 1) que são encontrados na literatura para multimorbidade, são:

• **Envelhecimento da população:** O aumento da idade está associado a uma maior exposição e vulnerabilidade a fatores de risco relacionados a doenças crônicas.

• **Sexo feminino:** Mulheres, em média, vivem mais que os homens e são mais frequentemente afetadas por condições de saúde não fatais.

• **Baixo nível de escolaridade:** Pessoas com menor escolaridade tendem a ter menos acesso à informação sobre práticas saudáveis, enfrentam mais barreiras para acessar os serviços de saúde e, muitas vezes, têm mais dificuldade em aderir corretamente aos tratamentos e em adotar medidas preventivas.

Além disso, cita-se a influência de fatores genéticos, estilo de vida (nutrição inadequada, tabagismo, etilismo, sedentarismo) e condições biológicas como obesidade, hipertensão arterial e dislipidemias.

Figura 1. Principais fatores de risco associados à multimorbidade.



Fonte: Elaborado com uso de Inteligência Artificial.

Epidemiologia

Pesquisa Nacional de Saúde (PNS) de 2019 indicou que, entre os brasileiros com idades entre 15 e 24 anos, a prevalência de multmorbidade foi de 7,84%. Esse dado mostra que, embora a multmorbidade seja comumente associada a pessoas idosas, ela também afeta populações mais jovens.

A frequência de doenças crônicas, quando comparada entre os sexos, pode variar em função de idade, indicadores socioeconômicos e estilo de vida. Doenças cardiovasculares e distúrbios metabólicos são mais comuns em homens, enquanto doenças psicogeriátricas, como demência, depressão, ansiedade, transtornos psicóticos e *delirium,* apresentam maior prevalência em mulheres (Souza *et al*., 2023).

Estudos mostram uma associação entre a prevalência de multimorbidade e fatores socioeconômicos. Um estudo baseado na PNS de 2019 mostrou que 56,5% dos brasileiros com 60 anos ou mais apresentam multimorbidade, sendo que indivíduos com maior escolaridade e renda apresentaram menor prevalência desta condição (Andrade *et al*.,2022). Outro estudo regional em São Leopoldo (RS) com mulheres entre 20 e 69 anos indiciou que a multimorbidade prevalece em 21,7% e encontra correlação direta com idade e renda, e inversa com escolaridade, além de maior risco entre as desempregadas (Franken *et al*., 2022).

A multimorbidade engloba diversas doenças crônicas que afetam diferentes sistemas do organismo. No sistema cardiovascular, destacam-se doença arterial coronariana, hipertensão arterial, insuficiência cardíaca e acidente vascular cerebral (AVC). No sistema neurológico, são comuns a doença de Alzheimer, esclerose múltipla e doença de Parkinson. Entre as respiratórias, figuram a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e a asma; nas renais, a doença renal crônica e a insuficiência renal. No sistema musculoesquelético, destacam-se artrite reumatoide e osteoartrite; no digestivo, doença inflamatória intestinal (Crohn e colite ulcerativa) e hepatite crônica. Além disso, doenças infecciosas e imunológicas, como HIV/AIDS e tuberculose, também são observadas. No campo da saúde mental, sobressaem depressão, ansiedade e transtorno bipolar. Por fim, as doenças metabólicas e endócrinas, como obesidade, diabetes mellitus tipo 1 e tipo 2 e dislipidemias, compõem o espectro de condições frequentemente associadas à multimorbidade (Souza *et al*., 2020).

Em síntese, a distribuição das doenças crônicas varia entre os sexos: doenças cardiovasculares e metabólicas são mais frequentes em homens, enquanto os transtornos psicogeriátricos predominam entre as mulheres.

Fisiopatologia

A multimorbidade possui uma fisiopatologia complexa, caracterizada pela interação entre múltiplas doenças crônicas que afetam diferentes sistemas do organismo. Ao contrário de uma doença isolada, sua origem está na sobreposição de mecanismos fisiopatológicos comuns, como inflamação crônica, estresse oxidativo, disfunção metabólica e envelhecimento celular (Barnes; Yaffe, 2015)

A inflamação crônica e a multimorbidade apresentam associação direta. Com o avanço da idade, os níveis sistêmicos de inflamação aumentam e contribuem para diversas doenças relacionadas ao envelhecimento. A inflamação é um processo imunológico essencial para a defesa do organismo, desencadeado por lesões ou infecções, envolvendo células imunes (monócitos, macrófagos, células dendríticas) e mediadores químicos (IL-1, TNF-α, IL-6). Em condições normais, é transitória e resolve-se por mecanismos anti-inflamatórios (IL-10, eixo HHA – Hipotálamo-Hipófise-Adrenal). No entanto, quando desregulada, a inflamação torna-se prejudicial, contribuindo para múltiplas condições crônicas. Marcadores inflamatórios circulantes, como IL-6, proteína C-reativa (PCR) e TNF-α, são considerados fortes preditores de morbimortalidade (Friedman *et al*., 2019).

O estresse oxidativo, especialmente quando associado a processos inflamatórios, constitui um mecanismo central em síndromes relacionadas ao envelhecimento, como fragilidade e síndrome metabólica (ZHU *et al*., 2021). Além disso, a disfunção metabólica e mitocondrial perpetua o estresse oxidativo, danificando estruturas celulares essenciais e acelerando o envelhecimento biológico (Anastasopoulos *et al*., 2023).

Entre os determinantes da multimorbidade, os fatores ambientais têm se destacado como contribuintes relevantes. Exposição a poluentes atmosféricos, poluição sonora, escassez de áreas verdes e insegurança alimentar estão relacionados ao aumento da incidência de doenças crônicas não transmissíveis. Essa situação é ainda mais crítica entre grupos vulneráveis, que vivem em áreas com infraestrutura precária (Ronaldson *et al*., 2022).

Diante do exposto, observa-se que não há uma causa única para a multimorbidade. Ela resulta da interação entre fatores genéticos, comportamentais, ambientais e mecanismos fisiopatológicos compartilhados pelas doenças crônicas.

Anamnese

A anamnese em casos de multimorbidade deve ser minuciosa e estruturada, visando compreender como as múltiplas doenças crônicas afetam a vida do paciente. É necessário levantar sintomas relacionados a todos os sistemas do organismo (cardiovascular, respiratório, digestivo, neurológico, geniturinário, musculoesquelético, entre outros).

Uma boa anamnese é fundamental, iniciando-se pela identificação do paciente (nome, idade, escolaridade e ocupação), seguida da queixa principal, história da doença atual, histórico de doenças crônicas, uso de medicamentos, hábitos de vida, fatores de risco e antecedentes familiares (BRASIL, 2020).

É igualmente importante investigar de que forma as doenças impactam a autonomia e a qualidade de vida do paciente, incluindo atividades de vida diária, mobilidade, funcionalidade e capacidade cognitiva. Além disso, uma anamnese realizada de forma cuidadosa pode favorecer a identificação precoce de complicações e orientar estratégias de prevenção e tratamento, garantindo um atendimento mais individualizado e centrado nas necessidades do paciente (Brites *et al*., 2023).

Ao identificar padrões de sintomas e interações entre diferentes doenças, o profissional de saúde consegue antecipar descompensações clínicas, ajustar o tratamento de forma personalizada e reduzir o risco de interações medicamentosas prejudiciais (Brites *et al*., 2023).

- **Exames, Testes e Escalas**

Embora ainda não exista um padrão-ouro para a mensuração da multimorbidade, diversos instrumentos têm sido propostos. O mais frequentemente empregado é o Índice de Comorbidade de Charlson (ICC), cujo principal objetivo é funcionar como ferramenta prognóstica para condições crônicas que, isoladamente ou em conjunto, possam alterar o risco de mortalidade. O escore final é obtido pela soma dos pesos (1, 2, 3 ou 6) atribuídos a 19 condições clínicas previamente definidas. Esse valor pode ser ajustado pela idade, acrescentando-se um ponto para cada década de vida a partir dos 50 anos. O método proposto por Charlson, em 1987, foi posteriormente adaptado para a Classificação Internacional de Doenças (CID – 9ª e 10ª revisões), utilizando dados informatizados provenientes de resumos de alta hospitalar (Filipini F *et al*.,2023).

Entretanto, essa escala não consegue abarcar a complexidade da prática clínica. Em outra abordagem, buscou-se classificar pessoas idosas em três grupos distintos, com

base no número e gravidade das morbidades, expectativa de vida e funcionalidade. Mais da metade, porém, enquadra-se no grupo intermediário, no qual os cuidados permanecem incertos segundo os consensos atuais. Além disso, definir o peso específico de cada morbidade na formulação da estratégia terapêutica ainda é um desafio (Filipini F *et al*.,2023).

A **Avaliação Geriátrica Ampla (AGA)** surge como ferramenta essencial nesse contexto, por ser um processo multidimensional e interdisciplinar utilizado para avaliar a saúde da pessoa idosa. Seu principal objetivo é identificar fragilidades e necessidades individuais, permitindo um tratamento personalizado. Dessa forma, a AGA engloba diferentes domínios da saúde do idoso: clínico, funcional, cognitivo, psicológico, social e ambiental (Costa *et al*., 2005).

A **escala de contagem simples de morbidades** é outro método quantitativo amplamente utilizado, por ser de fácil aplicação e interpretação. Funciona da seguinte forma: cada doença crônica diagnosticada por um médico é contabilizada com peso igual a um, e o total de doenças resulta no número absoluto de morbidades. Considera-se "sim" quando o indivíduo apresenta duas ou mais doenças crônicas, e "não" quando há uma ou nenhuma (Souza *et al*., 2019).

A ***Cumulative Illness Rating Scale*** **(CIRS)** por sua vez, avalia não apenas o número, mas também a gravidade das doenças em diferentes sistemas do corpo. A escala contempla 14 sistemas/órgãos: respiratório, oftalmológico/otorrinolaringológico, cardiovascular, hepático, renal, gastrointestinal superior e inferior, geniturinário, musculoesquelético, neurológico, psiquiátrico, dermatológico e hematológico. Cada sistema recebe uma pontuação de 0 a 4, de acordo com a gravidade da condição. Caso o indivíduo apresente mais de uma doença no mesmo sistema, considera-se a pontuação mais alta (Souza *et al*., 2019).

O **Índice de Comorbidade de Charlson (ICC)** é uma escala utilizada para quantificar a carga de doenças crônicas (comorbidades) de um paciente, estimar seu risco de mortalidade e ajustar análises clínicas e epidemiológicas pelo risco associado às comorbidades. Composto por vinte condições clínicas, como infarto do miocárdio, insuficiência cardíaca, diabetes, doenças renais e câncer, cada condição recebe um peso de acordo com sua gravidade e impacto prognóstico, e a soma desses pontos gera um escore total, em que valores maiores indicam maior risco de óbito. O ICC classifica os pacientes segundo diagnósticos secundários pré-determinados e tem sido validado para verificar a mortalidade em diferentes grupos, tendo como objetivo principal estimar a taxa

de sobrevida nos próximos 10 anos de acordo com a gravidade da carga comórbida apresentada (Filipini F *et al*.,2023).

Prevenção, Tratamento Prognóstico

O atendimento ao paciente com multimorbidade representa um desafio para os profissionais de saúde, pois exige abordagem cuidadosa no manejo das doenças crônicas e no uso racional de medicamentos (Filipini F *et al*.,2023).

Pacientes com multimorbidade apresentam risco aumentado de eventos adversos relacionados à segurança, especialmente devido à polifarmácia, interações medicamentosas, complexidade dos esquemas terapêuticos, fragmentação do cuidado entre múltiplos especialistas, baixa adesão ao tratamento e maior vulnerabilidade clínica associada ao envelhecimento e à fragilidade (Carvalho; Vicente, 2022; Ferreira *et al*., 2022; Vierkötter *et al*., 2024).

A vulnerabilidade é acentuada por condições como idade avançada, saúde debilitada, comprometimento cognitivo, baixo letramento em saúde e presença de transtornos mentais, incluindo depressão e ansiedade. Além disso, a necessidade de autogerenciamento torna-se desafiadora diante da complexidade terapêutica e das múltiplas prioridades clínicas que o paciente precisa equilibrar.

A polifarmácia, caracterizada pelo uso de múltiplos medicamentos, pode resultar em baixa adesão ao tratamento e aumento de efeitos adversos. As interações frequentes e complexas com os serviços de saúde também ampliam o risco de falhas na prestação e coordenação do cuidado. Por isso, é fundamental garantir comunicação eficaz, planos de cuidado bem estruturados e suporte contínuo, assegurando um acompanhamento centrado no paciente (Fiocruz, 2023).

O acúmulo de doenças crônicas em pessoas idosas representa um grande desafio para o SUS, pois esses indivíduos frequentemente apresentam fragilidade, polifarmácia e declínio cognitivo, incluindo quadros demenciais (Veras *et al*., 2018). O prognóstico da multimorbidade depende de diversos fatores, mas, em geral, associa-se ao agravamento do estado de saúde, maior risco de complicações e hospitalizações recorrentes (Veras *et al*., 2018).

Na prevenção da multimorbidade, é fundamental adotar hábitos saudáveis ao longo da vida, como manter alimentação balanceada, praticar atividade física regularmente, evitar tabagismo, moderar o consumo de álcool e manter a vacinação em dia, especialmente contra pneumonia, gripe. Em casos de doenças preexistentes, como

hipertensão arterial, é essencial o controle rigoroso para evitar progressão e surgimento de novas enfermidades (BRASIL, 2016).

O tratamento da multimorbidade deve ser centrado na pessoa, priorizando a funcionalidade, qualidade de vida e objetivos individuais, em vez de focar no manejo isolado de cada doença. A atuação da equipe multiprofissional — fisioterapeutas, enfermeiros, farmacêuticos, nutricionistas, psicólogos e médicos — é essencial para oferecer cuidado integral e coordenado, especialmente por meio da Avaliação Geriátrica Ampla (AGA) em pessoas idosas.

Além disso, destaca-se a atenção à saúde mental, uma vez que a multimorbidade está associada a sintomas depressivos e ansiosos. Intervenções voltadas ao autocuidado e monitoramento ativo dos sintomas capacitam o paciente a realizar o tratamento de forma mais adequada e segura.

Conclusão

A multimorbidade representa um desafio crescente para a saúde pública, principalmente no contexto de envelhecimento populacional acelerado. Sua complexidade decorre da interação entre múltiplas doenças crônicas e determinantes genéticos, comportamentais, socioeconômicos e ambientais, associados a mecanismos fisiopatológicos compartilhados, como inflamação crônica, estresse oxidativo e disfunção metabólica.

A alta prevalência, especialmente entre pessoas idosas, reforça a necessidade de políticas públicas robustas e estratégias de cuidado centradas no paciente, que priorizem a funcionalidade, a qualidade de vida e a prevenção de complicações. A avaliação adequada do indivíduo com multimorbidade exige anamnese detalhada, diagnóstico multidimensional e um tratamento eficaz baseado na atuação de equipes multiprofissionais capacitadas em geriatria e gerontologia.

Assim, a multimorbidade não deve ser compreendida apenas como um acúmulo de doenças, mas como um fenômeno complexo que exige integração dos serviços de saúde e enfoque na promoção do bem-estar, autonomia e qualidade de vida ao longo do processo de envelhecimento.

Referências

ANASTASOPOULOS, N. A. et al. O papel do estresse oxidativo e da senescência celular na patogênese da doença hepática gordurosa associada metabólica e do carcinoma hepatocelular relacionado. *Antioxidants (Basel)*, v. 12, n. 6, p. 1269, 14 jun. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.3390/antiox12061269. Acesso em: 01 set. 2025.

ANDRADE, F. B. de; THUMÉ, E.; FACCHINI, L. A.; TORRES, J. L.; NUNES, B. P. Socioeconomic inequalities in multimorbidity among older adults in Brazil: a cross-sectional analysis of the Brazilian National Health Survey 2019. *PLoS One*, v. 17, n. 10, e0275985, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275985. Acesso em: 30 set. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Cadernos de Atenção Básica: Envelhecimento e Saúde da Pessoa Idosa*. Brasília: Ministério da Saúde, 2006. (Série A. Normas e Manuais Técnicos; Cadernos de Atenção Básica, n. 19). Disponível em: Envelhecimento e saúde da pessoa idosa /. Acesso em: 18 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Programa de avaliação para a qualificação do Sistema Único de Saúde*. Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: https://www.conass.org.br/biblioteca/wp-content/uploads/2011/01/NT-12-_2011_avaliacao_para_qualificacao_do_sus.pdf. Acesso em: 18 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção Primária à Saúde. Departamento de Promoção da Saúde. *Método clínico: acolhimento e coleta de dados*. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: metodo_clinico_acolhimento_coleta_dados_v3.pdf. Acesso em: 18 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Ciência e Tecnologia. *Síntese de evidências para políticas de saúde: prevenção e controle da hipertensão arterial em sistemas locais de saúde*. Brasília: Ministério da Saúde; EVIPNet Brasil, 2016. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/sintese_evidencias_politicas_hipertensao_arterial.pdf. Acesso em: 2 out. 2025.

BARNES, P. J.; YAFFE, K. Mechanisms of development of multimorbidity in the elderly. *European Respiratory Journal*, v. 45, n. 3, p. 790-806, 2015. Disponível em: https://erj.ersjournals.com/content/45/3/790. Acesso em: 05 fev. 2025.

BRITES, R. et al. A importância de não descurar a anamnese em tempos de pandemia: uma síndrome de abstinência de paroxetina. *Gazeta Médica*, p. 46–50, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.29315/gm.v1i1.651. Acesso em: 05 fev. 2025.

CARVALHO, J. N.; VICENTE, L. M. Ocorrência de interações medicamentosas e sua relação com multimorbidade em Campina Grande, Paraíba, Brasil. *Revista Multidisciplinar em Saúde*, v. 2, n. 4, p. 336-346, 2022. Disponível em: https://editoraime.com.br/revistas/index.php/rems/article/view/3283. Acesso em: 27 ago. 2025.

COSTA, E. F. A. Avaliação geriátrica ampla (AGA). In: LIBERMAN, A. et al. (org.). *Diagnóstico e tratamento em cardiologia geriátrica*. Barueri: Manole, 2005. Disponível

em: https://revistas.ufg.br/revistaufg/article/view/49768/24439. Acesso em: 25 fev. 2025.

FERREIRA, L. L. et al. Segurança medicamentosa de pessoas idosas no contexto hospitalar: revisão de escopo. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, v. 25, n. 1, e210230, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbgg/a/ttBgDL8y3zK5MN5Np49Scds/. Acesso em: 27 ago. 2025.

FILIPINI, F. et al. Índice de comorbidades de Charlson no lúpus eritematoso sistêmico em pacientes brasileiras. *BioSCIENCE*, v. 81, n. 2, p. 42-45, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.55684/81.2.9. Acesso em: 22 fev. 2025.

FIOCRUZ. *Multimorbidade: série técnica sobre atenção primária mais segura*. Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, 2023. 30 p. Disponível em: https://proqualis.fiocruz.br/sites/proqualis.fiocruz.br/files/Multimorbidade_S%C3%A9rie%20T%C3%A9cnica%20sobre%20Aten%C3%A7%C3%A3o%20Prim%C3%A1ria%20mais%20Segura.pdf. Acesso em: 22 fev. 2025.

FRANKEN, D. L. et al. Lifestyle, high body mass index, and markers of socioeconomic conditions associated with multimorbidity in women. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, v. 25, e220007, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1980-549720220007. Acesso em: 20 fev. 2025.

FRIEDMAN, E.; SHOREY, C. Inflamação na multimorbidade e incapacidade: uma revisão integrativa. *Psicologia da Saúde*, v. 38, n. 9, p. 791-801, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1037/hea0000749. Acesso em: 15 fev. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo Demográfico 2022: população residente por grupos de idade*. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br. Acesso em: 26 fev. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Projeção da população 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047*. Rio de Janeiro, 25 jul. 2018. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br. Acesso em: 3 mar. 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Caderneta de saúde da pessoa idosa*. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: caderneta_saude_pessoa_idosa_5ed_1re.pdf. Acesso em: 3 mar. 2025.

RONALDSON, A.; ARIAS DE LA TORRE, J.; ASHWORTH, M.; HANSELL, A. L.; HOTOPF, M.; MUDWAY, I.; STEWART, R.; DREGAN, A.; BAKOLIS, I. Associations between air pollution and multimorbidity in the UK Biobank: a cross-sectional study. *Frontiers in Public Health*, v. 10, p. 1035415, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.1035415. Acesso em: 6 mar. 2025.

SKOU, S. T. et al. Multimorbidity. *Nature Reviews Disease Primers*, v. 8, n. 1, p. 48, 14 jul. 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1038/S41572-022-00376-4. Acesso em: 8 mar. 2025.

SOUZA, A. S. S. *Multimorbidade e uso de serviços de saúde na população brasileira: Pesquisa Nacional de Saúde 2019*. 2019. Dissertação (Mestrado em Medicina) – Universidade Estácio de Sá, Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: https://www.scielosp.org/pdf/ress/2023.v32n3/e2023045/pt. Acesso em: 15 mar. 2025.

SOUZA, A. S. S.; FAERSTEIN, E.; WERNECK, G. L. Multimorbidade e uso de serviços de saúde em indivíduos com restrição de atividades habituais: Estudo Pró-Saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, n. 11, p. e00155118, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0102-311X00155118. Acesso em: 10 abr. 2025.

SOUZA, A. C. A. et al. Multimorbidade e suas implicações na saúde pública: uma revisão integrativa. *Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade*, v. 15, n. 42, p. 1-10, 2020. Disponível em: https://rbmfc.org.br/rbmfc/article/view/2114. Acesso em: 2 out. 2025.

SILVA, D. S. M. et al. Influência de padrões de multimorbidade nas atividades de vida diária da pessoa idosa: seguimento de nove anos do Estudo FIBRA. *Ciência & Saúde Coletiva*, 28(7):2003-2014, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/SwNgG5NjXK4tPwNRmgL4ckG/?format=html&lang=pt. Acesso em: 10 abr. 2025.

VERAS, R. P.; OLIVEIRA, M. Envelhecer no Brasil: a construção de um modelo de cuidado. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 23, n. 6, p. 1929-1936, 2018. DOI: https://doi.org/10.1590/1413-81232018236.04722018. Acesso em: 01 abr. 2025.

VIERKÖTTER, A. et al. Prevalence of multimorbidity and polypharmacy among adults and older adults: a systematic review. *The Lancet Healthy Longevity*, v. 5, n. 1, p. e12-e25, 2024. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lanhl/article/PIIS2666-7568(23)00225-6/fulltext. Acesso em: 01 abr. 2025.

ZHU, X. et al. Inflamação, epigenética e metabolismo convergem para a senescência e o envelhecimento celular: a regulação e a intervenção. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, v. 6, n. 1, p. 245, 28 jun. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1038/S41392-021-00646-9. Acesso em: 04 abr. 2025.

CAPÍTULO 7

USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: COMPATIBILIDADE COM AS DISPOSIÇÕES DA LEI N. 9.394/1996 E OS RESPECTIVOS DESAFIOS E OPORTUNIDADES

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE TEACHING-LEARNING PROCESS: COMPATIBILITY WITH THE PROVISIONS OF LAW N. 9.394/1996 AND THE RESPECTIVE CHALLENGES AND OPPORTUNITIES

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.07

Submetido em: 15/10/2025
Revisado em: 16/10/2025
Publicado em: 16/03/2025

Nigel Stewart Neves Patriota Malta

Faculdade CESMAC do Agreste, Curso de Direito, Arapiraca-AL

http://lattes.cnpq.br/3983490925456375

https://orcid.org/0000-0002-0181-4474

Resumo

O estudo analisa a utilização da inteligência artificial (IA) no processo de ensino-aprendizagem e sua compatibilidade com a Lei nº 9.394/1996 (LDB). A pesquisa, de natureza teórico-bibliográfica, investiga os benefícios e desafios da implementação da IA na educação, destacando aspectos técnicos, pedagógicos e éticos. Conclui-se que, embora a LDB tenha sido elaborada antes da revolução digital, seus princípios permanecem plenamente aplicáveis às novas tecnologias. A IA pode favorecer a personalização do ensino, a inclusão educacional e a eficiência das práticas pedagógicas, desde que seu uso preserve a centralidade discente e o papel essencial do professor. Recomenda-se, portanto, o investimento em formação continuada, infraestrutura tecnológica e políticas públicas que garantam o uso ético e equitativo da IA, de modo a consolidar um modelo educacional inovador e alinhado às exigências do século XXI.

Palavras-Chave: inteligência artificial, educação, legislação educacional.

Abstract

The study analyzes the use of artificial intelligence (AI) in the teaching-learning process and its compatibility with Law No. 9,394/1996. The research, of a theoretical and bibliographic nature, investigates the benefits and challenges of implementing AI in education, highlighting technical, pedagogical, and ethical aspects. It concludes that, although the LDB was enacted before the digital revolution, its principles

remain fully applicable to new technologies. AI can enhance personalized learning, educational inclusion, and the efficiency of pedagogical practices, provided its use preserves the central role of the student and the essential function of the teacher. Therefore, investment in continuing education, technological infrastructure, and public policies that ensure the ethical and equitable use of AI is recommended, in order to consolidate an innovative educational model aligned with the demands of the 21st century.

Keywords: artificial intelligence, education, educational legislation.

Introdução

O uso de inteligência artificial (IA) no ambiente educativo aporta um marco significativo na evolução do processo de ensino-aprendizagem, comportando o oferecimento de novas possibilidades para o melhoramento do ensino, com sua individualização, e a otimização de práticas pedagógicas, porquanto a sua incidência na educação tem o potencial de transformar a dinâmica das salas de aula, a fim de propiciar abordagens mais adaptativas e centradas no aluno, o que se vislumbra essencial para o desenvolvimento de uma educação inclusiva e equitativa.

Nesse sentido, os conhecimentos didáticos e pedagógicos próprios das licenciaturas assumem papel de destaque ao explorar e integrar tecnologias, como a IA, no cotidiano escolar, sobretudo em prol da maximização do potencial de aprendizagem dos estudantes. Com efeito, o presente estudo tem como objetivo investigar como a IA pode ser utilizada para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem, ressaltando tanto os desafios, tidos como barreiras ou limitações, quanto às oportunidades oferecidas, bem assim reflexionar teoricamente acerca de sua harmonização com as disposições da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional.

Em linhas gerais, a delimitação do tema se fixa na análise teórica e prática das aplicações da IA em ambientes educacionais, de modo que o estudo aborda os seus impactos na formação de professores, na gestão escolar e na promoção de uma educação mais eficaz, mormente a partir de aspectos da legislação indicada.

Ainda, a problemática destacada reside na identificação dos desafios que ainda limitam a plena integração da IA no ambiente escolar, as quais podem ser de natureza técnica, como a falta de infraestrutura tecnológica adequada; pedagógica, como a resistência dos educadores à adoção de novas metodologias de ensino; e ética, relacionadas à privacidade e segurança dos envolvidos. Sobreleva pontuar, nessa

dimensão contextual, a carência de formação específica dos profissionais da educação para o uso eficaz das novas tecnologias como um dos principais desafios.

Assim, os objetivos deste estudo são múltiplos: busca-se compreender os principais benefícios que a inteligência artificial pode proporcionar ao processo de ensino-aprendizagem. Pretende-se, ademais, analisar os desafios enfrentados pelos educadores na adoção de IA em suas práticas diárias, destacando as respectivas barreiras técnicas, pedagógicas e éticas. Por fim, o estudo visa oferecer recomendações e diretrizes que possam orientar políticas públicas e práticas pedagógicas, como forma de contributo à formação de profissionais mais capacitados e preparados para lidar com as tecnologias emergentes no campo da educação.

Assim, este texto busca refletir e aclarar determinadas questões, sem a pretensão de esgotamento da temática abordada, sobretudo quanto à importância da IA como uma ferramenta poderosa no processo de ensino-aprendizagem, através da análise crítica das oportunidades e desafios, além da correlação da matéria com as disposições legais.

A Lei n° 9.394/1996 e sua Compatibilidade com o uso da Inteligência Artificial

A Lei nº 9.394/1996, denominada Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), constitui o principal instrumento normativo que organiza a educação brasileira, estabelecendo os princípios, fins e fundamentos que norteiam a ação do Estado, das instituições de ensino e dos profissionais da educação. Nela estão consolidados os valores da igualdade de condições para o acesso e permanência na escola, da liberdade de aprender e ensinar, e da valorização dos profissionais da educação, ao passo que o referido normativo orienta a busca pela qualidade e pela formação integral dos discentes.

Em seu art. 2º, a LDB define que a educação deve inspirar-se nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, com vistas ao pleno desenvolvimento e preparo dos alunos para o exercício da cidadania, bem assim por meio da necessária qualificação para o trabalho. Observa-se que tais princípios se harmonizam com a proposta de inserção da IA no ambiente educacional, uma vez que o uso ético e pedagógico dessas tecnologias possibilita a potencialização da autonomia discente, bem como promove a inclusão e contribui para a formação de competências necessárias à vida contemporânea e às novas dinâmicas do mundo do trabalho (Brasil, 1996).

Por seu turno, o art. 3º da LDB reforça diretrizes como igualdade de condições, pluralismo de ideias, valorização da experiência extraescolar e vinculação entre educação,

trabalho e práticas sociais. Nesse contexto, a IA apresenta-se como ferramenta capaz de concretizar tais princípios, na medida em que possibilita a personalização do ensino, adapta o ritmo e os conteúdos às necessidades individuais e favorece o aprendizado significativo. Além disso, sistemas de IA podem ampliar o acesso a recursos educacionais de qualidade, sobretudo em regiões com limitações de infraestrutura ou de oferta de docentes (Brasil, 1996).

No entanto, o uso da IA na educação deve ser pautado pelo cumprimento das disposições legais da LDB que asseguram a centralidade do processo educativo na figura do educando e a mediação essencial do professor. Conforme dispõe o art. 13 da referida lei, é incumbência do docente a elaboração e o cumprimento do plano de trabalho, o acompanhamento da aprendizagem e a promoção de estratégias de recuperação dos alunos (Brasil, 1996). Dessa forma, a IA deve ser compreendida como um instrumento de apoio à prática pedagógica, e não como substituta do papel docente, salvaguardando especialmente a prevalência da dimensão humana do ensino.

Outro ponto relevante encontra-se no art. 67, que prevê a necessidade de valorização dos profissionais da educação por meio de formação continuada (Brasil, 1996). Nessa toada, a introdução de tecnologias de IA nas escolas exige investimento em capacitação docente, para que esses profissionais possam compreender, aplicar e avaliar criticamente as ferramentas tecnológicas utilizadas. Assim, a integração entre IA e educação deve ser realizada de modo planejado, alinhado aos objetivos educacionais e às políticas públicas voltadas à inovação pedagógica.

Observa-se, pois, que a LDB, embora elaborada em um contexto anterior à revolução digital contemporânea, é suficientemente ampla e flexível para abarcar o uso de tecnologias emergentes, desde que essas estejam orientadas à promoção dos direitos educacionais e ao desenvolvimento integral do educando. Dessa maneira, a compatibilidade entre a LDB e a utilização da inteligência artificial, portanto, depende da observância dos princípios legais que asseguram, notadamente, a qualidade na educação, fundamento que deve guiar qualquer processo de inovação tecnológica no ensino brasileiro.

Análise dos Desafios e das Oportunidades da Implementação da Inteligência Artificial na Educação

Analisando a questão proposta, tem-se que a crescente implementação da IA no setor educacional vem acompanhada de uma série de benefícios e desafios que demandam

aprofundada verificação para sua efetiva aplicação no processo de ensino-aprendizagem (Franqueira *et al*., 2024). De partida, faz-se imprescindível destacar o avanço significativo no desenvolvimento de tecnologias baseadas em IA, que têm o potencial de transformar a forma como os alunos interagem com o conteúdo educacional e como os educadores planejam e executam suas práticas pedagógicas (Hora, 2023).

Este estudo teórico se propõe, através de uma revisão bibliográfica, a investigar os principais desafios e oportunidades relacionados ao uso da inteligência artificial no ambiente educacional. A análise dos dados teóricos foi realizada por meio de técnicas de análise de conteúdo, possibilitando a identificação de padrões e categorias relevantes. As limitações identificadas podem ser classificadas em três principais tipos: técnicas, pedagógicas e éticas (Barbosa *et al*., 2024).

As limitações técnicas, frequentemente mencionadas na literatura, incluem a falta de infraestrutura adequada nas escolas para suportar tecnologias avançadas. Muitas instituições de ensino ainda não possuem os recursos tecnológicos necessários, como computadores, internet de alta velocidade e softwares especializados, o que limita a implementação efetiva da IA no processo educacional. Além disso, a manutenção e atualização constante desses recursos representam um desafio financeiro significativo para muitas escolas (Santos; Medeiros; Meroto, 2024).

As limitações pedagógicas envolvem a resistência dos educadores em adotar novas tecnologias em suas práticas diárias. A falta de familiaridade com a IA e o receio de que a tecnologia possa substituir o papel do professor são preocupações comuns. Muitos profissionais da educação sentem-se despreparados para integrar a IA de maneira eficaz, o que compromete a potencialidade dessas ferramentas no ambiente escolar. A carência de formação específica e contínua sobre o uso da IA no ensino é uma questão crítica que necessita de atenção urgente (Lima; Andrade; Damasceno, [s.d.]; Malta, 2023).

As limitações éticas, por sua vez, são relacionadas à privacidade e à segurança dos dados dos envolvidos. A utilização, na educação, dessas tecnologias inovadoras compreende o recolhimento e a verificação de vasto volume de dados, o que suscita precauções protetivas de tais informações (Oliveira *et al*., 2024).

Em contraposição às barreiras limitativas, as oportunidades oferecidas pela IA no ensino-aprendizagem são vastas e promissoras. A personalização, ou individualização, do ensino é uma das enfatizadas vantagens propiciadas, uma vez que os conteúdos e atividades podem ser adaptados às necessidades e à velocidade de consolidação da

aprendizagem de cada aluno. Ferramentas como tutores virtuais e plataformas adaptativas podem oferecer suporte individualizado, auxiliando os estudantes a superar dificuldades específicas e potencializando seu desempenho acadêmico (Costa Júnior *et al*., 2024).

Para além, pode-se otimizar a gestão do tempo dos docentes, já que se faz possível a automação de tarefas administrativas e burocráticas, permitindo que os professores concentrem seus esforços na interação com os discentes. Outrossim, a análise de dados em larga escala denota a identificação de padrões e previsão de dificuldades, de modo a facilitar intervenções mais eficazes. A IA também pode ser utilizada para desenvolver recursos acessíveis a estudantes com necessidades especiais, como softwares de reconhecimento de voz para alunos com deficiência auditiva ou leitores de tela para alunos com deficiência visual, contribuindo para um ambiente educacional mais inclusivo e equitativo (Santos, 2023; Hora, 2023; Franqueira *et al*., 2024).

Para que essas oportunidades se concretizem, é essencial investir na formação continuada dos profissionais da educação, capacitando-os para o uso eficaz das tecnologias de IA. Além disso, políticas públicas que incentivem a inovação tecnológica nas escolas e assegurem a equidade no acesso às ferramentas de IA são imprescindíveis, com o objetivo de preparar os alunos para os desafios e oportunidades do século XXI (Malta, 2023; Santos; Medeiros; Meroto, 2024; Barbosa *et al*., 2024).

Considerações Finais

A análise revela que, apesar dos desafios existentes e da compatibilidade com a legislação pátria, a integração da IA no processo de ensino-aprendizagem apresenta inúmeras oportunidades para a transformação do ambiente educacional. No entanto, é imprescindível superar as barreiras técnicas, pedagógicas e éticas para a efetiva implementação dessas tecnologias.

Recomenda-se a implementação de políticas públicas que priorizem a formação contínua e específica dos profissionais da educação, capacitando-os para utilizar as ferramentas de IA de forma eficaz e ética. A sensibilização dos educadores para as potencialidades da IA, assim como o desenvolvimento de uma infraestrutura tecnológica adequada nas escolas, são essenciais para a concretização desse objetivo. O estabelecimento de diretrizes claras quanto à proteção e ao uso responsável dos dados dos estudantes, assegurando a privacidade e a segurança das informações, também figura como item elementar.

Em última análise, a integração da IA no processo de ensino-aprendizagem não só potencializa o desenvolvimento acadêmico dos estudantes, mas também contribui para a construção de um sistema educacional mais inclusivo, equitativo e preparado para os desafios do século XXI. A IA, quando utilizada de forma consciente e ética, possui o potencial de transformar a educação, promovendo um ambiente de aprendizado mais personalizado e eficiente, capaz de atender às necessidades individuais de cada aluno e preparar os cidadãos para um futuro cada vez mais tecnológico.

Referências

BARBOSA, P. R. *et al*. **Inteligência artificial na educação**: uma revisão bibliográfica. Revista Caderno Pedagógico, Curitiba, v. 21, n. 5, p. 01-23, 2024.

BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**: estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acesso em 10 set. 2023.

COSTA JÚNIOR, J. F. *et al*. **Novas tecnologias na educação:** a inteligência artificial (IA) e o processo de ensino e aprendizagem. Revista *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, São José dos Pinhais, v.17, n.5, p. 01-19, 2024.

FRANQUEIRA, A. da S. *et al*. **Inteligência artificial na educação**: tendências atuais e perspectivas futuras. Revista Caderno Pedagógico, Curitiba, v. 21, n. 5, p. 01-21, 2024.

HORA, N. da. **Inteligência artificial e educação no Brasil**: potencialidades e limitações. MIT Technology Review Brasil. 15 set. 2023.

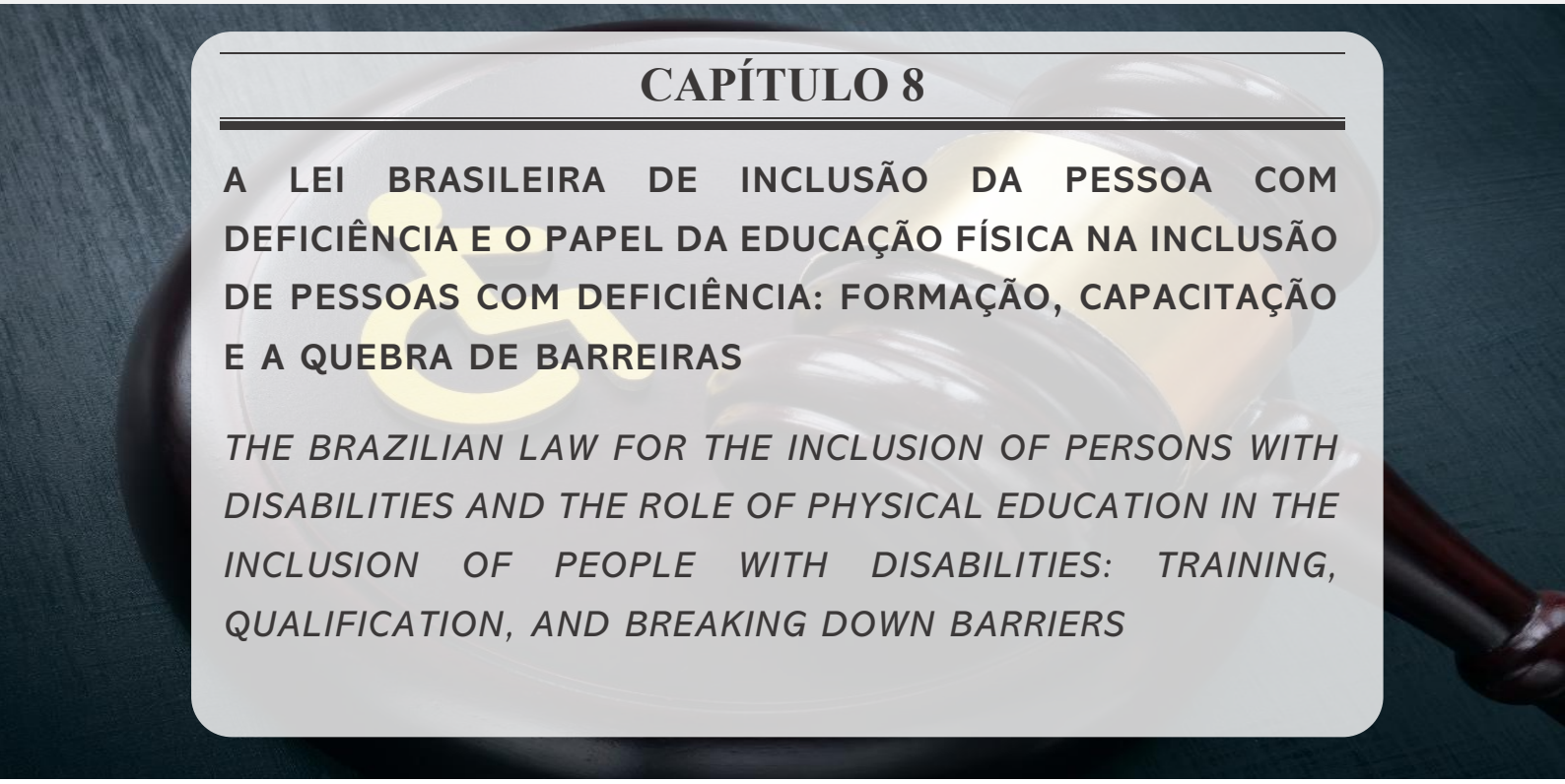
LIMA, J. de O.; ANDRADE, M. N. de; DAMASCENO, R. J. de A. **A resistência do professor diante das novas tecnologias**. MeuArtigo, BrasilEscola, Uol. Disponível em: https://meuartigo.brasilescola.uol.com.br/educacao/a-resistencia-professor-diante-das-novas-tecnologias.htm, s.d. Acesso em 10 set. 2023.

MALTA, N. S. N. P. **As tecnologias da informação e da comunicação e o ensino jurídico**: análise curricular dos cursos de direito do Estado de Alagoas. Tese (Doutorado em Educação – Universidade Federal de Alagoas - UFAL), 2023.

SANTOS, A. F. dos. **Um modelo conceitual de sala de aula inteligente para atender as necessidades do professor**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional, Universidade de São Paulo - USP), 2023.

SANTOS, S. M. A. V.; MEDEIROS, J. M.; MEROTO, M. B. das. N. **Práticas pedagógicas inclusivas e tecnologias**: o caminho para o processo de aprendizagem. 1.ed. São José dos Pinhais, PR: Editora Contemporânea, 2024.

OLIVEIRA, R. L. de *[et al]*. **A transformação da educação na era da inteligência artificial**: impactos e perspectivas. Revista FT, Educação, Pedagogia, Volume 28 - Edição 134/mai 2024, 14/05/2024.



CAPÍTULO 8

A LEI BRASILEIRA DE INCLUSÃO DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA E O PAPEL DA EDUCAÇÃO FÍSICA NA INCLUSÃO DE PESSOAS COM DEFICIÊNCIA: FORMAÇÃO, CAPACITAÇÃO E A QUEBRA DE BARREIRAS

THE BRAZILIAN LAW FOR THE INCLUSION OF PERSONS WITH DISABILITIES AND THE ROLE OF PHYSICAL EDUCATION IN THE INCLUSION OF PEOPLE WITH DISABILITIES: TRAINING, QUALIFICATION, AND BREAKING DOWN BARRIERS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.08

Submetido em: 15/010/2025
Revisado em: 16/10/2025
Publicado em: 16/10/2025

Nigel Stewart Neves Patriota Malta

Faculdade CESMAC do Agreste, Curso de Direito, Arapiraca-AL

http://lattes.cnpq.br/3983490925456375

https://orcid.org/0000-0002-0181-4474

Resumo

Este estudo teórico examina a inclusão de pessoas com deficiência no âmbito da Educação Física, à luz da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, que consolidou direitos e impulsionou políticas públicas voltadas à acessibilidade e à igualdade de oportunidades. A partir de revisão bibliográfica e análise de conteúdo, a pesquisa identifica as principais barreiras que ainda dificultam a participação plena dessas pessoas em atividades físicas e esportivas, classificadas em físicas, atitudinais e metodológicas. Embora a ausência de infraestrutura acessível permaneça como obstáculo relevante, o desconhecimento e a falta de formação específica dos profissionais de Educação Física configuram os maiores desafios à efetivação das práticas inclusivas. O estudo destaca que a legislação brasileira reforça o dever de eliminar barreiras e promover a participação social das pessoas com deficiência, o que demanda capacitação contínua e sensibilização docente. São apresentadas estratégias como a personalização das atividades, o uso de equipamentos adaptados e a modificação de regras, visando garantir equidade e segurança. Conclui-se que a Educação Física inclusiva, em consonância com o Estatuto da Pessoa com Deficiência, constitui instrumento essencial de transformação social, contribuindo para a construção de uma sociedade mais justa, acessível e participativa.

Palavras-Chave: legislação brasileira. pessoa com deficiência. barreiras. inclusão. educação física.

Abstract

This theoretical study examines the inclusion of persons with disabilities within the scope of Physical Education, in light of the Brazilian Law for the Inclusion of Persons with Disabilities, which consolidated rights and promoted public policies aimed at accessibility and equal opportunities. Based on a bibliographic review and content analysis, the research identifies the main barriers that still hinder the full participation of these individuals in physical and sports activities, classified as physical, attitudinal, and methodological. Although the lack of accessible infrastructure remains a relevant obstacle, the lack of knowledge and specific training among Physical Education professionals represent the greatest challenges to the implementation of inclusive practices. The study highlights that Brazilian legislation reinforces the duty to eliminate barriers and promote the social participation of persons with disabilities, which requires continuous training and teacher awareness. Strategies such as the personalization of activities, the use of adapted equipment, and the modification of rules are presented to ensure equity and safety. It is concluded that inclusive Physical Education, in accordance with the Statute of Persons with Disabilities, constitutes an essential instrument of social transformation, contributing to the construction of a more just, accessible, and participatory society.

Keywords: brazilian legislation. persons with disabilities. barriers. inclusion. physical education.

Introdução

A efetiva inclusão, na sociedade, de pessoas com deficiência, perfaz um grande e constante desafio, de importância ímpar à construção de uma sociedade mais justa e isonômica. Nesse contexto, o ambiente educacional de modo geral e, em especial, a Educação Física, assume um papel fundamental ao promover a integração e a participação ativa dessas pessoas em diversas atividades educativas, sobretudo no âmbito de exercícios físicos e esportivos.

O tema em questão busca explorar como a prática de atividades físicas pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida e a inclusão social das pessoas com deficiência. A delimitação do tema, por seu turno, centra-se na investigação teórica das estratégias e métodos utilizados por profissionais de Educação Física, com especial enfoque aos atuantes no escopo da licenciatura, para adaptar atividades e promover a inclusão de pessoas com diferentes tipos de deficiência, sejam elas físicas, sensoriais, intelectuais, múltiplas ou, até mesmo, ocultas. O estudo abrange tanto o ambiente escolar quanto outros contextos sociais, como clubes, academias e centros de reabilitação.

A problemática deste estudo reside na identificação das barreiras ainda existentes que dificultam a inclusão plena de pessoas com deficiência nas atividades físicas. Essas barreiras podem ser de natureza física, como a falta de infraestrutura adequada; atitudinal, como preconceitos e falta de sensibilidade dos profissionais e da sociedade; e metodológica, devido à carência de formação específica para lidar com as necessidades desse público.

Os objetivos deste estudo são múltiplos: primeiramente, busca-se compreender as principais dificuldades enfrentadas por pessoas com deficiência na prática de atividades físicas e esportivas. Em segundo lugar, pretende-se identificar e analisar as estratégias de adaptação utilizadas pelos profissionais de Educação Física para promover a inclusão. Por fim, o estudo visa oferecer recomendações e diretrizes que possam orientar políticas públicas e práticas pedagógicas inclusivas, contribuindo para a formação de profissionais mais capacitados e sensíveis às necessidades das pessoas com deficiência.

Assim, este trabalho pretende evidenciar, sem a pretensão de esgotamento da temática abordada, a importância da Educação Física como uma ferramenta poderosa de inclusão social, destacando seu potencial para transformar vidas e promover a equidade no acesso às atividades físicas e esportivas.

Desafios e estratégias na inclusão de pessoas com deficiência

De partida, é imprescindível enfatizar a incrementação evidenciada na proteção estatal conferida às pessoas com deficiência, notadamente após a incorporação, pelo Brasil, da Convenção Internacional sobre os Direitos das Pessoas com Deficiência e da respectiva edição da Lei Federal nº 13.146, de 6 de julho de 2015, com sensíveis mudanças e efetivação de políticas públicas em diversas áreas, inclusive na educação (Macedo; Barcellos, 2021).

Este estudo teórico se propõe, pois, em uma revisão bibliográfica, a analisar as principais barreiras ainda visualizadas e as estratégias de adaptação identificadas na literatura sobre a inclusão de pessoas com deficiência no espectro de atuação do licenciado em Educação Física. A análise dos dados teóricos foi realizada por meio de técnicas de análise de conteúdo, permitindo a identificação de padrões e categorias relevantes para a discussão.

Segundo o Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146/2015), barreiras, as quais podem ser classificadas como urbanísticas, arquitetônicas, nos transportes, nas comunicações e na informação, atitudinais e tecnológicas, são:

> qualquer entrave, obstáculo, atitude ou comportamento que limite ou impeça a participação social da pessoa, bem como o gozo, a fruição e o exercício de seus direitos à acessibilidade, à liberdade de movimento e de expressão, à comunicação, ao acesso à informação, à compreensão, à circulação com segurança, entre outros (...) (BRASIL, 2015).

As barreiras enfrentadas por pessoas com deficiência na prática de atividades físicas foram amplamente discutidas na literatura, sendo categorizadas, basicamente, em três principais tipos: físicas, atitudinais e metodológicas (Silva, 2012; Marmeleira *et al*., 2018; Lima *et al*., 2023). No entanto, em estudo efetuado em 10 (dez) artigos publicados entre os anos de 2013 a 2023, consoante dispuseram Lima *et al*. (2023, p. 21), "a maior barreira encontrada foi a falta de conhecimento sobre o assunto."

Conquanto a falta de infraestrutura adequada seja amplamente citada como um obstáculo significativo, pois muitos ambientes de prática de atividade física, incluindo escolas e academias, não possuem instalações acessíveis, como rampas, sanitários adaptados e equipamentos específicos para pessoas com deficiência, o que limita a participação e a segurança dos indivíduos com deficiência nas atividades propostas, importa ressaltar que o desconhecimento acerca de como lidar com as situações se apresenta de modo mais significativo (Lima *et al*., 2023).

Preconceitos e atitudes negativas por parte de profissionais da sociedade em geral também são identificados como barreiras importantes. A falta de sensibilização e de conhecimento sobre as capacidades e necessidades das pessoas com deficiência resulta em exclusão e discriminação, impedindo a plena participação dessas pessoas nas atividades físicas (Batista; Cardoso, 2020).

Todavia, a carência de formação específica para lidar com as necessidades de pessoas com deficiência é a principal barreira destacada. Muitos profissionais de Educação Física relatam sentir-se despreparados, inclusive desde estudos mais antigos, para adaptar atividades e utilizar metodologias inclusivas, o que compromete a eficácia das práticas educativas e esportivas (Díaz, 2009).

Com efeito, diversas estratégias de adaptação são identificadas na literatura, demonstrando como os profissionais de Educação Física podem promover a inclusão de pessoas com deficiência. Nessa perspectiva, a personalização das atividades físicas de acordo com as capacidades e limitações dos indivíduos é fundamental. Exemplos incluem a modificação de regras de jogos, o uso de equipamentos adaptados e a criação de exercícios específicos que atendam às necessidades de cada pessoa (Pontes; Rodrigues; Rodrigues, 2021).

Dessarte, sobreleva-se essencial, contudo, a formação continuada e a capacitação específica dos profissionais de Educação Física, para que haja a efetiva implementação de práticas inclusivas que atendam às necessidades de pessoas com deficiência (Lara; Pinto, 2017).

Nesse aspecto, por iniciativa própria ou a partir de ofertas institucionais, faz-se imprescindível que os profissionais da área busquem capacitação, com foco na inclusão e acessibilidade, porquanto consubstanciam medidas fundamentação para a preparação dos educadores a superar barreiras que frequentemente dificultam a participação plena das pessoas com deficiência em atividades físicas. Além disso, campanhas de sensibilização e programas de conscientização dentro das escolas e comunidades são estratégias eficazes para mudar percepções e atitudes em relação às pessoas com deficiência, promovendo um ambiente educacional mais acolhedor e acessível (Carvalho, 2015).

Os resultados teóricos do estudo corroboram a literatura existente, que destaca a Educação Física como um meio valioso para a inclusão social e o desenvolvimento de habilidades sociais em pessoas com deficiência.

Considerações finais

A análise revela que, apesar das barreiras existentes, a adoção de estratégias de adaptação e a formação adequada dos profissionais podem melhorar significativamente a inclusão.

Recomenda-se, portanto, a implementação de políticas públicas que priorizem a formação e a conscientização dos profissionais da Educação Física sobre as minúcias necessárias à acessibilidade e inclusão da pessoa com deficiência.

Conforme visualizado, subjazem como palavras de ordem para o enfrentamento da temática abordada a formação continuada e a capacitação específica dos profissionais da Educação Física, para que possam atuar a contento, no sentido de efetivar o mister educativo de maneira inclusiva e pondo fim às barreiras ainda existentes, sobretudo aquelas de natureza metodológica.

Em última análise, a Educação Física inclusiva não só promove a saúde e a integração social, mas também contribui para a construção de uma sociedade mais justa e equitativa.

Referências

BATISTA, L. A.; CARDOSO, M. D. de O. **Educação inclusiva**: desafios e percepções na contemporaneidade. Revista Educação Pública, v. 20, nº 44, 17 de novembro de 2020.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, DF, 7.7.2015.

CARVALHO, J. B. dos S. **A importância da formação de professores na escola inclusiva**: estudo de caso da escola classe nº 64 de Ceilândia Sul-Brasília/DF. Monografia (Curso de Especialização em Desenvolvimento Humano, Educação e Inclusão Escolar – UnB/UAB), 2015.

DÍAZ, F. *et al*. **Educação inclusiva, deficiência e contexto social**: questões contemporâneas. Salvador: EDUFBA, 2009.

LARA, F. M.; PINTO, C. B. G. C. **A importância da educação física como forma inclusiva numa perspectiva docente**. Revista Universitas: Ciências da Saúde, Brasília, v. 15, n. 1, p. 67-74, jan./jun. 2017.

LIMA, A. C. de S. *et al*. **Dificuldades encontradas por pessoas com deficiência física cadeirantes na prática de exercício físico e no paradesporto**. 2023. Disponível em: <https://uniateneu.edu.br/wp-content/uploads/2023/09/dificuldades-encontradas-por-pessoas-com-deficiencia-fisica-cadeirantes-na-pratica-de-exercicio-fisico-e-no-paradesporto-1-24.pdf>. Acesso em: 31/07/2024.

MACEDO, P. E. V. B. de; BARCELLOS, D. S. F. de. **O regime jurídico da pessoa com deficiência**: uma análise sobre os tratados, sobre a Constituição, sobre a legislação e a jurisprudência. Revista Jurídica da Presidência, Brasília, v. 23, n. 129, Fev./Maio 2021, p. 199-219.

MARMELEIRA, J. F. F. *et al*. **Barreiras para a prática de atividade física em pessoas com deficiência visual**. Revista Brasileira de Ciências do Esporte, 2018;40(2):197-204.

PONTES, T. M.; RODRIGUES, M. A.; RODRIGUES, M. A. **Educação física inclusiva:** a informação é a chave para a inclusão. Revista Educação Pública, v. 21, nº 18, 18 de maio de 2021.

SILVA, C. S. da. **A educação física adaptada**: implicações curriculares e formação profissional. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

CAPÍTULO 9

PUBLICIDADE COMO CONDIÇÃO DE EFETIVIDADE DO PROCESSO

PROCEDURAL PUBLICITY AS A CONDITION FOR THE EFFECTIVENESS OF THE PROCESS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.09

Submetido em: 20/10/2025
Revisado em: 20/10/2025
Publicado em: 20/10/2025

Juliana Vasconcelos Maia Lemos
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Direito de Alagoas, Maceió-AL
http://lattes.cnpq.br/7957455062891871
Isaac Fernando Calaça dos Santos
Universidade Federal de Alagoas, Faculdade de Direito de Alagoas, Maceió-AL
http://lattes.cnpq.br/5233149196186882

Processo e a realização do Direito

O mundo do direito é integrado pelas relações jurídicas, direitos, deveres, pretensões, obrigações, ações, exceções e toda a gama de outras consequências jurídicas, como os poderes, ônus, atribuições e qualificações que envolvem o homem em suas relações intersubjetivas, isto é, o homem em confronto com outros homens (Mello, 2007, p. XXV).

E a vida humana em sociedade, em face dos entrechoques de interesses que inevitavelmente ocorrem, deve ser ordenada pela comunidade, com o fim de tornar essas relações tão harmônicas quanto possível (Mello, 2007, p. 03).

Os diversos processos de adaptação social, entre eles o direito, são instrumentos de que se vale a comunidade para agir sobre o homem, instilando em sua personalidade os valores, as concepções e os sentimentos que integram e representam a própria cultura

da sociedade em que se encontra inserido (Mello, 2007, p. 03-04).

É de se dizer, entretanto, que resta no homem uma tendência de fazer prevalecer seus interesses quando em conflito com os outros homens, mesmo porque lhe resta, malgrado todo o arcabouço social disposto a moldá-lo, o livre-arbítrio, a possibilidade de escolher como comportar-se (Mello, 2007, p. 04).

Assim, aceita-se, amiúde, a imposição do jugo social da adaptação como necessária à vida em sociedade, o que não elimina, certamente, a possibilidade de recusa e reação do homem aos padrões que lhe são impostos.

Disso decorre a necessidade de a comunidade estabelecer normas de conduta que tenham caráter obrigatório em decorrência do qual sua impositividade ao homem seja incondicional e independente da adesão das pessoas. Essas regras constituem as normas jurídicas que, no seu conjunto, consubstanciam o direito da comunidade em que elas são vigentes.

A comunidade jurídica personaliza a motivação da norma jurídica e atua ao mesmo tempo como destinatária final do processo de adaptação social instrumentalizado pelo direito. Deve ser encarada como um coletivo de indivíduos orientados pela mesma ordem normativa, organizada, determinada e aferida em sua dinâmica por um projeto social global que, em um processo circular, busca fundamento em uma dada sociedade, considerada *hic et nunc*, e nas condutas reciprocamente determinadas dos sujeitos que a compõem, passando a fundar uma comunidade em que o traço comum que lhe torna comunidade é o pertencimento à ordem por ela criada. Decorre daí o fato de que a comunidade realiza o direito, utilizando-se para tanto de ferramentas como o processo.

O fato é que um sistema jurídico de atribuição de bens e regulamentador da convivência entre as pessoas não pode por si só ordenar de forma completa a convivência social. Entre as pessoas podem surgir conflitos decorrentes de situações em que uma pessoa, pretendendo um bem, não pode obtê-lo para si, seja por resistência de outra pessoa, seja por impossibilidade jurídica. Essas situações geram insatisfação, que é fator de desagregação social (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2007, p. 26).

As bases do direito processual, como fenômeno, se assentam na sucessão cronológica de métodos e técnicas para a eliminação dos conflitos causados pela insatisfação, desde as soluções em que as próprias partes envolvidas, na medida de suas forças, obtêm o que desejam, até as soluções em que uma terceira parte, imparcial, é chamada a resolver o conflito. É possível divisar, portanto, fases de autotutela, de autocomposição, de arbitragem facultativa e de arbitragem compulsória nessa evolução.

Esta última exercida, sob o paradigma do Estado Democrático de Direito, pelo Poder Judiciário, através da jurisdição. Nesse sentido, a jurisdição é o poder ou atividade estatal de examinar as pretensões conflitantes e dizer o direito para o caso, pacificando os conflitos (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2007, p. 29).[1]

Seja ao legislar ou ao realizar atos de jurisdição o Estado exerce o seu poder. E assim como a jurisdição desempenha uma função instrumental perante a ordem jurídica substancial (para que ela se imponha nos casos concretos), assim também toda atividade jurídica exercida pelo Estado visa a um objetivo maior, que é a pacificação social. É antes de tudo para evitar ou eliminar conflitos entre pessoas que o Estado legisla, julga e executa, dando ao processo a feição de instrumento pacificador (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 43).

Nesse sentido, é possível ver dois aspectos principais da instrumentalidade do processo: de um lado ele serve imediatamente à Justiça, determinando o modo legítimo de exercício do poder jurisdicional estatal; de outro lado, o processo é instrumento do próprio Estado como ente político no exercício da função de pacificação social.

"O processo é uma realidade desse mundo social, legitimada por três ordens de objetivos que através dele e mediante o exercício da jurisdição o Estado persegue: sociais, políticos e jurídico". A consciência dos objetivos da jurisdição e sobretudo do seu objetivo social maior, a pacificação social, constitui fator importante para a compreensão da instrumentalidade do processo. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 43).

Em tempos recentes presencia-se o retorno da importância do procedimento como instituto processual de primeira importância, após o florescimento da relação jurídica no século XIX, como ideia de que o processo não se resumiria ao mero encadeamento de atos coordenados entre a demanda e a sentença (Dinamarco, 2005, p. 153).

Breve análise dos fundamentos principiológicos do processo

No Brasil, pode-se afirmar que o procedimento é a própria garantia de legalidade e legitimidade do exercício do poder. A lei traça o modelo dos atos processuais, oferecendo a todos a garantia, ao disciplinar o exercício do poder, de que cada procedimento realizado em concreto terá conformidade com o modelo estabelecido com

[1] No mesmo sentido Dantas (2007, passim) que, com base em Podetti e Pacheco, atesta que a jurisdição se manifesta como o poder do Estado de proceder, autoritativamente, à resolução de conflitos, por iniciativa das partes ou de ofício, utilizando como ferramentas a ação e o processo. A jurisdição, para além da mera aplicação de leis, é atividade de realização do direito.

antecedência e que desvios ou omissões em relação a esse modelo representam verdadeira violação do princípio do devido processo legal. Não se admite no estado de direito a atuação da lei por meio de atividades baseadas no arbítrio (Dinamarco, 2005, p. 154).

Isso não significa que o devido processo legal se resolva na mera legalidade; o que importa é a estrutura de oportunidades e de respeito a faculdades e poderes processuais que a Constituição e a lei impõem ao andamento do processo. (Dinamarco, 2005, p. 154).

Assoma o devido processo legal, que é "o conjunto de garantias constitucionais que, de um lado, asseguram às partes o exercício de suas faculdades e poderes processuais e, do outro, são indispensáveis ao correto exercício da jurisdição". (Grinover apud Dinamarco, 2005, p. 155).

Esse princípio é uma garantia de justiça e consiste no direito ao processo, ou seja, ao serviço jurisdicional corretamente prestado e às oportunidades que o conjunto de normas processuais-constitucionais oferece para a defesa judicial de direitos e interesses.

Isso não significa, entretanto, apego exagerado às formas. O que existe em nosso direito é uma liberdade de formas atribuída ao juiz, balizada por parâmetros razoavelmente definidos e mediante certas garantias fundamentais. (Dinamarco, 2005, p. 155).

A liberdade das formas, permitindo ao juiz inovar atuar de modo mais ativo no processo permite às garantias processuais um incremento no exercício, como no caso do contraditório. O aumento da participação do juiz no processo permite, por exemplo, dar ao contraditório uma dimensão jamais obtida na prática: as citações e intimação podem ser feitas de modo simplificado e sem rigorosas exigências formais, mas em cada caso o juiz apreciará se cumpriram sua finalidade de comunicação processual, com eficácia, garantindo o contraditório. Às partes serão dadas iguais oportunidades, garantindo que a luta entre elas se dê em paridade de armas. (Dinamarco, 2005, p. 156).

O juiz é um agente político do Estado e da própria democracia indireta e por esse motivo deve ter liberdade para agir segundo critérios mínimos de constitucionais e de forma, ainda que deve ter sempre em mente, até como fator de segurança para as partes, é a substancial exigência de preservação das garantias fundamentais do contraditório, igualdade, inafastabilidade do controle jurisdicional e do devido processo legal, bem como da necessária publicidade e fiscalização pelo povo.

Cada ato do procedimento deve ser conforme a lei , não por estar descrito nela, mas porque tem uma função a cumprir. O respeito às garantias fundamentais muitas vezes

exige que a obediência às formas colocadas estritamente seja deixada de lado em um compromisso para a obtenção de um resultado útil e em tempo adequado. (Dinamarco, 2005, p. 156-158).

Por um lado, o procedimento exercido de forma regular é fator legitimante do exercício do poder e por outro ele mesmo recebe legitimidade do modo como disciplina esse exercício, ou seja, da medida em que o dimensiona segundo as garantias constitucionais e favorece a efetiva participação dos interessados. (Dinamarco, 2005, p. 159).

A ideia de legitimação pelo procedimento é vitoriosa na doutrina hoje pelo que ela tem de expressivo quando observada desde a inserção do sistema processual na ordem constitucional e da sua aceitabilidade social. Seria arbitrário o poder exercido sem a participação dos próprios interessados diretos no resultado do processo. (Dinamarco, 2005, p. 159).

Satta (2010, p. 25-26), tratando da essência do processo, de partes, terceiros e interesses afirma o que segue:

> O processo, qualquer processo, em uma análise externa, apresenta-nos um autor, um demandado, um acusado, um ofendido, um lesado; e, se desejar, um acusador: todos esses certamente são partes, mas não são as únicas partes. Todos são atores (é a precisa palavra), as *dramatis personae*. Além desses, todos sabem que existe uma multiplicidade de sujeitos aos quais o processo favorece ou prejudica, e que somente de um ponto de vista meramente formal não podem ser chamados de partes.
>
> [...] Carnelutti também aqui possui uma intuição luminosa quando diz que o princípio da publicidade do debate se realiza somente enquanto se reconheça que o público possui direito de assistir ao processo na qualidade de parte, e, precisamente, enquanto parte, é proibido de manifestar opiniões e sentimentos, tomar um posicionamento a ponto de intimidar ou provocar. Se o público fosse terceiro, ou seja, estranho ao conflito de interesses que explode no delito, tudo isso evidentemente seria supérfluo (Carnelutti, 1949, p. 125). Como parte, pressiona a sutil barreira de madeira que o separa do juiz: se consegue superá-la materialmente, será o linchamento; se consegue superá-la espiritualmente, será a parte que julgará e não o juiz, ou seja, não se terá julgamento.

Ou seja, desde que o povo foi alijado do poder de fazer justiça diretamente, entregue ao Judiciário, tornou-se essencial a prestação de contas por meio da publicidade, isto é, o povo assumiu o papel de parte, em sentido amplo, tendo interesse direto no desenvolvimento regular dos processos e direito de neles participar. Há interesse público em que cada detalhe do desenrolar processual possa ser acompanhado, auditado, escrutinado, aplaudido ou repudiado.

Essa participação é postulado de democracia e o processo é em si mesmo democrático e, portanto, participativo, sob pena de não ser legítimo. (Dinamarco, 2005, p. 159-160).

Esse modo de ver o processo enseja a conclusão de que o processo é todo procedimento realizado em contraditório, abrindo o conceito para a inclusão dos campos da jurisdição voluntária e da própria administração ou mesmo para fora da área estatal. (Dinamarco, 2005, p. 160).

Para Dinamarco (2005, p. 161-162),

> Nem todo procedimento é processo, mesmo tratando-se de procedimento estatal e ainda que de algum modo possa envolver interesses de pessoas. O critério para a conceituação é a presença do contraditório. Por outro lado, a exigência do contraditório constitui consequência de tratar-se de procedimentos celebrados em preparação a algum provimento, qualquer que seja a natureza deste; provimento é ato de poder, imperativo por natureza e destinação, donde necessária a legitimação mediante o procedimento participativo. Não se compatibiliza com o espírito do Estado-de-direito democrático a imposição de provimentos sem prévia preparação mediante um procedimento e sem que o procedimento preparado se desenvolva em contraditório; ou seja, não se compatibiliza com ele a emissão de provimentos sem a realização do processo adequado. Onde o exercício do poder não conduz a decisões que sob forma de provimentos interfiram na esfera jurídica de pessoas, a ordem social e política tolera os procedimentos sem contraditório.

O procedimento é o lado visível do processo, na experiência empírica, e a sua adequação ao modelo procedimental traçado em lei é, em última análise, a observância do contraditório.

A partir dessa visão do processo como entidade complexa (procedimento e contraditório) é possível perceber que ele inclui toda uma técnica, indispensável á participação dos sujeitos em conflito. A participação ativa, em si mesma, é o contraditório. (Dinamarco, 2005, p. 162-163).

Dizer apenas que os sujeitos precisam participar, ou pelo menos ter oportunidade de fazê-lo, é permanecer no limiar do sistema processual, sem penetrar na sua dogmática e nas técnicas de que ela se vale, pois a efetivação da exigência política do contraditório, no procedimento, dá-se pela outorga de situações jurídicas aos litigantes (ativas, que lhes permitem a defesa de seus interesses diretamente e situações jurídicas passivas, que lhes exigem a realização de atos ou impõem abstenções ou sujeição à eficácia de atos alheios). São, em suma, o substrato jurídico das regras do embate segundo o procedimento. E o conjunto dessas situações jurídicas processuais ativas e passivas (poderes, faculdades, deveres, ônus, sujeição) traduz-se num complexo e dinâmico vínculo entre os sujeitos do

processo, definido como relação jurídica processual". (Dinamarco, 2005, p. 163).

O princípio do contraditório também indica a atuação de uma garantia fundamental de justiça, traduzida no brocardo romano *audiatur et altera pars*, o princípio da audiência bilateral. Ele é tão intimamente ligado ao exercício do poder que a doutrina moderna o considera inerente mesmo à própria noção de processo.

Em todo processo contencioso há pelo menos duas partes: autor e réu. O autor instaura a relação processual, invocando a tutela jurisdicional, mas a relação processual só se completa e se põe em condições de preparar o provimento judicial com o chamamento do réu a juízo.

O juiz, por força do seu dever, se coloca entre as partes e ouvindo uma não pode deixar de ouvir a outra, por imperativo de imparcialidade.

No Brasil, a Constituição de 1988 previu contraditório e ampla defesa em um só dispositivo, aplicável expressamente aos litigantes, em qualquer processo, judicial ou administrativo, e aos acusados em geral, no artigo 5º, inc. LV.

Decorre de tais princípios a necessidade de que se dê ciência a cada litigante de todos os atos praticados pelo juiz e pelo adversário. Somente conhecendo-os poderá efetivar o contraditório. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 57-58).

Em síntese, o contraditório é constituído por dois elementos, que permitem sua realização dialética: o conhecimento e a reação (mesmo que apenas em caráter potencial, como nos casos de direitos disponíveis). E não admite exceções, uma vez que mesmo no caso de provimentos liminares o provimento definitivo só vem depois de facultado à parte adversária a oportunidade de reagir. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 59).

Assim é que a teoria da relação processual de Bülow, como teoria da natureza do processo, desfruta dos favores da doutrina, e ganha novos contornos.

Bülow acertadamente afirmou que o processo não se reduz a mero procedimento, mero regulamento das formas e ordem dos atos do juiz e partes, ou mera sucessão de atos.

É inegável que Estado e as partes estão, no processo, interligados por uma série de e liames jurídicos, sendo titulares de situações jurídicas. Através da relação jurídica, o direito regula não só os conflitos de interesse entre as pessoas, mas também a cooperação que estas devem desenvolver em benefício de determinado objetivo comum. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 290).

O processo, entretanto, é fenômeno complexo e não se pode dizer que a relação processual seja o próprio processo. Também não se pode dizer que o procedimento o seja. O processo é, como já dito, síntese dos fatos e atos que se sucedem no procedimento,

desde a petição inicial até o provimento final. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 292).

Em tempos recentes, como citado por Cintra, Grinover e Dinamarco (2005, p. 293), Elio Fazzalari repudiou a inserção da relação jurídica processual no conceito do processo, preferindo o conceito de "módulo processual", representado pelo procedimento realizado em contraditório e propõe que no lugar daquela, se passe a considerar como elemento do processo essa abertura à participação.

É lícito dizer, portanto, que o processo é o procedimento realizado mediante o desenvolvimento da relação entre seus sujeitos, presente o contraditório. Ao garantir a observância do contraditório a todos os "litigantes em processo judicial ou administrativo, e aos acusados em geral", a Constituição Federal brasileira (art. 5º, LV) formula a solene exigência política de que a preparação de sentenças e demais provimentos estatais se faça mediante o desenvolvimento da relação jurídica processual.

E a observância do procedimento em contraditório constitui fator de legitimação do ato imperativo proferido ao final pelo juiz, já que juiz não decide sobre negócios seus, mas em substituição de outrem, valendo-se do poder estatal e não da autonomia da vontade, é compreensível a exigência da legalidade no processo, para que o material preparatório do julgamento final seja recolhido e elaborado segundo regras conhecidas de todos. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 293-294).

Por outro lado, só tem sentido essa preocupação pela legalidade na medida em que a observância do procedimento constitua meio para a efetividade do contraditório no processo. É assegurado às partes os caminhos para participar e meios de exigir a devida participação do juiz em diálogo que o procedimento estabelecido em lei recebe sua própria legitimidade e, ao ser devidamente observado, imprima no provimento final a legitimidade de que ele necessita. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 294).

Publicidade como princípio processual e condição de efetividade do processo

De modo semelhante, o princípio da publicidade do processo constitui garantia do indivíduo no tocante ao exercício da jurisdição. A presença do público nas audiências (CF/88, art. 93, IX, e Código de Processo Civil, art. 155) e a possibilidade de exame dos autos por qualquer pessoa representam instrumento seguro de fiscalização popular sobre a obra dos magistrados, promotores públicos e advogados. E a responsabilidade das

decisões judiciais assume outra dimensão quando tais decisões são tomadas em audiência pública, na presença do povo. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 70).

Foi marcante a reação popular durante a Revolução Francesa contra os juízos secretos e de caráter inquisitivo do período histórico imediatamente anterior, tendo se tornado famosas as palavras de Mirabeau perante a Assembleia Constituinte, quando afirmou que pouco importa o juiz a julgar, podendo ser ele parcial, corrupto, ou mesmo inimigo declarado de quem está sendo julgado, porque esse julgador nada poderia diante do público. O sistema da publicidade dos atos processuais, portanto, é uma das maiores garantias de independência, imparcialidade, autoridade e responsabilidade do juiz. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 71).

Ao lado dessa publicidade, que também se denomina popular, outro sistema existe (chamado de publicidade para as partes ou publicidade restrita), pelo qual os atos processuais são públicos só com relação às partes e seus defensores, ou a um número reduzido de pessoas. Com isso, garantem-se os indivíduos contra os males dos juízos secretos, mas evitando alguns excessos como o mau uso das informações a que vamos nos referir logo mais. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 71).

Ou seja: são pelo menos duas as ordens de publicidade: a interna, em que se garante às partes diretamente envolvidas o contraditório e a ampla defesa, através do conhecimento e oportunidade de manifestação sobre todos os atos, de todos os atores processuais, e a ordem externa, que diz respeito ao conhecimento das pessoas do povo de que os atos processuais se desenrolam dentro das balizas preconizadas. Nas palavras de Almada (2005, p. 50),

> [...] numa democracia a atividade dos órgãos públicos funda-se no conceito de soberania, isso implicando contínua necessidade de resgate pelo povo da titularidade do poder, através da ciência e da aprovação de tudo aquilo que se realiza em seu nome.

A Declaração Universal dos Direitos do Homem, solenemente proclamada pelas Nações Unidas em 1948, garante a publicidade popular dos juízos (artigo 10) e a ordem jurídica brasileira outorga a esse princípio o *status* constitucional, dispondo que

> [...] todos os julgamentos dos órgãos do Poder Judiciário serão públicos, e fundamentadas todas as decisões, sob pena de nulidade, podendo a lei limitar a presença, em determinados atos, às próprias partes e a seus advogados, ou somente a estes, em casos nos quais a preservação do direito à intimidade do interessado no sigilo não prejudique o interesse público à informação" (CF/88, art. 93, inc. IX, com redação dada pela EC n. 45/04).

Antes da Constituição Federal de 1988, o princípio da publicidade só era afirmado claramente em nível infraconstitucional (CPC art. 155; CPP, art. 792; CLT, art. 770).

O Código de Processo Civil vigente, entretanto, dá margem a interpretação restritiva do direito das partes e seus procuradores de consultar os autos de que não participam. O terceiro só tem direito a certidões do dispositivo da sentença e de inventário e partilhas resultantes de separação judicial ou divórcio; e somente o tem quando amparado por interesse jurídico (art. 155, § único). O Código de Processo Civil de 1939 não continha tal restrição (arts. 5º e 19), e ela foi retomada, como publicidade restrita, no novo código.

Daí a necessidade de se reavaliar sua eficácia em face da norma constitucional superveniente que somente admite a limitação da publicidade às partes ou aos seus procuradores, quando o interesse público o exigir (CF/88, art. 5º, LX). (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 71-72).

Para Almada (2005, p. 68), no plano infraconstitucional, o art. 155 do CPC contempla a garantia de publicidade de modo programático, sendo claro que a interpretação do seu parágrafo único deve ser no sentido de que a restrição da obtenção de certidões e direito de consulta aos autos só se aplica aos processos em segredo de justiça.

Em verdade, a redação desse artigo é lacônica quando trata da publicidade dos atos do processo, sem sequer sugerir de que modo ela deve se dar. A regra só adquire concretude e especificidade em seu parágrafo único, quando intenta restringir a transparência determinada em seu *caput*.

É preciso, portanto, reconhecer que as regras infraconstitucionais atualmente dedicadas à garantia da publicidade não mais se mostram aptas a regular com precisão essa garantia, devendo ser modernizado seu texto ou sua interpretação e aplicação, com vistas à evolução do instituto. (Almada, 2005, p. 69).

A regra geral da publicidade dos atos processuais encontra exceção nos casos em que o decoro ou o interesse social aconselhem que eles não sejam divulgados. É o que dispõe o artigo 155, incs. I e II, do Código de Processo Civil, bem como os arts. 483 e 792, § 1º, do Código de Processo Penal. Também nesses casos adota-se a publicidade restrita, em plena consonância com o inc. IX do art. 93 e até com expressa autorização concedida no art. 5º, inc. LX da CF/88. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 72).

Deve-se tomar especial cuidado, entretanto, com o outro extremo dessa questão –

a exasperação do princípio da publicidade –, uma vez que os modernos canais de comunicação de massa podem representar um perigo tão grande como o próprio segredo. Os personagens do processo se veem submetidos a excessos de publicidade que infringem seu direito à intimidade, além de conduzirem à distorção do próprio funcionamento da Justiça, através da pressão imposta. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 72).

> [A] publicidade, como garantia política – cuja finalidade é o controle da opinião pública nos serviços da justiça – não pode ser confundida com o sensacionalismo que afronta a dignidade humana. Cabe à técnica legislativa encontrar o justo equilíbrio e dar ao problema a solução mais consentânea em face da experiência e dos costumes de cada povo. (Cintra; Grinover; Dinamarco, 2005, p. 72).

Para Almada (2005, p. 154), é na justificação democrática do poder político que se identifica, no Estado Democrático de Direito, o paradigma de legitimidade de todas as ações da Administração Pública. Enquanto o contraditório busca satisfazer a exigência de democracia processual para as partes, cabe à publicidade atender a essas mesmas exigências no plano geral, no interesse da sociedade.

A legitimação do processo civil é obtida pelos mecanismos populares de fiscalização e de controle da democracia participativa, cujo exercício há sempre de pressupor a obediência ao padrão mínimo que se exige na revelação transparente e socialmente compartilhada dos atos jurisdicionais. (Almada, 2005, p. 154).

A nulidade absoluta decorrente do desrespeito à publicidade dos atos não surge, portanto, da quebra das expectativas das partes, mas da subversão do modelo de democracia popular e participativa, que a publicidade se ocupa de inserir no espírito do processo civil. (Almada, 2005, p. 154).

De fato, Almada (2005, p. 49) afirma que o exercício do poder público de caráter democrático deve e fundar em premissas de validade que lhe possam sustentar, sob risco de perder legitimação e não ser mais do que usurpação da soberania popular.

A garantia da publicidade teria o papel, portanto, de revelar aos jurisdicionados, e ao povo em geral, a legitimidade e o bom andamento dos atos estatais jurisdicionais. A publicidade serviria como garantia destinada a atestar o respeito do Estado às garantias inerentes ao processo.

Quando, por exemplo, o procedimento padrão perdeu seu caráter predominantemente oral, e os atos deixaram de ser concentrados em audiência, seus termos passaram a assumir a forma de documentos escritos e protocolizados nos autos, sendo a sentença proferida nos gabinetes, à distância das partes e do público. Seria

necessário então, que fosse garantido o acesso dos interessados aos autos, para manuseio e obtenção de certidões.

O caráter público do processo, portanto, nos casos em que é dispensada a audiência ou a concentração dos atos, necessita de outros mecanismos de efetivação, tendentes a permitir maior acesso do público aos atos forenses. É preciso mudar a prática usual dos cartórios judiciários, que, frequentemente, por questões culturais que não se ajustam aos ideais modernos de democracia, [2] recusam o acesso de pessoas comuns (estudantes e pesquisadores, por exemplo), que não sejam partes, aos autos. (Almada, 2005, p. 67).

A alternativa poderia ser o uso das modernas tecnologias de informação e comunicação para mudar as atitudes com relação à publicização dos atos processuais. De fato, Lima, no ano de 2003, registrou a expectativa de que desenvolvimento da tecnologia da informação, a publicidade processual atingiria patamares universais e qualquer pessoa em qualquer lugar do mundo, por exemplo, poderia acompanhar uma determinada audiência judicial, desde que tenha acesso à Internet.

Com isso em vista, tem-se que o processo virtual deve garantir a comunicação eficiente e estável dos atos processuais, com o menor risco de interrupção possível, diminuindo as possibilidades de cerceamento de defesa.

Idealmente, o processo virtual leva vantagem sobre o processo em papel, uma vez que estaria disponível a todo tempo através da Internet, permitindo o conhecimento e acesso das partes aos autos e movimentações, bem como permitindo que os atores agissem em horário estendido, que não é contingenciado pela realidade física dos órgãos judiciários.

Quanto às comunicações processuais, ter-se-ia no processo eletrônico maior agilidade, sem, contudo, se descuidar da necessidade de realização da comunicação por via tradicional (correio, oficial de justiça) quando não fosse possível a eletrônica.

Com processo eletrônico, o princípio da publicidade se refere à ampliação da

[2] Há aí o resquício da cultura de segredo de Estado, apresentada ligeiramente por Foucault (2008, p. 367), ao tratar dos métodos de expressão da razão de Estado. O fato é que "o saber que o Estado tem de constituir de si mesmo e a partir de si mesmo, esse saber correria o risco de perder certo número dos seus efeitos e não ter as consequências esperadas se, no fundo, todo o mundo soubesse o que acontece. Em particular, os inimigos do Estado não devem saber quais são os recursos reais de que este dispõe em homens, em riquezas, etc. Logo, necessidade do segredo. Necessidade, por conseguinte, de pesquisas que sejam de certo modo coextensivas ao exercício de uma administração, mas também necessidade de codificação precisa do que pode ser publicado e do que não deve sê-lo. As estatísticas, em particular, foram por muito tempo consideradas segredos que não se devia divulgar".

publicidade do processo tendo em vista que os sistemas processuais informáticos disponibilizam, potencialmente, na própria rede do órgão judicial responsável, a íntegra dos autos processuais, permitindo, em tese, a consulta pública irrestrita, sem necessidade de deslocamento físico, enquanto no paradigma do processo-papel a publicidade é restrita ao ambiente físico onde o processo se encontra (cartório, gabinete, escritório de advogado).

A realidade atual, entretanto, não se mostra exatamente como a previsão, menos por falta de tecnologia do que pelo modo como se desenvolveram as iniciativas de modernização e virtualização da justiça. Uma das justificativas, bastante plausível, é a de que a alta disponibilidade de informações de caráter pessoal, como as que contém um processo judicial, na Internet representaria perigo para a privacidade das pessoas, permitindo a obtenção e cruzamento de dados para fins potencialmente ilícitos.

Referências

ALMADA, Roberto José Ferreira de. **A garantia processual da publicidade.** São Paulo: Revista Dos Tribunais, 2005.

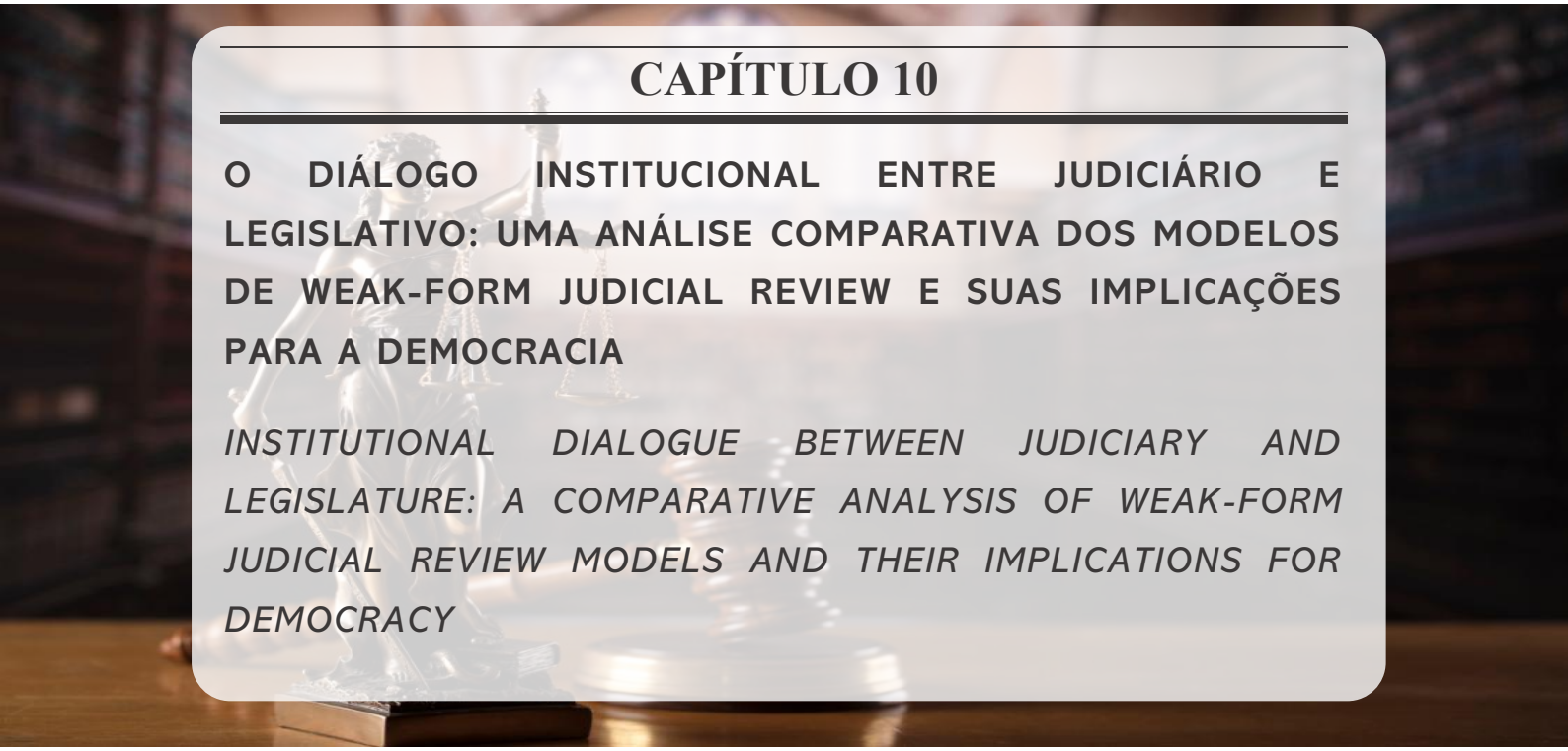
CINTRA, Antonio Carlos de Araújo; GRINOVER, Ada Pellegrini; DINAMARCO, Cândido Rangel. **Teoria geral do processo.** 23. ed. São Paulo: Malheiros, 2007.

DANTAS, Francisco Wildo Lacerda. **Teoria geral do processo**. 2. ed. São Paulo: Método, 2007.

FOUCAULT, Michel. **Segurança, território, população:** curso dado no Collège de France (1977-1978). São Paulo: Martins Fontes, 2008.

MELLO, Marcos Bernardes de. **Teoria do fato jurídico:** plano da existência. 13. ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

SATTA, Salvatore. O mistério do processo. **Sequência,** Florianópolis, v. 31, n. 60, p.11-28, jul. 2010. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/16491>. Acesso em: 01 de out. 2025.



CAPÍTULO 10

O DIÁLOGO INSTITUCIONAL ENTRE JUDICIÁRIO E LEGISLATIVO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DOS MODELOS DE WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A DEMOCRACIA

INSTITUTIONAL DIALOGUE BETWEEN JUDICIARY AND LEGISLATURE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW MODELS AND THEIR IMPLICATIONS FOR DEMOCRACY

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.10

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Resumo

Este artigo explora o conceito de diálogo institucional democrático entre o Poder Judiciário e o Poder Legislativo, contrastando-o com os modelos tradicionais de strong-form judicial review e soberania parlamentar. Centrando-se nos arranjos de weak-form judicial review desenvolvidos no Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido, a pesquisa analisa como esses sistemas buscam equilibrar a proteção de direitos fundamentais com o princípio democrático. Discute os mecanismos específicos de cada modelo, como a cláusula notwithstanding e a declaração de incompatibilidade, e examina as críticas e benefícios associados à teoria do diálogo. O objetivo é demonstrar como a interação argumentativa pode fortalecer a legitimidade da jurisdição constitucional e aprimorar a deliberação sobre direitos constitucionais, oferecendo uma perspectiva inovadora para a resolução de tensões contramajoritárias, ao invés de meras imposições de um poder sobre o outro.

Palavras-chave: Diálogo Institucional; Weak-Form Judicial Review; Soberania Parlamentar; Legitimidade Democrática; Direitos Fundamentais.

Abstract

This article explores the concept of democratic institutional dialogue between the Judiciary and the Legislature, contrasting it with traditional models of strong-form judicial review and parliamentary sovereignty. Focusing on weak-form judicial review arrangements developed in Canada, New Zealand, and the United Kingdom, the research analyzes how these systems seek to balance the protection of fundamental rights with the democratic principle. It discusses specific mechanisms of each model, such as the notwithstanding clause and the declaration of incompatibility, and examines the criticisms and benefits associated with dialogue theory. The objective is to demonstrate how argumentative interaction can strengthen the legitimacy of constitutional jurisdiction and enhance deliberation on constitutional rights, offering an innovative perspective for resolving counter-majoritarian tensions, rather than mere impositions of one branch over another.

Keywords: Institutional Dialogue; Weak-Form Judicial Review; Parliamentary Sovereignty; Democratic Legitimacy; Fundamental Rights.

Introdução

O cenário constitucional contemporâneo é perpassado por uma persistente busca por O cenário constitucional contemporâneo é perpassado por uma persistente busca por um equilíbrio entre a salvaguarda dos direitos fundamentais e a observância do princípio democrático. Essa tensão, frequentemente explorada no âmbito do controle de constitucionalidade, historicamente se manifestou em dois grandes polos: a *judicial review of legislation*, ou soberania judicial, que confere ao Judiciário a prerrogativa da última palavra sobre a conformidade das leis com a Constituição, e a soberania parlamentar, que postula a supremacia do Legislativo como o intérprete derradeiro da vontade popular e, consequentemente, do direito. Enquanto o modelo norte-americano e suas vertentes austro-germânicas exemplificam a *strong-form judicial review*, o sistema tradicional britânico, por muitos séculos, encarnou a soberania parlamentar em sua forma mais pura (PASSOS, 2015, p. 8; PASSOS, 2019, p. 8). No entanto, a partir das últimas décadas do século XX, uma \"terceira via\" emergiu em países da *Commonwealth* – notadamente Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido – propondo arranjos de *weak-form judicial review*. Estes modelos buscam uma conciliação inovadora: concedem ao Judiciário poderes significativos para a proteção dos direitos, mas sem retirar do Parlamento a capacidade de resposta ou, em última instância, a prerrogativa da palavra final em questões constitucionais (PASSOS, 2015, p. 23; PASSOS, 2019, p. 23).

O presente artigo dedica-se a uma análise aprofundada da concepção e funcionalidade do diálogo institucional democrático, intrínseco aos modelos de *weak-*

form judicial review. A investigação contrastará esses arranjos com os modelos clássicos de *strong-form judicial review* e soberania parlamentar, explorando os mecanismos específicos que facilitam essa interação dialógica, as críticas a ela endereçadas e os benefícios potenciais para a legitimidade da jurisdição constitucional e a efetividade da proteção dos direitos fundamentais. Pretende-se demonstrar que o diálogo, compreendido como um processo contínuo de trocas argumentativas entre instituições, oferece um caminho promissor para superar a tensão contramajoritária, fomentando uma deliberação mais rica e qualificada sobre o sentido do direito constitucional, em vez de mera imposição de um poder sobre o outro. A metodologia empregada baseia-se na revisão bibliográfica das obras de autores chave como Mark Tushnet, Peter Hogg, Jeremy Waldron e Stephen Gardbaum, complementada pela análise das legislações e casos pertinentes dos países estudados, conforme referenciado no texto original.

Desenvolvimento

- **A Polarização Histórica na Jurisdição Constitucional**

A dicotomia entre a soberania judicial e a soberania parlamentar tem delineado grande parte do desenvolvimento da jurisdição constitucional. A soberania judicial, cujo marco fundador é o caso *Marbury v. Madison* (1803) nos Estados Unidos, atribuiu ao Judiciário o papel de intérprete supremo da Constituição, com o poder de anular leis consideradas inconstitucionais (PASSOS, 2015, p. 10; PASSOS, 2019, p. 10). Esse modelo, conhecido como *strong-form judicial review*, implica que as decisões judiciais em matéria constitucional são praticamente definitivas, com mecanismos de superação legislativa (como emendas constitucionais) sendo propositalmente complexos e de difícil concretização. A centralidade do Judiciário nessa concepção é vista como um baluarte contra maiorias passageiras e uma garantia da estabilidade constitucional, mas frequentemente criticada pelo seu déficit democrático.

Em contraposição, a soberania parlamentar, alicerçada na tradição constitucional britânica, preconiza a ilimitação jurídica do Poder Legislativo. Nesse modelo, o Parlamento detém a prerrogativa de criar e revogar qualquer lei, não havendo órgão externo com poder para censurar a validade de seus atos. A Constituição, quando escrita, não possui hierarquia superior que se imponha ao legislador, e o controle de constitucionalidade, se tanto, é de natureza política, exercido pelo próprio Parlamento. Essa abordagem enfatiza a legitimidade democrática do órgão eleito, mas é vulnerável à

crítica de fragilidade na proteção de direitos fundamentais, que podem ser suprimidos pela vontade de maiorias ocasionais (PASSOS, 2015, p. 16; PASSOS, 2019, p. 16).

A tensão entre essas duas abordagens é amplamente explorada no debate acadêmico. Jeremy Waldron, um proeminente crítico da *judicial review*, argumenta que a prerrogativa judicial de invalidar leis democráticas é antidemocrática, pois impõe a visão de juízes não eleitos sobre a vontade popular expressa no Legislativo. Para Waldron (2006, p. 1348, citado por PASSOS, 2015, p. 81; PASSOS, 2019, p. 81), a resolução de desacordos sobre direitos deve ocorrer na arena legislativa, que melhor reflete a igualdade política dos cidadãos. Ronald Dworkin, por outro lado, defende a *judicial review* como essencial para uma democracia que se pauta por princípios morais. Ele argumenta que os juízes, atuando como guardiões dos princípios constitucionais, protegem os direitos das minorias contra as pressões políticas a que os legisladores estão sujeitos (DWORKIN, 1995, p. 11, citado por PASSOS, 2015, p. 81; PASSOS, 2019, p. 81). Essa polarização tradicional entre Dworkin e Waldron ilustra a complexidade de equilibrar a autoridade judicial com a soberania popular.

- **A *Weak-Form Judicial Review* como Catalisador do Diálogo Institucional**

É nesse contexto de busca por um equilíbrio que se inserem os modelos de *weak-form judicial review*, que surgem como uma \"terceira via\" na *Commonwealth*. Esses sistemas buscam preservar a proteção judicial de direitos, ao mesmo tempo em que mantêm a capacidade de resposta legislativa, atenuando o caráter final das decisões judiciais. A principal característica é que a declaração judicial de inconstitucionalidade não é um veto absoluto, mas um convite ao diálogo, permitindo que o Legislativo possa, por meio de mecanismos específicos e com um custo político deliberado, reafirmar ou modificar sua posição (TUSHNET, 2003, citado por PASSOS, 2015, p. 24; PASSOS, 2019, p. 24).

O conceito de **diálogo institucional** é central para a compreensão da *weak-form judicial review*. Ele se refere a um processo de trocas argumentativas entre o Poder Judiciário e o Poder Legislativo, onde a decisão judicial, em vez de ser um ponto final, inicia uma nova rodada de deliberação (PASSOS, 2015, p. 74; PASSOS, 2019, p. 74). Essa dinâmica tem o potencial de aprimorar a qualidade da legislação, aumentar a legitimidade das decisões judiciais e fomentar uma cultura de respeito aos direitos fundamentais.

No **Canadá**, a *Canadian Charter of Rights and Freedoms* (CCORF) de 1982 institucionalizou um sistema de diálogo robusto. A **Seção 1** permite que as restrições a direitos sejam justificadas em uma sociedade livre e democrática, concedendo ao Legislativo a oportunidade de revalidar uma lei contestada, desde que apresente uma justificação plausível (PASSOS, 2015, p. 30; PASSOS, 2019, p. 30). Mais significativa é a **Seção 33**, a cláusula *notwithstanding*, que permite ao Parlamento declarar que uma lei operará \"não obstante\" sua inconsistência com certos direitos da Carta. Essa declaração tem um prazo de validade de cinco anos, após o qual deve ser renovada, forçando uma reapreciação e um debate político sobre a manutenção da restrição (PASSOS, 2015, p. 33; PASSOS, 2019, p. 33). O caso *Ford v. Quebec*, onde o Parlamento provincial utilizou a cláusula *notwithstanding* para revalidar uma lei de línguas que havia sido considerada inconstitucional pela Suprema Corte, e posteriormente a reformou após um período de reflexão e diálogo, ilustra o potencial desse mecanismo para um \"diálogo sequencial\" (HOGG; BUSHELL, 1997, p. 96-97, citado por PASSOS, 2015, p. 96-97; PASSOS, 2019, p. 96-97). A Suprema Corte canadense, ao adotar a \"*living tree doctrine*\" em sua interpretação constitucional, também contribuiu para um Judiciário mais ativo, mas sempre em um contexto de interação com o Legislativo (PASSOS, 2015, p. 37; PASSOS, 2019, p. 37).

A **Nova Zelândia**, por sua vez, implementou a *New Zealand's Bill of Rights Act* (NZBRA) em 1990, uma lei ordinária que, explicitamente, na **Seção 4**, impede os tribunais de revogar legislação por inconsistência. Contudo, a **Seção 6** impõe um \"mandado interpretativo\", exigindo que as leis sejam interpretadas, sempre que possível, de forma compatível com os direitos da NZBRA (PASSOS, 2015, p. 39; PASSOS, 2019, p. 39). Esse mecanismo indireto de controle, embora não anule a lei, força o Legislativo a uma \"autoconsciência\" sobre as implicações de suas normas para os direitos fundamentais. A **Seção 7** exige que o Procurador-Geral alerte o Parlamento sobre projetos de lei inconsistentes, promovendo uma discussão prévia e consciente (PASSOS, 2015, p. 43; PASSOS, 2019, p. 43). O modelo neozelandês, embora o mais próximo da soberania parlamentar dentro dos sistemas de *weak-form*, ainda assim cria um \"custo político\" para o Legislativo que decide agir em desfavor dos direitos.

No **Reino Unido**, o *Human Rights Act* (HRA) de 1998 incorporou a CEDH ao direito doméstico, permitindo que os tribunais se pronunciassem sobre a compatibilidade das leis com os direitos da Convenção. A **Seção 3** do HRA estabelece um mandado interpretativo similar ao neozelandês, orientando os tribunais a interpretar a legislação de

forma compatível com a Convenção \"tanto quanto possível\" (PASSOS, 2015, p. 46; PASSOS, 2019, p. 46). A inovação mais marcante é a **Seção 4**, que permite aos tribunais emitir uma \"declaração de incompatibilidade\" se uma interpretação conforme não for viável. Crucialmente, essa declaração não afeta a validade da lei, mantendo a soberania parlamentar, mas cria um poderoso incentivo para a resposta legislativa (PASSOS, 2015, p. 47; PASSOS, 2019, p. 47). A declaração de incompatibilidade aciona o mecanismo de \"ordem de reparação\" (*remedial order* - Seção 10), que permite a um Ministro propor alterações legislativas de forma acelerada, com posterior controle parlamentar. Esse arranjo distribui as funções de controle e reforma entre Judiciário, Executivo e Legislativo, gerando uma \"tensão\" produtiva que culmina em uma \"*judicial review* de faceta bipartida\" (PASSOS, 2015, p. 49; PASSOS, 2019, p. 49).

- **Benefícios e Limitações do Diálogo Institucional**

A principal virtude dos modelos de *weak-form judicial review* reside na sua capacidade de transformar o controle de constitucionalidade de um \"monólogo judicial\" em um diálogo institucional. Essa dinâmica atenua a crítica de Waldron, pois a decisão judicial não é um veto absoluto, mas um convite à deliberação legislativa, que pode ser respondida e, se for o caso, superada pelo Legislativo. Ao mesmo tempo, atende à preocupação de Dworkin com a proteção de direitos, pois a intervenção judicial força o debate e a consideração dos princípios constitucionais. O Judiciário, ao não ter a palavra final, é incentivado a produzir fundamentações mais robustas e persuasivas, buscando \"convencer\" o Legislativo em vez de apenas impor, o que enriquece a deliberação constitucional e a torna mais transparente (TUSHNET, 2008, p. 66, citado por PASSOS, 2015, p. 86; PASSOS, 2019, p. 86).

No entanto, o diálogo institucional também enfrenta críticas. Manfredi e Kelly (1999, p. 522, citado por PASSOS, 2015, p. 103; PASSOS, 2019, p. 103) questionam a genuinidade do diálogo quando o Legislativo simplesmente concorda com a Corte, sugerindo que o verdadeiro diálogo ocorreria na confrontação. O texto original contrapõe que a concordância, quando o Legislativo tem a opção de divergir, também é uma forma de diálogo, pois é uma escolha consciente que leva em conta os argumentos judiciais. Andrew Petter (2010, p. 155, citado por PASSOS, 2015, p. 104; PASSOS, 2019, p. 104) critica o otimismo com a teoria do diálogo, argumentando que ela falha em fornecer uma justificação moral suficiente para a *judicial review* e pode subestimar a extensão em que as decisões judiciais direcionam as políticas públicas. Petter também levanta

preocupações sobre a representatividade dos parlamentos, questionando se um diálogo entre instituições democráticas falhas pode produzir um resultado verdadeiramente democrático.

Uma limitação do próprio texto original, ao analisar esses modelos, é que, embora discuta as críticas, talvez pudesse aprofundar-se mais nos casos em que o diálogo falha ou é intencionalmente ignorado. A eficácia desses mecanismos depende significativamente da vontade política e da cultura institucional de cada país. Em contextos de forte polarização ou populismo, o \"custo político\" da superação judicial pode ser minimizado, e o Legislativo pode optar por não engajar no diálogo, reeditando a mesma lei ou ignorando as sugestões judiciais sem enfrentar consequências significativas. Essa fragilidade é um lembrete de que o desenho institucional, por si só, não garante a plena efetividade do diálogo, sendo crucial o compromisso dos atores políticos.

- **Implicações e o Contexto Brasileiro**

Os modelos de *weak-form judicial review* oferecem um aprendizado valioso para sistemas como o brasileiro, que o texto original classifica como \"super strong-form judicial review\" (PASSOS, 2015, p. 107; PASSOS, 2019, p. 107). A rigidez das cláusulas pétreas na Constituição brasileira, por exemplo, cria um cenário onde a palavra do Judiciário é, em certas matérias, absolutamente final, sem qualquer mecanismo de superação legislativa. Isso limita intrinsecamente as possibilidades de diálogo.

No entanto, o texto original aponta para \"traços de diálogo\" no Brasil, como o Art. 52, X, da Constituição Federal de 1988, que confere ao Senado a prerrogativa de suspender a execução de leis declaradas inconstitucionais pelo STF em controle difuso (PASSOS, 2015, p. 109; PASSOS, 2019, p. 109). Embora a jurisprudência do STF tenha esvaziado, em grande parte, o potencial dialógico desse dispositivo, a ideia de uma interação entre Judiciário e Legislativo permanece. A possibilidade de reedição de leis consideradas inconstitucionais pelo Legislativo, permitindo uma nova apreciação judicial (como no caso da ADI 3772-DF, que tratou da aposentadoria de professores), também representa um canal de diálogo. A Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 33/2011, embora criticada por suas falhas conceituais e por não promover um diálogo genuíno, demonstra a busca por mecanismos que atenuem a supremacia judicial no Brasil.

A compreensão dos modelos da *Commonwealth* pode, assim, inspirar reformas que busquem flexibilizar a rigidez do controle de constitucionalidade brasileiro, sem

comprometer a proteção dos direitos. A lição central é que um sistema constitucional saudável não depende da supremacia absoluta de um poder, mas da capacidade de interação, respeito mútuo e troca argumentativa entre eles. O diálogo institucional, embora desafiador e dependente de uma cultura política e jurídica propícia, é um caminho para fortalecer a legitimidade democrática do controle de constitucionalidade, tornando a proteção dos direitos uma responsabilidade compartilhada e continuamente debatida.

Conclusão

Os modelos de *weak-form judicial review* desenvolvidos no Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido representam uma evolução significativa no constitucionalismo contemporâneo, ao propor uma \"terceira via\" que harmoniza a proteção dos direitos fundamentais com o princípio democrático. Esses sistemas evitam os extremos da supremacia judicial e da soberania parlamentar, estabelecendo um cenário onde a decisão judicial não é final, mas serve como um convite ao diálogo institucional. Mecanismos como a cláusula *notwithstanding*, o mandado interpretativo e a declaração de incompatibilidade, embora distintos em suas formas, permitem que o Poder Judiciário insira argumentos jurídicos qualificados no debate constitucional, enquanto o Legislativo mantém a prerrogativa de, em última instância, decidir, mas sob o escrutínio judicial e o custo político de suas escolhas.

Essa dinâmica dialógica aprimora a legitimidade da *judicial review*, transformando-a de um ato impositivo em um processo interinstitucional de construção do sentido constitucional. As críticas à teoria do diálogo, embora pertinentes, não invalidam seu potencial de fomentar uma deliberação mais rica e transparente, na qual as razões para restrições ou expansões de direitos são explicitamente debatidas entre os representantes eleitos e os guardiões dos princípios constitucionais. A experiência da *Commonwealth* demonstra que um controle de constitucionalidade que incentiva a "conversação" entre Judiciário e Legislativo pode fortalecer a democracia, ao invés de enfraquecê-la.

Para sistemas como o brasileiro, que se inclinam para a \"super strong-form judicial review\", a análise desses modelos dialogais oferece importantes lições. Embora os desafios sejam consideráveis, a busca por mecanismos que permitam uma interação mais fluida entre os poderes é crucial para aprimorar a capacidade do Estado de proteger direitos de forma legitimada. O diálogo institucional, portanto, não é apenas uma metáfora, mas uma abordagem prática para a gestão da tensão contramajoritária, que, ao

convidar à colaboração e à troca argumentativa, contribui para uma democracia mais robusta e adaptável aos complexos desafios do século XXI.

Referências

DWORKIN, Ronald. Constitutionalism and Democracy. *European Journal of Philosophy*, v. 3, n. 1, p. 2–11, 1995.

DWORKIN, Ronald. *Freedom's law: the moral reading of the American Constitution*. Reprint ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2005.

GARDBAUM, S. *The New Commonwealth Model of Constitutionalism*. Rochester, NY: Social Science Research Network, 2002.

HOGG, P.; BUSHELL, A. The Charter Dialogue between Courts and Legislatures (Or Perhaps the Charter of Rights Isn't Such a Bad Thing after All). *Osgoode Hall Law Journal*, v. 35, n. 1, p. 75–124, 1997.

MANFREDI, C.; KELLY, J. Six Degrees of Dialogue: A Response to Hogg and Bushell. *Osgoode Hall Law Journal*, v. 37, n. 3, p. 513–527, 1999.

MENDES, C. H. *Direitos fundamentais, separação de poderes e deliberação*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional democrático*. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Políticas) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional*. Curitiba: Juruá Editora, 2019.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

PETTER, A. *The Politics of the Charter: The Illusive Promise of Constitutional Rights*. Toronto: University of Toronto Press, 2010.

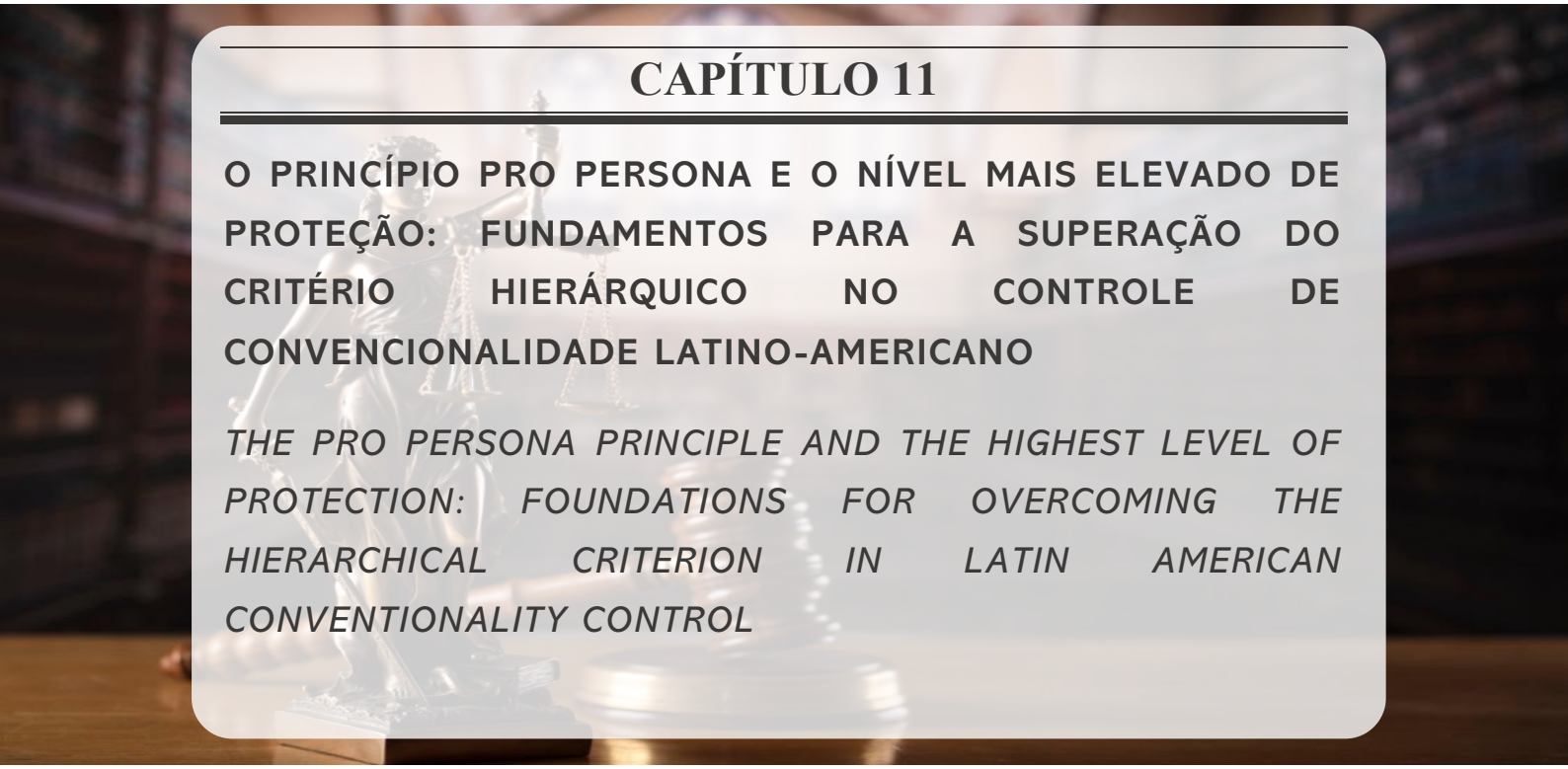
ROACH, K. Dialogue or defiance: Legislative reversals of Supreme Court decisions in Canada and the United States. *International Journal of Constitutional Law*, v. 4, n. 2, p. 347–370, 2006.

THAYER, J. B. The Origin and Scope of the American Doctrine of Constitutional Law. Boston: Little, Brown and Company, 1893.

TUSHNET, M. Alternative Forms of Judicial Review. *Georgetown Law Faculty Publications and Other Works*, 2003.

TUSHNET, M. *Weak courts, strong rights: judicial review and social welfare rights in comparative constitutional law*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008.

WALDRON, J. The Core of the Case against Judicial Review. *The Yale Law Journal*, v. 115, n. 6, p. 1346–1406, 2006.



CAPÍTULO 11

O PRINCÍPIO PRO PERSONA E O NÍVEL MAIS ELEVADO DE PROTEÇÃO: FUNDAMENTOS PARA A SUPERAÇÃO DO CRITÉRIO HIERÁRQUICO NO CONTROLE DE CONVENCIONALIDADE LATINO-AMERICANO

THE PRO PERSONA PRINCIPLE AND THE HIGHEST LEVEL OF PROTECTION: FOUNDATIONS FOR OVERCOMING THE HIERARCHICAL CRITERION IN LATIN AMERICAN CONVENTIONALITY CONTROL

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.11

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Maria Gabriela Ramos Dias

Assessora Judiciária do Tribunal de Justiça do Estado de Alagoas

Graduação em Direito pela Faculdade CESMAC do Agreste, Maceió-AL

Resumo

Este artigo aborda a relevância dos princípios pro persona e do nível mais elevado de proteção como vetores hermenêuticos e normativos no controle de convencionalidade na América Latina. Argumenta-se que esses princípios, oriundos da doutrina e jurisprudência interamericanas e europeias, respectivamente, oferecem um critério material mais adequado para a solução de conflitos entre normas de direitos humanos do que a mera hierarquia formal. A análise detalha como o pro persona orienta a interpretação extensiva dos direitos

e a restritiva de suas limitações, bem como a aplicação da norma mais protetora. A proposta central é a superação da rigidez hierárquica kelseniana em favor de uma "hierarquia plana" que maximize a proteção à pessoa humana, independentemente da origem ou do status formal da norma.

Palavras-chave: Princípio Pro Persona; Nível Mais Elevado de Proteção; Controle de Convencionalidade; Hierarquia Normativa; Direitos Fundamentais.

Abstract

This article addresses the relevance of the pro persona and the highest level of protection principles as hermeneutic and normative vectors in conventionality control in Latin America. It argues that these principles, originating from Inter-American and European doctrine and jurisprudence, respectively, offer a more suitable material criterion for resolving conflicts between human rights norms than mere formal hierarchy. The analysis details how pro persona guides the extensive interpretation of rights and the restrictive interpretation of their limitations, as well as the application of the most protective norm. The central proposal is to overcome the Kelsenian hierarchical rigidity in favor of a "flat hierarchy" that maximizes human protection, regardless of the norm's origin or formal status.

Keywords: Pro Persona Principle; Highest Level of Protection; Conventionality Control; Normative Hierarchy; Fundamental Rights.

Introdução

A complexidade dos sistemas jurídicos contemporâneos, marcadamente após a crescente internacionalização do direito e a consolidação dos tratados de direitos humanos, impõe um desafio contínuo à resolução de antinomias normativas. Tradicionalmente, a teoria do direito, influenciada por Hans Kelsen, concebe o ordenamento jurídico como uma estrutura hierárquica piramidal, onde a validade de uma norma deriva de outra hierarquicamente superior (KELSEN, 1998, p. 195). No entanto, essa visão puramente formal e estática demonstra-se insuficiente quando confrontada com a proteção dos direitos fundamentais, especialmente na interface entre o direito interno e o direito internacional dos direitos humanos. A coexistência de múltiplas fontes normativas, oriundas de diferentes esferas (nacional, regional, global), que buscam resguardar a dignidade da pessoa humana, frequentemente gera conflitos que não podem ser satisfatoriamente dirimidos por um critério meramente hierárquico.

Nesse contexto, os princípios *pro persona* e do nível mais elevado de proteção emergem como ferramentas hermenêuticas e normativas essenciais para guiar a atuação dos operadores do direito, em particular no âmbito do controle de convencionalidade. Embora desenvolvidos em contextos geográficos distintos – o *pro persona* na América Latina e o nível mais elevado de proteção na Europa –, ambos compartilham a finalidade de otimizar a garantia dos direitos humanos, privilegiando a norma ou interpretação mais favorável ao indivíduo. A presente análise busca explorar esses princípios como fundamentos para a superação da estrita hierarquia normativa, defendendo uma

abordagem material que priorize a proteção da pessoa humana. O objetivo é demonstrar como esses vetores podem reorientar a solução de conflitos normativos no controle de convencionalidade latino-americano, reforçando a efetividade dos direitos fundamentais. A metodologia empregada consiste na análise crítica da doutrina e da jurisprudência, com base nos documentos fornecidos, que abordam esses princípios em suas respectivas esferas de aplicação.

Desenvolvimento

A questão da hierarquia normativa no controle de convencionalidade tem sido um ponto central de debate na América Latina, onde a coexistência de constituições nacionais e tratados internacionais de direitos humanos, como a Convenção Americana de Direitos Humanos (CADH), exige um arcabouço interpretativo que vá além das soluções tradicionais. A concepção kelseniana da pirâmide jurídica, embora seminal, encontra limitações quando se trata da especificidade dos direitos humanos, que carregam uma carga axiológica intrínseca, muitas vezes independente da sua posição formal no ordenamento. Autores como Canotilho (2003, p. 56) já apontam para a insuficiência do modelo piramidal em captar a relevância do Direito Internacional e Comunitário, sugerindo uma organização em \"trapézio\" ou de \"hierarquia plana\", onde diversos ordenamentos superiores convivem.

Nesse cenário, o **princípio *pro persona***, também conhecido como *pro homine*, consolidou-se na doutrina e jurisprudência latino-americanas como um pilar do Direito Internacional dos Direitos Humanos. Conforme Mazzuoli e Ribeiro (2016, p. 77), ele representa a espinha dorsal desse campo, exigindo do operador do direito a atribuição, em cada caso concreto, da maior proteção possível à suposta vítima de uma violação de direitos humanos, coordenando as diversas fontes normativas existentes (PASSOS, 2023, p. 252). Sua essência manifesta-se sob duas perspectivas interligadas: como vetor de preferência interpretativa e como critério de preferência normativa (CASTILLA JUÁREZ, 2016, p. 87, citado por PASSOS, 2023, p. 252).

A **preferência interpretativa** do princípio *pro persona* desdobra-se em duas vertentes. Primeiramente, exige a interpretação extensiva dos direitos, ou seja, buscar o sentido que mais amplie e favoreça o direito protegido, conferindo-lhe máximo efeito útil. A Corte Interamericana de Direitos Humanos (Corte IDH) aplicou esse entendimento no caso \"*A Última Tentação de Cristo*\" *vs. Chile*, ao condenar o Estado por censura prévia, interpretando amplamente o direito à liberdade de pensamento e expressão (PASSOS,

2023, p. 256). Similarmente, no caso *Claude Reyes y Otros vs. Chile* (2006), a Corte IDH proclamou que o direito à liberdade de pensamento e expressão abrange o direito de buscar, receber e difundir informações, superando uma interpretação restritiva do Estado (PASSOS, 2023, p. 257). A segunda manifestação interpretativa é a interpretação restritiva dos limites dos direitos. As restrições ao exercício de direitos humanos e fundamentais devem ser interpretadas da maneira mais estrita possível, sem analogias ou extensões que as ampliem. No caso *Atala Riffo e Crianças vs. Chile* (2012), a Corte IDH destacou que, diante da proibição de discriminação por orientação sexual, a restrição de um direito exige fundamentação rigorosa e ponderável, com ônus da prova à autoridade para demonstrar que a decisão não era discriminatória (PASSOS, 2023, p. 259-260). Mesmos nos casos onde a norma interna é contrária à CADH e não há interpretação conforme possível, o *pro persona* determina a inaplicabilidade da norma, como no caso *Barrios Altos vs. Peru* (2001), onde as leis de anistia peruanas foram declaradas sem efeitos jurídicos por violarem direitos da Convenção (PASSOS, 2023, p. 258).

Além da interpretação, o *pro persona* atua como **preferência normativa**, superando colisões entre normas jurídicas de origens distintas. Isso significa que, diante de duas ou mais normas aplicáveis a um caso concreto, o jurista deve aplicar aquela que seja mais favorável à pessoa humana, independentemente da posição que ocupe no ordenamento jurídico (PASSOS, 2023, p. 262). A Corte IDH reiterou essa compreensão no caso *Ricardo Canese* (2001), ao afirmar que \"se a uma situação são aplicáveis duas normas distintas, deve prevalecer a norma mais favorável à pessoa humana\" (PASSOS, 2023, p. 263). Essa preferência também se manifesta na conservação da norma mais favorável, permitindo que uma norma de direitos humanos, mesmo revogada, continue a ser aplicada a casos ocorridos sob sua vigência se for mais benéfica (PASSOS, 2023, p. 264).

Em um paralelo conceitual, o **princípio do nível mais elevado de proteção** emergiu no contexto da União Europeia, derivado da interpretação do Art. 53º da Carta de Direitos Fundamentais da UE (CDFUE). Este artigo preconiza que nenhuma disposição da Carta deve ser interpretada de modo a restringir ou lesar direitos reconhecidos em outros âmbitos do direito da UE, direito internacional ou nas Constituições dos Estados-membros (PASSOS, 2023, p. 234). Doutrinadores como Leonard Besselink, Maria Luísa Duarte e Mariana Canotilho defendem que o Art. 53º consagra um verdadeiro critério para a resolução de conflitos de direitos fundamentais,

ordenando a aplicação dos preceitos mais benéficos ao indivíduo (PASSOS, 2023, p. 235).

A jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE) reflete a busca por esse equilíbrio. No caso *Schmidberger*, o TJUE reconheceu a legitimidade de respeito a direitos fundamentais (liberdade de expressão e reunião) previstos na Constituição austríaca e na CEDH, mesmo em detrimento da livre circulação de mercadorias, um pilar do direito comunitário (PASSOS, 2023, p. 240-241). Da mesma forma, no caso *Omega Spielhallen*, o Tribunal validou a proibição de certas atividades recreativas na Alemanha, em nome do princípio da dignidade humana consagrado na Constituição alemã, mesmo quando tal proibição restringia liberdades econômicas comunitárias. O TJUE, ao conceder uma margem de apreciação às autoridades nacionais, sinalizou a possibilidade de priorizar a proteção de um direito fundamental nacionalmente, se mais ampla (PASSOS, 2023, p. 242-243). Embora o caso *Melloni* tenha reafirmado o primado do direito da União, a interpretação da Corte naquele caso, segundo alguns, não afastou completamente a possibilidade da existência de normas nacionais mais protetivas, sugerindo que o nível de proteção adequado é o que deve ser aplicado, podendo este ser o mais elevado (PASSOS, 2023, p. 248).

A sobreposição conceitual entre o *pro persona* e o nível mais elevado de proteção é evidente: ambos convergem para a ideia de otimização dos direitos humanos. O texto original sugere que o princípio do nível mais elevado de proteção pode ser visto como um gênero, do qual o *pro persona* é uma espécie, sendo o primeiro mais amplo ao se referir à "máxima proteção possível a um direito fundamental/humano baseado num sistema de hierarquia plana", enquanto o segundo especifica que essa proteção deve ter como critério o indivíduo no caso concreto (PASSOS, 2023, p. 267).

A **compatibilização desses princípios com o controle de convencionalidade na América Latina** implica a necessária superação do critério hierárquico formal. A rigidez kelseniana, onde a norma constitucional prevalece simplesmente por sua posição na pirâmide, é substituída por uma "hierarquia axiológica" ou um "diálogo das fontes", que busca a norma mais protetiva ou menos restritiva aos direitos em questão. Isso exige que o juiz, ao analisar um conflito, não se limite a verificar a hierarquia formal, mas realize um cotejo material entre as normas domésticas e internacionais, as interpretações das cortes e os princípios aplicáveis, para construir a norma de decisão mais favorável à pessoa humana (PASSOS, 2023, p. 280-281).

O Brasil, com a jurisprudência do STF no RE nº 466.343-SP, que conferiu status supralegal aos tratados de direitos humanos não aprovados pelo rito do Art. 5º, § 3º, da CRFB/1988, demonstrou uma tentativa de flexibilizar a hierarquia pura, mas ainda sob um critério formal. A proposta dos princípios *pro persona* e do nível mais elevado de proteção vai além, ao advogar por uma análise material que transcenda a origem e o status formal da norma. Isso significa que, em caso de conflito, a norma interna pode prevalecer sobre a internacional se for mais protetiva, ou vice-versa, sem que isso implique invalidade da outra, mas sim inaplicabilidade ao caso concreto por ser menos benéfica (PASSOS, 2023, p. 281).

As **implicações dessa abordagem** são profundas para a prática judicial e a concepção de soberania. A atuação dos juízes nacionais torna-se mais ativa, exigindo não apenas o conhecimento do direito interno, mas também do *corpus juris* interamericano e da jurisprudência da Corte IDH, bem como das experiências de outras jurisdições. Eles se tornam "defensores em última instância das prerrogativas conferidas à pessoa humana", com a responsabilidade de construir a norma jurídica que implique o maior âmbito de proteção (PASSOS, 2023, p. 277). Essa flexibilização da hierarquia não enfraquece o ordenamento jurídico, mas o enriquece, permitindo uma resposta mais adaptada às necessidades de proteção dos direitos fundamentais em um mundo cada vez mais interconectado. A soberania, nesse sentido, não é um poder absoluto e isolado, mas uma capacidade de engajamento e compromisso com os padrões internacionais de direitos humanos, em benefício de sua própria população (PASSOS, 2023, p. 282).

Uma limitação do texto original, a ser considerada nesta discussão, reside na complexidade prática de implementar uma "hierarquia plana" em sistemas jurídicos arraigados na formalidade hierárquica. A discricionariedade inerente à escolha da norma mais protetiva pode gerar insegurança jurídica se não for acompanhada de critérios claros e de uma cultura judicial robusta e transparente. A superação do critério hierárquico não pode significar a ausência de qualquer estrutura, mas sim uma redefinição do valor preponderante: da forma para o conteúdo material e o *telos* protetivo dos direitos humanos.

Conclusão

A análise dos princípios *pro persona* e do nível mais elevado de proteção revela um caminho promissor para aprimorar o controle de convencionalidade, especialmente no contexto latino-americano. Ambos os princípios, embora com origens distintas,

convergem para a ideia de que a primazia na resolução de conflitos normativos em matéria de direitos humanos não deve ser pautada por uma hierarquia formal rígida, mas sim por um critério material que privilegie a norma ou interpretação mais favorável à pessoa humana. Essa abordagem flexibiliza a tradicional pirâmide kelseniana, propondo uma "hierarquia plana" que reconhece a multiplicidade de fontes normativas e a necessidade de um diálogo internormativo e interjurisdicional constante.

A jurisprudência da Corte IDH e do TJUE demonstra a viabilidade e a eficácia dessa perspectiva, que permite aos juízes nacionais e internacionais a construção de soluções jurídicas que maximizem a proteção dos direitos fundamentais, independentemente de sua origem interna ou internacional. Ao orientar a interpretação extensiva dos direitos, a restrição de suas limitações e a aplicação da norma mais protetora, o princípio *pro persona* e o nível mais elevado de proteção fortalecem a efetividade dos tratados de direitos humanos e impulsionam uma verdadeira cultura de proteção.

A superação do critério hierárquico no controle de convencionalidade não implica, contudo, em anarquia normativa. Ao contrário, exige uma atuação mais qualificada e fundamentada do Poder Judiciário, que, em seu papel de "juiz interamericano" em âmbito nacional, deve realizar um cotejo atento das peculiaridades do caso concreto, dos enunciados normativos disponíveis e dos precedentes relevantes. O desafio, portanto, é transcender o formalismo hierárquico em busca de uma primazia material que responda de forma mais eficaz ao imperativo da proteção da dignidade da pessoa humana, consolidando um controle de convencionalidade que seja verdadeiramente um instrumento de garantia dos direitos fundamentais na América Latina.

Referências

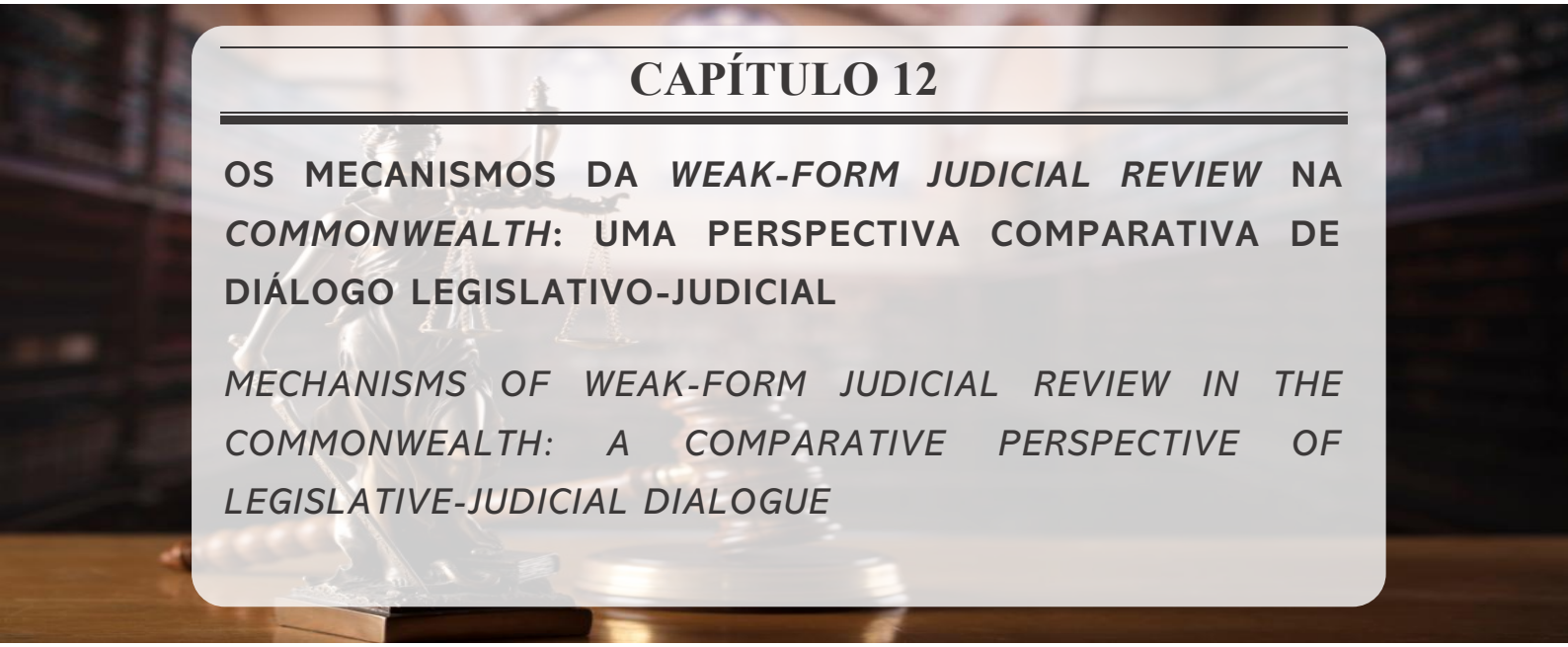
CANOTILHO, Joaquim J. Gomes. *Direito Constitucional e Teoria da Constituição*. 7. ed. Coimbra: Almedina, 2003.

CASTILLA JUÁREZ, Karlos A. Control de Convencionalidad Interamericano: Una propuesta de orden ante diez años de incertidumbre. *Revista IIDH*, v. 32, n. 64, p. 87-126, jul.-dec., 2016.

KELSEN, Hans. *Teoria Pura do Direito*. Tradução de João Baptista Machado. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

MAZZUOLI, Valério de Oliveira; RIBEIRO, Dilton. The Pro Homine Principle as an Enshrined. Feature of International Human Rights Law. *The Indonesian Journal of International & Comparative Law*. Jacarta, v. 3, n. 1, p. 77-99, jan. 2016.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.



CAPÍTULO 12

OS MECANISMOS DA *WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW* NA *COMMONWEALTH*: UMA PERSPECTIVA COMPARATIVA DE DIÁLOGO LEGISLATIVO-JUDICIAL

MECHANISMS OF WEAK-FORM JUDICIAL REVIEW IN THE COMMONWEALTH: A COMPARATIVE PERSPECTIVE OF LEGISLATIVE-JUDICIAL DIALOGUE

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.12

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Resumo

Este artigo realiza uma análise comparativa dos modelos de weak-form judicial review no Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido, destacando os mecanismos específicos que promovem o diálogo entre os poderes Legislativo e Judiciário. Exploram-se a cláusula notwithstanding canadense, o mandado interpretativo neozelandês e a declaração de incompatibilidade britânica, examinando como cada um, à sua maneira, permite que o Legislativo tenha a última palavra sobre questões constitucionais, mas sob o escrutínio e a influência argumentativa do Judiciário. A pesquisa discute como esses modelos buscam uma solução intermediária entre a soberania parlamentar e a soberania judicial, com o objetivo de fortalecer tanto a democracia quanto a proteção dos direitos fundamentais, mesmo diante de críticas sobre sua eficácia e potencial politização.

Palavras-chave: Weak-Form Judicial Review; Canadá; Nova Zelândia; Reino Unido; Diálogo Legislativo-Judicial.

Abstract

This article conducts a comparative analysis of weak-form judicial review models in Canada, New Zealand, and the United Kingdom, highlighting specific mechanisms that promote dialogue between the legislative

and judicial branches. It explores the Canadian notwithstanding clause, the New Zealand interpretive mandate, and the British declaration of incompatibility, examining how each, in its own way, allows the Legislature to have the final say on constitutional matters, but under judicial scrutiny and argumentative influence. The research discusses how these models seek an intermediate solution between parliamentary and judicial sovereignty, aiming to strengthen both democracy and the protection of fundamental rights, even amidst criticisms regarding their effectiveness and potential politicization.

Keywords: Weak-Form Judicial Review; Canada; New Zealand; United Kingdom; Legislative-Judicial Dialogue.

Introdução

O constitucionalismo contemporâneo tem sido palco de uma complexa redefinição do papel do Poder Judiciário e do Legislativo na proteção dos direitos fundamentais e na definição do sentido da Constituição. A tensão entre a legitimidade democrática do parlamento e a necessidade de salvaguardar direitos de minorias contra maiorias eventuais tem sido historicamente abordada por dois modelos predominantes: a *strong-form judicial review*, característica do sistema norte-americano e de matriz austro-germânica, onde a palavra final sobre a constitucionalidade das leis pertence ao Judiciário, e a soberania parlamentar, que confere supremacia inconteste ao Legislativo, como no tradicional modelo britânico (PASSOS, 2015, p. 8; PASSOS, 2019, p. 8). No entanto, a partir da década de 1980, emergiu uma \"terceira via\" em países da *Commonwealth* – Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido – que buscam uma conciliação entre esses extremos. Estes modelos, designados como *weak-form judicial review*, caracterizam-se por conceder ao Judiciário poderes significativos para censurar a constitucionalidade das leis, mas com a particularidade de que a decisão judicial não é final, permitindo ao Parlamento a capacidade de resposta ou superação por mecanismos específicos (TUSHNET, 2003, citado por PASSOS, 2015, p. 24; PASSOS, 2019, p. 24).

O presente artigo propõe uma análise comparativa dos mecanismos da *weak-form judicial review* nesses três países, com o objetivo de explorar como tais arranjos promovem um diálogo institucional entre o Legislativo e o Judiciário. Será investigado como a cláusula *notwithstanding* canadense, o mandado interpretativo neozelandês e a declaração de incompatibilidade britânica funcionam na prática, quais as suas implicações para a governança democrática e para a proteção dos direitos fundamentais, e como eles se posicionam em relação às críticas e benefícios da teoria do diálogo. A intenção é demonstrar que, ao evitar um "monólogo judicial" ou legislativo, esses sistemas fomentam uma interação argumentativa mais rica e legitimada na construção do

direito constitucional. A discussão será fundamentada na revisão bibliográfica, com especial atenção aos textos fornecidos que abordam esses modelos comparativamente.

Desenvolvimento

- **A *Weak-Form Judicial Review* como Terceira Via Constitucional**

A *weak-form judicial review* representa uma evolução significativa no pensamento constitucional comparado, propondo uma solução intermediária entre a supremacia judicial (onde os tribunais detêm a \"última palavra\" constitucional) e a soberania parlamentar (onde o legislativo é juridicamente ilimitado). Os modelos dessa categoria conferem aos tribunais a prerrogativa de avaliar a conformidade das leis com documentos de direitos fundamentais, mas com a particularidade de que as decisões judiciais não são necessariamente finais, permitindo que o legislativo, sob certas condições e de forma relativamente menos complexa do que uma emenda constitucional, possa reafirmar sua posição. Essa distinção fundamental é o que permite a instauração de um diálogo institucional. Conforme Mark Tushnet (2003, citado por PASSOS, 2015, p. 24; PASSOS, 2019, p. 24), a marca da *weak-form review* é que as maiorias legislativas ordinárias podem deslocar as interpretações judiciais da constituição num prazo relativamente curto.

O cerne dessa abordagem é a crença de que a interpretação constitucional pode comportar múltiplas posições razoáveis, e que a intervenção judicial, em vez de ser um ato final e impositivo, pode funcionar como um catalisador para uma deliberação mais aprofundada e consciente por parte do parlamento. Essa dinâmica de interação e resposta mútua busca equilibrar a expertise jurídica do Judiciário com a legitimidade democrática do Legislativo, contribuindo para uma compreensão mais robusta e compartilhada do significado constitucional.

- **O Modelo Canadense: Cláusula *Notwithstanding* e Diálogo Sequencial**

O Canadá, que operou por muito tempo sob o modelo de soberania parlamentar, implementou a *weak-form judicial review* com a promulgação da *Canadian Charter of Rights and Freedoms* (CCORF) em 1982. A CCORF, incorporada à Constituição do Canadá, elevou os direitos fundamentais a um status superior, mas com mecanismos que preservaram a capacidade de resposta legislativa.

A **Seção 1** da CCORF estabelece que os direitos e liberdades nela garantidos estão sujeitos a \"limites razoáveis que possam ser demonstradamente justificados numa

sociedade livre e democrática\" (PASSOS, 2015, p. 30; PASSOS, 2019, p. 30). Este dispositivo permite que o legislador responda a uma decisão judicial de inconstitucionalidade com a reedição da norma, acompanhada de uma nova justificação para as restrições aos direitos. Essa prática, por vezes, é referida como uma \"resposta *in-your-face*\" (TUSHNET, 2008, p. 44, citado por PASSOS, 2015, p. 32; PASSOS, 2019, p. 32), que, em vez de encerrar o debate, o prolonga, inserindo novos argumentos no diálogo institucional.

Mais notável ainda é a **Seção 33**, conhecida como a cláusula *notwithstanding* (\"não obstante\"). Ela permite que o Parlamento (federal ou provincial) declare expressamente que uma lei operará \"não obstante\" sua inconsistência com certas disposições da CCORF, como a liberdade de expressão ou direitos de igualdade. Essa declaração tem validade máxima de cinco anos, após o que deve ser reeditada ou a lei perde sua proteção contra a censura judicial (PASSOS, 2015, p. 33; PASSOS, 2019, p. 33). O prazo de cinco anos é estratégico, pois geralmente coincide com o ciclo eleitoral, forçando o legislador a assumir a responsabilidade política por manter uma lei que contraria a Carta. A utilidade dessa cláusula reside não apenas na sua aplicação, mas no \"custo político\" que seu uso acarreta, incentivando o Parlamento a engajar-se em uma \"discussão profunda sobre direitos fundamentais\" (GARDBAUM, 2002, p. 724, citado por PASSOS, 2015, p. 34; PASSOS, 2019, p. 34). O caso *Ford v. Quebec*, onde a província utilizou a cláusula *notwithstanding* para proteger uma lei de idiomas após ser invalidada pela Suprema Corte, e posteriormente a revisou em alinhamento com a orientação judicial, é um exemplo clássico do "diálogo sequencial" em funcionamento (PASSOS, 2015, p. 96-97; PASSOS, 2019, p. 96-97). A Suprema Corte canadense, ao adotar a \"*living tree doctrine*\" (doutrina da árvore viva) na interpretação constitucional, também contribuiu para um Judiciário mais ativo, em contraste com a anterior \"*frozen concepts theory*\" que havia limitado a efetividade da *Canadian Bill of Rights* de 1960 (PASSOS, 2015, p. 37; PASSOS, 2019, p. 37).

- **O Modelo Neozelandês: O Mandado Interpretativo e a Censura Pública**

A Nova Zelândia, embora também partícipe da *Commonwealth*, implementou um modelo de *weak-form judicial review* ainda mais próximo do princípio da soberania parlamentar. A *New Zealand's Bill of Rights Act* (NZBRA) de 1990 é uma lei ordinária, não petrificada, o que significa que pode ser modificada por maioria legislativa simples. De forma explícita, a **Seção 4** da NZBRA proíbe os tribunais de revogar qualquer

legislação por inconsistência com a Bill of Rights (PASSOS, 2015, p. 38; PASSOS, 2019, p. 38).

Contudo, o poder da NZBRA reside na **Seção 6**, que estabelece um \"mandado interpretativo\". Ela exige que \"sempre que uma norma jurídica puder ser interpretada conforme os direitos e garantias previstos na Bill of Rights, esta interpretação deverá prevalecer sobre todas as outras\" (PASSOS, 2015, p. 39; PASSOS, 2019, p. 39). Isso impõe aos tribunais o dever de buscar, sempre que possível, uma interpretação das leis que seja compatível com os direitos fundamentais. Embora os tribunais não possam anular leis, eles têm o poder de moldar seu significado, forçando o legislador a uma \"autoconsciência\" sobre as implicações de suas leis. O caso *Baigent* ilustrou como os tribunais neozelandeses, diante da ausência de um remédio expresso, criaram um mecanismo de indenização para violações de direitos da NZBRA, gerando pressão sobre o Estado (PASSOS, 2015, p. 43; PASSOS, 2019, p. 43).

Adicionalmente, a **Seção 7** da NZBRA requer que o Procurador-Geral chame a atenção do Parlamento para qualquer projeto de lei que pareça inconsistente com os direitos da Bill of Rights (PASSOS, 2015, p. 43; PASSOS, 2019, p. 43). Este mecanismo de \"rastreamento prévio de incompatibilidades\" garante que, se o Parlamento optar por aprovar uma lei inconsistente, o faça de forma consciente e sob a censura pública, pois a inconsistência já terá sido apontada e debatida. A NZBRA, portanto, funciona como um \"instrumento interpretativo geral\" que, embora não anule leis, constrange a atuação legislativa por meio da interpretação judicial e da exposição pública.

- **O Modelo Britânico: Declaração de Incompatibilidade e *Remedial Order***

O Reino Unido, berço da soberania parlamentar, passou por uma significativa reconfiguração constitucional com a aprovação do *Human Rights Act* (HRA) em 1998, que entrou em vigor em 2000. O HRA incorporou a Convenção Europeia de Direitos Humanos (CEDH) ao direito doméstico, permitindo que os cidadãos invocassem os direitos da Convenção diretamente perante os tribunais britânicos (PASSOS, 2015, p. 45; PASSOS, 2019, p. 45).

Assim como na Nova Zelândia, a **Seção 3** do HRA impõe um \"mandado interpretativo\", exigindo que os tribunais interpretem a legislação \"tanto quanto possível\" de forma compatível com os direitos da Convenção (PASSOS, 2015, p. 46; PASSOS, 2019, p. 46). Contudo, a inovação mais marcante reside na **Seção 4**, que introduz a \"declaração de incompatibilidade\". Se um tribunal não puder interpretar uma

lei de forma compatível, ele pode emitir uma declaração formal de incompatibilidade. Crucialmente, essa declaração \"não afeta a validade, a continuidade de operação ou execução de qualquer legislação primária\" (PASSOS, 2015, p. 47; PASSOS, 2019, p. 47). A lei, mesmo declarada incompatível, permanece em vigor.

A eficácia da declaração de incompatibilidade reside, em parte, no mecanismo da **ordem de reparação (*remedial order*)** previsto na **Seção 10** do HRA. Esta permite que um Ministro da Coroa, após uma declaração de incompatibilidade, proponha ao Parlamento uma alteração rápida da legislação. Em casos de urgência, o Ministro pode até mesmo modificar a legislação antecipadamente, com controle posterior do Parlamento (GARDBAUM, 2002, p. 733, citado por PASSOS, 2015, p. 48; PASSOS, 2019, p. 48). Este arranjo cria uma \"*judicial review* de faceta bipartida\" onde \"cabe ao Poder Judiciário dizer se há algum conflito entre as leis e os direitos da Convenção, mas cabe ao Parlamento, e só a ele, o poder de invalidação\" (PASSOS, 2015, p. 49; PASSOS, 2019, p. 49). A expectativa é que o Parlamento, diante da declaração judicial, emende ou revogue a legislação, pois a manutenção da incompatibilidade gera \"um custo político\" significativo, tanto internamente quanto perante a Corte Europeia de Direitos Humanos (PASSOS, 2015, p. 50; PASSOS, 2019, p. 50). A **Seção 19** do HRA, que exige uma declaração ministerial de compatibilidade para novos projetos de lei, também funciona como um mecanismo de controle prévio, incentivando a reflexão legislativa sobre os direitos da Convenção.

- **Implicações do Diálogo e Limitações Inerentes**

Os modelos de *weak-form judicial review* buscam explicitamente substituir o monólogo judicial – onde o tribunal impõe sua interpretação como a palavra final – por um diálogo institucional que envolve os dois poderes. A não-finalidade das decisões judiciais é a chave para esse diálogo. Conforme Tushnet (2008, p. 66, citado por PASSOS, 2015, p. 86; PASSOS, 2019, p. 86), \"*weak-form review invites repeated interactions between legislatures on courts over constitutional meaning*\". Este processo transforma a *judicial review* em um \"catalisador de duas vias para trocas entre o Legislativo e o Judiciário\" (HOGG; BUSHELL, 1997, p. 81, citado por PASSOS, 2015, p. 94; PASSOS, 2019, p. 94), qualificando o debate sobre direitos.

Os benefícios do diálogo são múltiplos. Ele confere maior legitimidade democrática à *judicial review*, pois a palavra final é sempre do parlamento, o que atenua a "dificuldade contramajoritária". O Judiciário, sabendo que suas decisões podem ser

superadas, é incentivado a produzir fundamentações mais robustas e persuasivas, buscando \"convencer\" o legislador em vez de apenas impor. Isso enriquece a deliberação constitucional, tornando-a mais transparente e acessível. Além disso, a simples existência desses mecanismos recoloca o Legislativo e a opinião pública no processo de \"interpretação constitucional\", gerando um debate mais plural e qualificado (PASSOS, 2015, p. 86; PASSOS, 2019, p. 86).

No entanto, esses modelos não estão isentos de críticas e limitações. Uma das principais preocupações, abordada por Andrew Petter (2010, p. 155, citado por PASSOS, 2015, p. 104; PASSOS, 2019, p. 104), é a de que, em contextos de parlamentos não representativos ou falhas democráticas, o diálogo entre \"dois erros não-democráticos\" (Legislativo e Judiciário) não resultaria em um \"direito democrático\" genuíno. Outra crítica, de Manfredi e Kelly (1999, p. 522, citado por PASSOS, 2015, p. 103; PASSOS, 2019, p. 103), questiona se há verdadeiro diálogo quando o Legislativo simplesmente concorda com a Corte; para eles, o diálogo genuíno ocorre na confrontação. O texto original rebate essa crítica argumentando que a concordância, quando o legislador tem a opção de divergir, também é uma forma de diálogo, pois é uma escolha consciente que leva em conta os argumentos judiciais.

Uma limitação prática é a dependência da vontade política e da cultura institucional para que o diálogo funcione de fato. O custo político da superação ou da inação do Legislativo pode não ser sempre suficiente para forçar a adesão aos padrões de direitos. Em períodos de forte polarização política, o Legislativo pode optar por ignorar as declarações judiciais, assumindo o custo. Além disso, a complexidade dos mecanismos pode levar a uma incompreensão pública, diluindo a pressão democrática. A \"fortificação\" judicial, como a criação da Suprema Corte do Reino Unido, demonstra uma mudança estrutural que, embora redefina o equilíbrio, ainda não anula a tensão entre os poderes (PASSOS, 2015, p. 51; PASSOS, 2019, p. 51).

Conclusão

Os modelos de *weak-form judicial review* desenvolvidos no Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido oferecem uma alternativa sofisticada aos extremos da soberania parlamentar e da *strong-form judicial review*. Ao invés de uma imposição unilateral por um dos poderes, esses sistemas estabelecem uma estrutura que promove o diálogo institucional entre o Legislativo e o Judiciário na interpretação e aplicação dos direitos constitucionais. Mecanismos como a cláusula *notwithstanding*, o mandado interpretativo

e a declaração de incompatibilidade, embora distintos em sua operacionalização e impacto, convergem para a mesma finalidade: permitir que o Judiciário censure leis inconsistentes com direitos fundamentais, ao mesmo tempo em que preserva a capacidade de o Legislativo, democraticamente eleito, ter a palavra final, mas sob o escrutínio e a influência argumentativa judicial.

Este diálogo, mais do que uma mera cortesia entre instituições, representa uma troca argumentativa essencial que enriquece a deliberação constitucional e fortalece a legitimidade da *judicial review*. A ausência de uma palavra final judicial inquestionável força os juízes a fundamentar suas decisões de maneira mais persuasiva e os legisladores a considerar as implicações de suas escolhas à luz dos direitos fundamentais. Embora existam críticas válidas sobre o potencial de ineficácia ou de desvio do diálogo, a experiência desses países da *Commonwealth* sugere que a *weak-form judicial review* pode atenuar a tensão contramajoritária, tornando a proteção dos direitos fundamentais um empreendimento mais compartilhado e, em última análise, mais democrático. Esses modelos oferecem, portanto, um valioso campo de estudo e inspiração para outras jurisdições que buscam equilibrar a salvaguarda de direitos com o respeito à vontade popular.

Referências

GARDBAUM, S. *The New Commonwealth Model of Constitutionalism*. Rochester, NY: Social Science Research Network, 2002.

HOGG, P.; BUSHELL, A. The Charter Dialogue between Courts and Legislatures (Or Perhaps the Charter of Rights Isn't Such a Bad Thing after All). *Osgoode Hall Law Journal*, v. 35, n. 1, p. 75–124, 1997.

MANFREDI, C.; KELLY, J. Six Degrees of Dialogue: A Response to Hogg and Bushell. *Osgoode Hall Law Journal*, v. 37, n. 3, p. 513–527, 1999.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional democrático*. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Políticas) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional*. Curitiba: Juruá Editora, 2019.

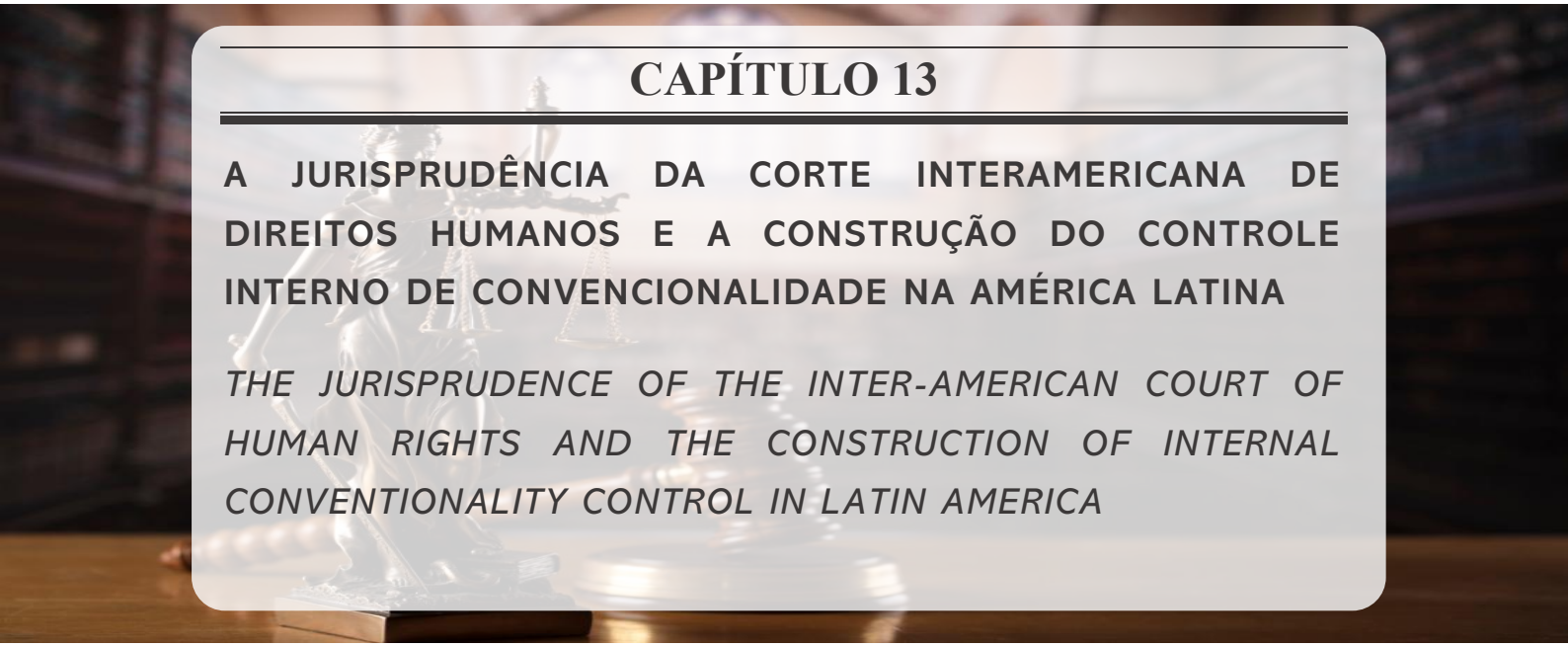
PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e

Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

PETTER, A. *The Politics of the Charter: The Illusive Promise of Constitutional Rights*. Toronto: University of Toronto Press, 2010.

TUSHNET, M. Alternative Forms of Judicial Review. *Georgetown Law Faculty Publications and Other Works*, 2003.

TUSHNET, M. *Weak courts, strong rights: judicial review and social welfare rights in comparative constitutional law*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008.



CAPÍTULO 13

A JURISPRUDÊNCIA DA CORTE INTERAMERICANA DE DIREITOS HUMANOS E A CONSTRUÇÃO DO CONTROLE INTERNO DE CONVENCIONALIDADE NA AMÉRICA LATINA

THE JURISPRUDENCE OF THE INTER-AMERICAN COURT OF HUMAN RIGHTS AND THE CONSTRUCTION OF INTERNAL CONVENTIONALITY CONTROL IN LATIN AMERICA

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.13

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Resumo

Este artigo analisa a influência da jurisprudência da Corte Interamericana de Direitos Humanos (Corte IDH) na consolidação do conceito e da prática do controle interno de convencionalidade na América Latina. Partindo da evolução do entendimento da Corte, desde a exigência de adequação do direito interno à Convenção Americana de Direitos Humanos (CADH) até a imposição expressa da obrigação aos juízes nacionais de realizarem o controle ex officio, o trabalho explora casos paradigmáticos como Loayza Tamayo vs. Peru, Barrios Altos vs. Peru, Almonacid Arellano vs. Chile e Trabalhadores Demitidos do Congresso vs. Peru. Discute a natureza vinculante das decisões da Corte IDH como res interpretata e a necessidade de os ordenamentos jurídicos nacionais harmonizarem-se com o corpus juris interamericano para garantir a máxima proteção dos direitos humanos.

Palavras-chave: Corte IDH; Controle de Convencionalidade; Jurisprudência Interamericana; Direitos Humanos; América Latina.

Abstract

This article analyzes the influence of the Inter-American Court of Human Rights (IACtHR) jurisprudence on the consolidation of the concept and practice of internal conventionality control in Latin America. Starting from the evolution of the Court's understanding, from the requirement to adapt domestic law to the

American Convention on Human Rights (ACHR) to the explicit imposition of the obligation on national judges to perform ex officio control, the paper explores paradigmatic cases such as Loayza Tamayo v. Peru, Barrios Altos v. Peru, Almonacid Arellano v. Chile and Dismissed Congressional Workers v. Peru. It discusses the binding nature of IACtHR decisions as res interpretata and the need for national legal systems to harmonize with the Inter-American corpus juris to ensure maximum human rights protection.

Keywords: IACtHR; Conventionality Control; Inter-American Jurisprudence; Human Rights; Latin America.

Introdução

A proteção dos direitos humanos na América Latina, marcada por um histórico de graves violações e regimes autoritários, encontrou no Sistema Interamericano de Direitos Humanos (SIDH) um pilar fundamental para sua promoção e garantia. Central nesse sistema, a Corte Interamericana de Direitos Humanos (Corte IDH) tem desempenhado um papel proeminente, não apenas julgando casos concretos de violações, mas também construindo uma sólida jurisprudência que redefine a relação entre o direito internacional e os ordenamentos jurídicos nacionais. Nesse contexto, o controle de convencionalidade emergiu como um instrumento essencial, inicialmente concebido como uma prerrogativa das cortes internacionais e, posteriormente, internalizado como um dever dos juízes e tribunais domésticos.

Este artigo dedica-se a analisar a evolução da jurisprudência da Corte IDH e sua contribuição para a construção e o aprofundamento do controle de convencionalidade na América Latina, com foco na sua modalidade interna. Serão examinados os marcos históricos dessa construção, desde os primeiros pronunciamentos que exigiam a adequação do direito interno à Convenção Americana de Direitos Humanos (CADH), até a explicitação da obrigação dos operadores jurídicos nacionais de exercerem esse controle de forma *ex officio*. A discussão abordará a natureza e os efeitos vinculantes das decisões da Corte IDH, bem como as implicações para os Estados-partes e os desafios persistentes na efetivação desse controle no âmbito doméstico. O objetivo é compreender como a Corte IDH tem impulsionado a harmonização dos sistemas jurídicos da região com os padrões interamericanos de direitos humanos, reforçando a proteção da pessoa humana. A metodologia utilizada baseia-se na revisão crítica da jurisprudência da Corte IDH e da doutrina especializada, conforme os textos de referência fornecidos.

Desenvolvimento

O Sistema Interamericano de Direitos Humanos (SIDH) consolidou-se como um mecanismo regional crucial para a proteção dos direitos humanos, tendo como seu documento basilar a Convenção Americana de Direitos Humanos (CADH) de 1969. A Corte Interamericana de Direitos Humanos, órgão jurisdicional do SIDH, possui competência tanto consultiva quanto contenciosa, atuando como intérprete última da CADH e de outros tratados de direitos humanos aplicáveis ao continente americano (PASSOS, 2023, p. 62-67). Sua função essencial é aplicar e interpretar os direitos previstos na CADH, visando à proteção das pessoas e à promoção do Estado de Direito na região.

A construção do controle de convencionalidade pela Corte IDH, embora tenha ganhado essa denominação explícita apenas mais tarde, iniciou-se com a exigência reiterada de adequação do direito interno dos Estados-partes aos padrões da CADH. Desde os seus primeiros pronunciamentos, a Corte enfatizou o dever dos Estados de respeitar os direitos consagrados na Convenção e de adotar as medidas legislativas ou de outra natureza necessárias para tornar efetivos esses direitos e liberdades, conforme Artigos 1.1 e 2 da CADH (PASSOS, 2023, p. 121). Este dever, essencial para a efetividade do sistema, tem sido o fundamento para a evolução do controle de convencionalidade.

Um dos marcos iniciais dessa construção foi o caso *Loayza Tamayo vs. Peru*, julgado em 1997. Nesse processo, a Corte IDH condenou o Peru por diversas violações à CADH, declarando que os Decretos-Leis peruanos que tipificavam crimes de terrorismo e traição à pátria eram incompatíveis com o Artigo 8.4 da CADH (PASSOS, 2023, p. 296). Embora a expressão \"controle de convencionalidade\" não tenha sido usada explicitamente, a Corte exerceu um *judicial review* da legislação interna, utilizando a CADH como parâmetro de controle. A importância dessa decisão reside na primeira vez em que a Corte IDH sustentou, em um caso contencioso, a incompatibilidade de disposições de direito interno com a Convenção Americana. O governo peruano acatou a decisão, libertando a professora Maria Elena Loayza Tamayo e fechando os tribunais de \"juízes sem rosto\", demonstrando a força vinculante das decisões da Corte. Em 1997, no caso *Soárez Rosero vs. Equador*, a Corte IDH novamente declarou a incompatibilidade de um dispositivo legal equatoriano com a CADH, e a própria Corte Suprema equatoriana,

em respeito à jurisprudência interamericana, declarou inconstitucionais os dispositivos questionados (PASSOS, 2023, p. 297).

Em 2001, no caso \"*A Última Tentação de Cristo*\" *(Olmedo Bustos e outros vs. Chile)*, a Corte IDH considerou incompatível com a CADH o Artigo 19(12) da Constituição chilena, que estabelecia a censura prévia de produções cinematográficas (PASSOS, 2023, p. 159). Embora não tenha declarado a inconstitucionalidade direta da norma, concedeu um prazo ao Chile para adequar seu ordenamento jurídico. No voto concordante, o Juiz Antônio Augusto C. Trindade asseverou que \"qualquer regra de Direito interno, mesmo que constitucional, pela sua só existência e aplicabilidade, tem aptidão para comprometer a responsabilidade do Estado em um tratado de Direitos Humanos\" (PASSOS, 2023, p. 160). Isso evidencia uma clara primazia axiológica do direito internacional dos direitos humanos, que se sobrepõe a normas constitucionais internas quando estas são menos protetivas.

Um dos casos mais impactantes na consolidação do controle de convencionalidade internacional foi *Barrios Altos vs. Peru*, julgado em 2001. A Corte IDH não apenas reconheceu a incompatibilidade das leis de anistia peruanas (nº 26.479 e 26.492) com a CADH, mas declarou expressamente que elas \"carecem de efeitos jurídicos\" por serem contrárias aos direitos humanos previstos no Pacto (PASSOS, 2023, p. 258). Essa decisão estabeleceu um forte precedente, reverberando por toda a América Latina e servindo de fundamento para a anulação de leis de anistia em outros países, como a Argentina (PASSOS, 2023, p. 299). A Corte IDH, sem o afirmar expressamente, reconheceu que a declaração internacional de inconvencionalidade desses atos normativos possui eficácia *contra todos* e goza de efeitos retroativos, aproximando-se do conceito tradicional de nulidade *ab initio* (PASSOS, 2023, p. 216).

A partir desses marcos, o controle de convencionalidade internacional, realizado diretamente pela Corte IDH, tornou-se uma prática consolidada. Contudo, a grande virada ocorreu com a explicitação do **controle interno de convencionalidade**, ou seja, a obrigação dos juízes e tribunais nacionais. No caso *Almonacid Arellano y Otros vs. Chile*, julgado em 2006, a Corte IDH pronunciou-se de forma inequívoca: \"A Corte é consciente de que os juízes e tribunais internos estão sujeitos ao império da lei e, por isso, são obrigados a aplicar as disposições vigentes no ordenamento jurídico. Mas quando um Estado ratifica um tratado internacional como a Convenção Americana, seus juízes, como parte do aparato estatal, também estão submetidos a ela, o que os obriga a velar para que os efeitos das disposições da Convenção não se vejam diminuídos pela aplicação de leis

contrárias a seu objeto e a seu fim e que, desde o início, carecem de efeitos jurídicos. Em outras palavras, o Poder Judiciário deve exercer uma espécie de \"controle de convencionalidade\" entre as normas jurídicas internas aplicadas a casos concretos e a Convenção Americana sobre Direitos Humanos. Nesta tarefa, o Poder Judiciário deve levar em conta não apenas o tratado, mas também a interpretação que a Corte Interamericana, intérprete última da Convenção Americana, fez do mesmo\" (PASSOS, 2023, p. 183-184).

Essa decisão estabeleceu a obrigação dos juízes nacionais de não apenas considerar a CADH, mas também a interpretação autêntica que a Corte IDH faz da mesma, transformando-os em \"juízes interamericanos\" no âmbito doméstico (PASSOS, 2023, p. 297). A abrangência dessa obrigação foi ampliada no caso *Trabalhadores Demitidos do Congresso (Aguado Alfaro outros) vs. Peru*, também em 2006, onde a Corte IDH acrescentou que o controle de convencionalidade deve ser efetuado *ex officio* pelos órgãos judiciários internos, \"evidentemente no marco de suas respectivas competências e das regulamentações processuais correspondentes\" (PASSOS, 2023, p. 195). Isso significa que os juízes não precisam ser provocados pelas partes para realizar essa análise, o que reforça o caráter público e cogente da proteção dos direitos humanos.

A **natureza vinculante das decisões da Corte IDH** é um aspecto crucial para a construção do controle interno de convencionalidade. Embora suas sentenças operem como *res judicata* para as partes diretamente envolvidas, a doutrina da *res interpretata* estende a eficácia interpretativa da Corte para todos os Estados-partes da Convenção. Isso significa que a interpretação que a Corte IDH faz da CADH e de outros instrumentos do SIDH deve ser considerada um padrão mínimo de proteção, vinculando todas as autoridades nacionais, incluindo os poderes Legislativo e Executivo, a adequar suas normas e práticas (PASSOS, 2023, p. 131-132). Os pareceres consultivos da Corte, embora não tenham caráter vinculante estrito, possuem \"autoridade moral e científica\" e contribuem significativamente para a conformação do *corpus juris* interamericano, devendo ser levados em conta no controle de convencionalidade interno (PASSOS, 2023, p. 136).

A implementação desse controle nos ordenamentos jurídicos nacionais, contudo, não é isenta de **desafios e implicações**. Em muitos países, persiste uma resistência decorrente de concepções tradicionais de soberania e da supremacia da constituição nacional. O caso brasileiro da Lei da Anistia, onde o STF inicialmente divergiu da interpretação da Corte IDH, é um exemplo notório dessa tensão (PASSOS, 2023, p. 93-

95). A ausência de conhecimento ou a subutilização da jurisprudência interamericana por parte dos magistrados também representa uma barreira significativa. No entanto, a constante lembrança da **responsabilidade internacional do Estado** por violações aos direitos humanos (Art. 27 da Convenção de Viena sobre o Direito dos Tratados) atua como um poderoso incentivo para a conformidade.

Uma limitação no âmbito do texto original é que, embora apresente a construção do controle de convencionalidade de forma bastante abrangente, as discussões sobre a aplicação da jurisprudência da Corte IDH nos países latino-americanos, fora do Brasil, são mais pontuais. A efetividade do controle interno de convencionalidade pode variar significativamente dependendo da cultura jurídica de cada Estado, da independência judicial e do grau de permeabilidade do ordenamento interno ao direito internacional. Além disso, embora a Corte IDH tenha ampliado sua atuação em direitos econômicos, sociais e culturais (DESC) em casos que envolvem grupos vulneráveis, o texto original aponta uma omissão em declarar violações de DESC de forma mais generalizada, o que representa uma limitação da própria jurisprudência da Corte (PASSOS, 2023, p. 86).

Conclusão

A jurisprudência da Corte Interamericana de Direitos Humanos tem sido um motor fundamental na construção e consolidação do controle de convencionalidade na América Latina. De um instrumento inicialmente utilizado pelas próprias cortes internacionais para verificar a compatibilidade das normas domésticas com a CADH, evoluiu-se para um dever expresso imposto aos juízes e tribunais nacionais de realizarem esse controle, mesmo *ex officio*. Essa trajetória, marcada por casos paradigmáticos e a explicitação da obrigação de considerar não apenas o texto da Convenção, mas também a interpretação da Corte IDH, reforça a natureza vinculante de suas decisões e a doutrina da *res interpretata* para todos os Estados-partes.

A construção do controle interno de convencionalidade representa um marco na proteção dos direitos humanos na região. Ela transforma os juízes nacionais em verdadeiros \"juízes interamericanos\", responsáveis pela primeira linha de defesa dos direitos previstos no *corpus juris* interamericano. No entanto, a implementação efetiva desse controle nos ordenamentos domésticos ainda enfrenta desafios, incluindo a resistência a modelos tradicionais de soberania, o desconhecimento do SIDH por parte de operadores do direito e a dificuldade em superar uma visão puramente hierárquica das normas.

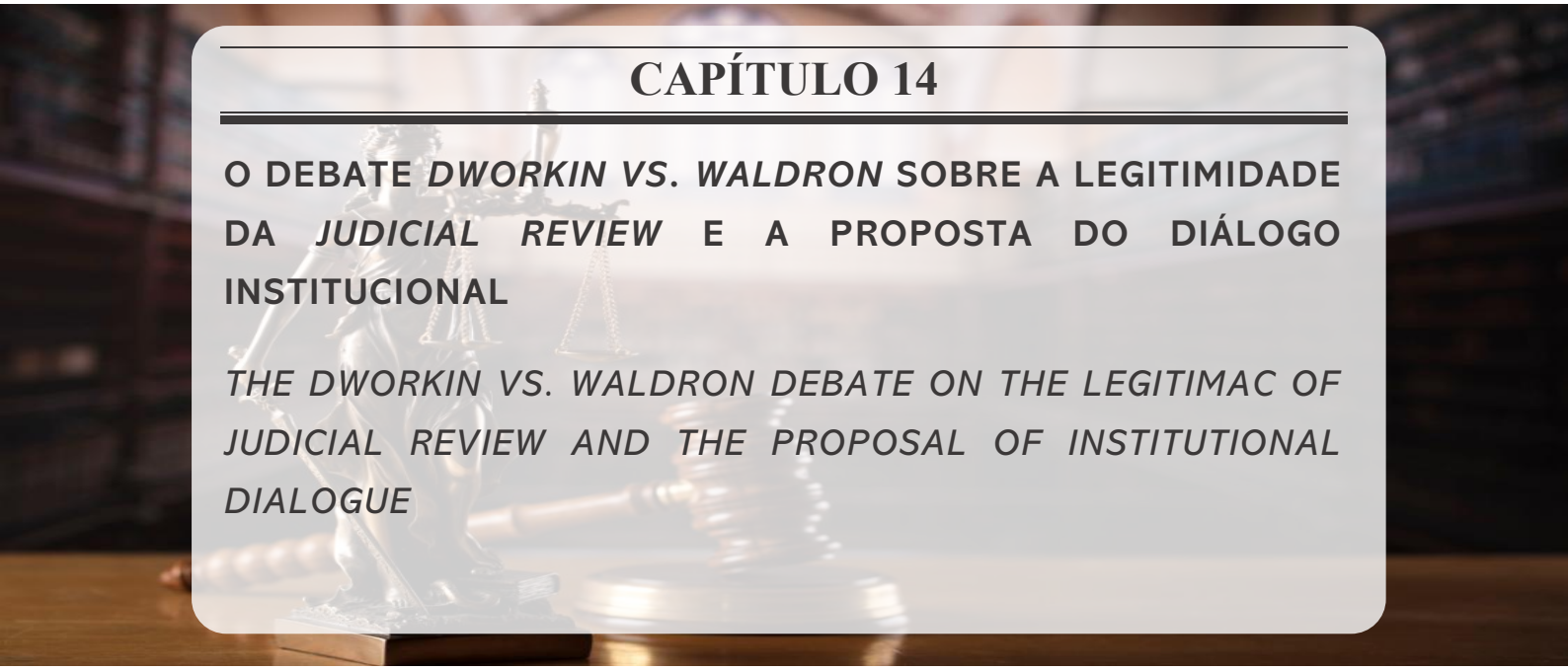
Para que o controle de convencionalidade atinja seu pleno potencial, é crucial que os Estados-partes e, em particular, seus sistemas judiciários, adotem uma postura de diálogo e abertura com a jurisprudência da Corte IDH. Isso implica um compromisso com a máxima proteção da pessoa humana, privilegiando a aplicação da norma mais favorável, independentemente de sua origem ou status formal. Somente assim a internacionalização do direito deixará de ser um desafio para se tornar uma realidade de efetivação e garantia dos direitos fundamentais em toda a América Latina.

Referências

MAZZUOLI, Valério de Oliveira. *Curso de Direito Humanos*. 3. ed. São Paulo: Método, 2016.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

PIOVESAN, Flávia. *Direitos humanos e o direito constitucional internacional*. 13. ed. São Paulo: Saraiva, 2012.



CAPÍTULO 14

O DEBATE *DWORKIN VS. WALDRON* SOBRE A LEGITIMIDADE DA *JUDICIAL REVIEW* E A PROPOSTA DO DIÁLOGO INSTITUCIONAL

THE DWORKIN VS. WALDRON DEBATE ON THE LEGITIMAC OF JUDICIAL REVIEW AND THE PROPOSAL OF INSTITUTIONAL DIALOGUE

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.14

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Resumo

Este artigo mergulha no fundamental debate acadêmico entre Ronald Dworkin e Jeremy Waldron acerca da legitimidade democrática da judicial review. Dworkin, defensor da "leitura moral" da Constituição e da primazia judicial na interpretação de princípios, contrasta com Waldron, que advoga pela supremacia da deliberação legislativa e questiona a autoridade de juízes não eleitos para invalidar a vontade popular. O texto analisa como a teoria do diálogo institucional, emergente nos sistemas de weak-form judicial review, oferece uma terceira perspectiva que busca conciliar essas visões antagônicas, propondo uma "conversação" entre os poderes que visa aprimorar a qualidade da deliberação constitucional e legitimar a atuação da justiça constitucional sem se render à supremacia judicial ou parlamentar absoluta.

Palavras-chave: Ronald Dworkin; Jeremy Waldron; Judicial Review; Legitimidade Democrática; Diálogo Institucional.

Abstract

This article delves into the fundamental academic debate between Ronald Dworkin and Jeremy Waldron regarding the democratic legitimacy of judicial review. Dworkin, a proponent of the "moral reading" of the Constitution and judicial primacy in interpreting principles, contrasts with Waldron, who advocates for the supremacy of legislative deliberation and questions the authority of unelected judges to invalidate popular

will. The text analyzes how the theory of institutional dialogue, emerging from weak-form judicial review systems, offers a third perspective that seeks to reconcile these antagonistic views, proposing a "conversation" between branches that aims to improve the quality of constitutional deliberation and legitimize constitutional justice without yielding to absolute judicial or parliamentary supremacy.

Keywords: Ronald Dworkin; Jeremy Waldron; Judicial Review; Democratic Legitimacy; Institutional Dialogue.

Introdução

A questão da legitimidade democrática da *judicial review* – a capacidade de um órgão judicial não eleito anular atos do Poder Legislativo democraticamente eleito – constitui um dos dilemas mais persistentes e centrais do constitucionalismo moderno. Essa tensão, frequentemente referida como o \"problema contramajoritário\", tem gerado um vasto e rico debate acadêmico, polarizando opiniões entre aqueles que defendem a supremacia judicial como guardiã dos direitos fundamentais e aqueles que advogam pela primazia da deliberação legislativa como expressão da vontade popular. No coração desse debate encontram-se as visões contrastantes de Ronald Dworkin e Jeremy Waldron, dois dos mais influentes teóricos do direito e da filosofia política contemporâneos (PASSOS, 2015, p. 78; PASSOS, 2019, p. 78).

Enquanto Dworkin argumenta que a *judicial review* é não apenas compatível, mas muitas vezes essencial para uma democracia saudável, especialmente na proteção de princípios morais e direitos de minorias, Waldron defende vigorosamente que ela é fundamentalmente antidemocrática, usurpando o papel do legislador na resolução de desacordos sobre direitos. No entanto, a emergência de modelos de *weak-form judicial review*, observados em países da *Commonwealth* como Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido, oferece uma \"terceira via\" que busca mitigar essa tensão por meio do conceito de diálogo institucional. O presente artigo examinará as principais teses de Dworkin e Waldron, para então analisar como a proposta do diálogo institucional se posiciona nesse debate, oferecendo uma abordagem que, sem resolver completamente as controvérsias, busca uma legitimação da *judicial review* através da interação e da troca argumentativa entre os poderes. A discussão se baseará principalmente nas obras dos autores mencionados e na análise de Passos (2015, 2019, 2023) sobre os modelos de *judicial review*.

Desenvolvimento

O cerne do debate sobre a legitimidade da *judicial review* reside na aparente contradição entre a democracia, entendida como governo da maioria, e a capacidade de juízes não eleitos invalidarem atos dessa maioria. Ronald Dworkin, um dos mais proeminentes defensores da *judicial review*, aborda essa questão através de sua concepção da \"leitura moral\" da Constituição (DWORKIN, 2005, p. 2, citado por PASSOS, 2015, p. 79; PASSOS, 2019, p. 79). Para Dworkin, as Constituições modernas, ao declararem direitos individuais de forma ampla e abstrata, convidam a uma interpretação baseada em princípios morais de decência política e justiça. Diante de questões constitucionais controversas, alguém precisa decidir como esses princípios abstratos devem ser compreendidos. Nesse sentido, Dworkin argumenta que não há uma conexão necessária entre democracia e mera regra da maioria. Pelo contrário, a *judicial review*, ao proteger princípios fundamentais e direitos de minorias contra o \"tyranny of the majority\", é uma parte integrante e muitas vezes indispensável de uma democracia que se leva a sério seus próprios ideais de igualdade e liberdade. Ele sustenta que as Cortes, por serem um \"fórum do princípio\" e estarem menos sujeitas às pressões políticas eleitorais, são mais adequadas para julgar questões de princípios do que as legislaturas, que estão atreladas a uma lógica eleitoral que incentiva compromissos incompatíveis com a análise racional dos direitos (DWORKIN, 1995, p. 11, citado por PASSOS, 2015, p. 81; PASSOS, 2019, p. 81). Dworkin, portanto, defende a *strong-form judicial review*, acreditando que ela pode produzir \"as melhores respostas nas questões morais essenciais\" sobre as condições democráticas (DWORKIN, 2005, p. 34, citado por PASSOS, 2015, p. 80; PASSOS, 2019, p. 80).

Em oposição a Dworkin, Jeremy Waldron (2006, p. 1348, citado por PASSOS, 2015, p. 81; PASSOS, 2019, p. 81) é um crítico contundente da *judicial review*, especialmente na sua forma forte. Para Waldron, a *judicial review* é inapropriada como modelo de decisão final em uma sociedade livre e democrática. Ele argumenta que, em sociedades pluralistas, existe um \"desacordo moral persistente\" sobre o que os direitos significam, e que esse desacordo deve ser resolvido no arena legislativa, através do procedimento majoritário, que confere igual valor a todos os cidadãos (WALDRON, 2006, p. 1369-1370, citado por PASSOS, 2015, p. 82; PASSOS, 2019, p. 82). A *judicial review*, ao privilegiar os votos de uma minoria de juízes não eleitos e não responsabilizáveis, desrespeita os princípios de representação e igualdade política na

resolução de questões de direito. Waldron não vê o conflito como uma disputa entre defensores e opositores de direitos, mas sim entre \"uma visão de direitos (a visão do Judiciário) e outra visão de direitos (a visão do Legislativo)\" (WALDRON, 2006, p. 1366, citado por PASSOS, 2015, p. 82; PASSOS, 2019, p. 82). Ele acredita que a discussão política no Parlamento, como evidenciado nos debates sobre temas sensíveis no Reino Unido, é capaz de proteger os direitos das minorias e que a *judicial review* pode, de fato, desencorajar o debate público e a participação legislativa, ao transferir a responsabilidade da decisão final para o Judiciário (THAYER, 1893, citado por PASSOS, 2015, p. 68; PASSOS, 2019, p. 68).

A proposta do **diálogo institucional**, que se manifesta nos modelos de *weak-form judicial review*, surge como uma tentativa de conciliar essas perspectivas. Essa abordagem reconhece que a interpretação constitucional nem sempre tem uma única resposta \"certa\", e que múltiplas interpretações razoáveis são possíveis (PASSOS, 2015, p. 77; PASSOS, 2019, p. 77). Assim, em vez de um Judiciário que impõe sua \"última palavra\", o diálogo propõe uma interação contínua e argumentativa entre os poderes, onde a decisão judicial não é final, mas abre um canal para uma resposta legislativa. Como bem salienta Kent Roach (2006, p. 348, citado por PASSOS, 2015, p. 74; PASSOS, 2019, p. 74), a ideia de diálogo deve ser vista como um meio de reconciliação da *judicial review* com a democracia.

Nos sistemas de *weak-form judicial review*, a decisão judicial que aponta uma inconstitucionalidade não retira a lei do ordenamento de forma definitiva, mas provoca o Legislativo a reavaliar sua posição. No Canadá, por exemplo, a cláusula *notwithstanding* (Seção 33 da CCORF) permite ao Parlamento reafirmar uma lei, mesmo que considerada inconstitucional pelo Judiciário (PASSOS, 2015, p. 33; PASSOS, 2019, p. 33). No Reino Unido, a \"declaração de incompatibilidade\" do *Human Rights Act* (Seção 4) sinaliza um conflito sem anular a lei, abrindo espaço para uma resposta legislativa (PASSOS, 2015, p. 47; PASSOS, 2019, p. 47). Esses mecanismos garantem que o Judiciário insira um \"argumento jurídico\" qualificado no debate, mas a decisão final sobre a política pública permanece, em última instância, com o Parlamento (HOGG; BUSHELL, 1997, p. 80, citado por PASSOS, 2015, p. 91; PASSOS, 2019, p. 91).

Essa dinâmica atenua as críticas de Waldron, pois a decisão judicial não é um veto absoluto, mas o \"começo de uma comunicação interinstitucional\" (MENDES, 2008, p. 146, citado por PASSOS, 2015, p. 100; PASSOS, 2019, p. 100). O Parlamento pode discordar do Judiciário e impor sua visão, mas o faz com pleno conhecimento dos

argumentos jurídicos levantados, assumindo o custo político de tal escolha. Ao mesmo tempo, ele se alinha com a preocupação de Dworkin com a proteção de direitos, pois a intervenção judicial força o debate e a consideração dos princípios constitucionais. A efetividade do diálogo, como observam Hogg e Bushell (1997, p. 97, citado por PASSOS, 2015, p. 94; PASSOS, 2019, p. 94) na experiência canadense, é demonstrada pela alta taxa de respostas legislativas às decisões judiciais, muitas vezes resultando em leis que, embora mantenham os objetivos originais, são adaptadas para respeitar os direitos fundamentais.

No entanto, o conceito de diálogo institucional também enfrenta suas próprias limitações e críticas. Manfredi e Kelly (1999, p. 522, citado por PASSOS, 2015, p. 103; PASSOS, 2019, p. 103) questionam se há um \"diálogo verdadeiro\" quando o Legislativo simplesmente aceita a posição da Corte, sugerindo que o genuíno diálogo só ocorre na confrontação. O texto original contrapõe que mesmo a anuência, quando o Legislativo tem a opção de discordar, é uma forma de diálogo, pois é uma escolha consciente que leva em conta os argumentos judiciais. O professor Andrew Petter (2010, p. 155, citado por PASSOS, 2015, p. 104; PASSOS, 2019, p. 104) critica o otimismo com a teoria do diálogo, argumentando que ela falha em fornecer uma justificação moral suficiente para a *judicial review* e baseia-se na premissa errônea de que uma decisão é legítima simplesmente porque não é conclusiva. Ele também aponta para o problema da representatividade dos parlamentos, questionando se um diálogo entre instituições democráticas falhas pode produzir um resultado verdadeiramente democrático.

Apesar dessas críticas, a teoria do diálogo oferece uma legitimação mais robusta para a *judicial review* do que a pura imposição judicial ou a subserviência legislativa. Ao invés de um Judiciário que monopoliza a interpretação constitucional ou um Legislativo que age sem contrapesos, o diálogo propõe uma \"divisão de trabalhos\" mais apropriada, onde ambos os poderes contribuem para a construção do sentido constitucional. A legitimidade da *judicial review* passa a ser centrada não apenas no conteúdo das decisões, mas na capacidade de criar um \"diálogo institucional democrático\" que aprimora a qualidade da deliberação sobre direitos e equilibra os princípios democrático e protetivo (PASSOS, 2015, p. 74; PASSOS, 2019, p. 74). Isso leva a uma maior accountability do Legislativo e a um Judiciário mais transparente em sua fundamentação. O Judiciário, então, atua como um \"interlocutor, como o responsável pela inserção de um argumento jurídico no debate político\", contribuindo para uma decisão de maior qualidade

deliberativa (MENDES, 2008, p. 18, citado por PASSOS, 2015, p. 132; PASSOS, 2019, p. 132).

Conclusão

O debate entre Ronald Dworkin e Jeremy Waldron sobre a legitimidade da *judicial review* encapsula a tensão fundamental entre a proteção de direitos e o princípio democrático. Dworkin, com sua \"leitura moral\" da Constituição, defende a *judicial review* como essencial para salvaguardar princípios e minorias, atribuindo ao Judiciário um papel central. Waldron, por sua vez, critica a *judicial review* como antidemocrática, advogando pela primazia do Legislativo na resolução de desacordos sobre direitos, em nome da igualdade política e da vontade da maioria.

A proposta do diálogo institucional, materializada nos modelos de *weak-form judicial review*, surge como uma tentativa de transcender essa dicotomia, oferecendo uma solução mais matizada. Ao permitir que a decisão judicial sobre a constitucionalidade de uma lei não seja final, mas um convite à deliberação legislativa, esses sistemas criam um espaço para uma troca argumentativa contínua entre os poderes. O Judiciário insere argumentos jurídicos qualificados no debate, forçando o Legislativo a considerar os direitos fundamentais de forma mais aprofundada, enquanto a prerrogativa parlamentar de ter a última palavra, mesmo que sob custo político, preserva o aspecto democrático.

Embora o diálogo institucional enfrente críticas sobre sua efetividade e a genuinidade da interação, ele oferece uma via promissora para a legitimação da *judicial review*. Ao transformar o Judiciário de um mero \"veto\" para um \"catalisador de debates\", e o Legislativo de um corpo passivo para um participante ativo na interpretação constitucional, os modelos de *weak-form judicial review* promovem uma construção compartilhada do direito. Isso não apenas enriquece a qualidade da deliberação, mas também aumenta a responsabilidade de ambos os poderes na proteção dos direitos fundamentais, contribuindo para uma democracia mais robusta e transparente, capaz de integrar a expertise jurídica com a legitimidade popular na constante busca pelo sentido da Constituição.

Referências

DWORKIN, Ronald. Constitutionalism and Democracy. *European Journal of Philosophy*, v. 3, n. 1, p. 2–11, 1995.

DWORKIN, Ronald. *Freedom's law: the moral reading of the American Constitution*. Reprint ed. Oxford: Oxford Univ. Press, 2005.

GARDBAUM, S. *The New Commonwealth Model of Constitutionalism*. Rochester, NY: Social Science Research Network, 2002.

HOGG, P.; BUSHELL, A. The Charter Dialogue between Courts and Legislatures (Or Perhaps the Charter of Rights Isn't Such a Bad Thing after All). *Osgoode Hall Law Journal*, v. 35, n. 1, p. 75–124, 1997.

MANFREDI, C.; KELLY, J. Six Degrees of Dialogue: A Response to Hogg and Bushell. *Osgoode Hall Law Journal*, v. 37, n. 3, p. 513–527, 1999.

MENDES, C. H. *Direitos fundamentais, separação de poderes e deliberação*. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional democrático*. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Políticas) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional*. Curitiba: Juruá Editora, 2019.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

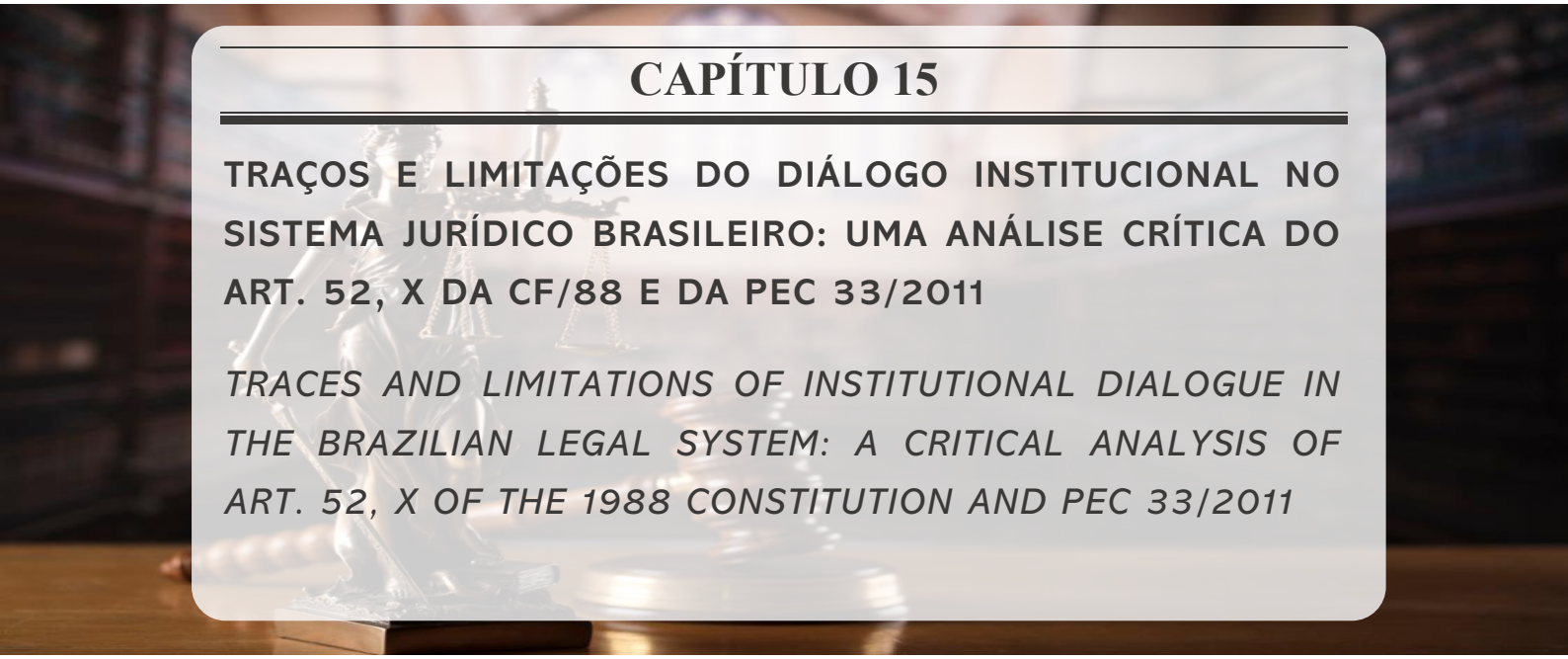
PETTER, A. *The Politics of the Charter: The Illusive Promise of Constitutional Rights*. Toronto: University of Toronto Press, 2010.

ROACH, K. Dialogue or defiance: Legislative reversals of Supreme Court decisions in Canada and the United States. *International Journal of Constitutional Law*, v. 4, n. 2, p. 347–370, 2006.

THAYER, J. B. The Origin and Scope of the American Doctrine of Constitutional Law. Boston: Little, Brown and Company, 1893.

TUSHNET, M. *Weak courts, strong rights: judicial review and social welfare rights in comparative constitutional law*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2008.

WALDRON, J. The Core of the Case against Judicial Review. *The Yale Law Journal*, v. 115, n. 6, p. 1346–1406, 2006.



CAPÍTULO 15

TRAÇOS E LIMITAÇÕES DO DIÁLOGO INSTITUCIONAL NO SISTEMA JURÍDICO BRASILEIRO: UMA ANÁLISE CRÍTICA DO ART. 52, X DA CF/88 E DA PEC 33/2011

TRACES AND LIMITATIONS OF INSTITUTIONAL DIALOGUE IN THE BRAZILIAN LEGAL SYSTEM: A CRITICAL ANALYSIS OF ART. 52, X OF THE 1988 CONSTITUTION AND PEC 33/2011

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.15

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Resumo

Este artigo examina a existência e as limitações de mecanismos de diálogo institucional entre o Poder Judiciário e o Legislativo no sistema constitucional brasileiro, classificado como "super strong-form judicial review". A análise foca no Art. 52, X da Constituição Federal de 1988, que confere ao Senado a competência para suspender a execução de leis declaradas inconstitucionais pelo STF, e discute o potencial dialógico enfraquecido pela jurisprudência. Em contraste, avalia criticamente a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 33/2011, que visava introduzir um controle legislativo posterior sobre decisões do STF, argumentando que, apesar da intenção de diálogo, suas falhas conceituais poderiam comprometer a segurança jurídica e a legitimidade democrática, sem promover uma interação genuína entre os poderes.

Palavras-chave: Diálogo Institucional; Controle de Constitucionalidade; Cláusulas Pétreas; Supremo Tribunal Federal; Art. 52, X da CF/88.

Abstract

This article examines the existence and limitations of institutional dialogue mechanisms between the Judiciary and the Legislature in the Brazilian constitutional system, classified as "super strong-form judicial review." The analysis focuses on Art. 52, X of the 1988 Federal Constitution, which grants the Senate the

power to suspend the execution of laws declared unconstitutional by the STF, discussing the jurisprudential weakening of its dialogical potential. In contrast, it critically evaluates Constitutional Amendment Proposal (PEC) 33/2011, which aimed to introduce post-legislative control over STF decisions, arguing that, despite the intention of dialogue, its conceptual flaws could compromise legal certainty and democratic legitimacy without promoting genuine interaction between the branches.

Keywords: Institutional Dialogue; Constitutional Review; Entrenched Clauses; Supreme Federal Court; Art. 52, X of CF/88.

Introdução

O debate acerca do diálogo institucional entre o Poder Judiciário e o Poder Legislativo, especialmente no contexto do controle de constitucionalidade, tem ganhado proeminência no constitucionalismo comparado. Enquanto modelos de *weak-form judicial review*, como os encontrados no Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido, são concebidos para fomentar essa interação argumentativa, sistemas mais rígidos enfrentam desafios substanciais para a sua efetivação. O Brasil, com sua complexa estrutura de controle de constitucionalidade, caracterizada pela existência de cláusulas pétreas e pela forte atuação do Supremo Tribunal Federal (STF), é frequentemente classificado como um exemplo de \"super strong-form judicial review\" (PASSOS, 2015, p. 107; PASSOS, 2019, p. 107). Essa classificação indica que as decisões judiciais, em muitas instâncias, são absolutamente finais, limitando significativamente as possibilidades de uma resposta legislativa ou de um diálogo construtivo entre os poderes.

Este artigo se propõe a analisar os traços de diálogo institucional presentes no sistema jurídico brasileiro, bem como as limitações que impedem sua plena concretização. Serão examinadas as potencialidades e a subutilização do Art. 52, X, da Constituição Federal de 1988, que confere ao Senado Federal a prerrogativa de suspender a execução de leis declaradas inconstitucionais pelo STF. Em um segundo momento, será feita uma análise crítica da Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 33/2011, que buscava instituir um controle legislativo posterior sobre as decisões do STF, para avaliar se tal iniciativa representaria um avanço ou um retrocesso para o diálogo democrático. O objetivo final é compreender o panorama do diálogo institucional no Brasil e identificar os obstáculos e oportunidades para um aprimoramento da interação entre os poderes, contribuindo para uma maior legitimidade democrática do controle de constitucionalidade. A metodologia baseia-se na análise crítica das disposições

constitucionais, da jurisprudência do STF e das propostas de reforma, com suporte na literatura especializada fornecida.

Desenvolvimento

O sistema jurídico brasileiro apresenta características que o distinguem significativamente dos modelos de *weak-form judicial review* que fomentam o diálogo institucional. A presença de cláusulas pétreas, que tornam certos dispositivos constitucionais imutáveis até mesmo por emenda constitucional, confere ao Poder Judiciário um poder de decisão final em algumas matérias que não encontra paralelo em outros sistemas. Essa rigidez estrutural faz com que o controle de constitucionalidade brasileiro seja descrito como \"super strong-form judicial review\" (PASSOS, 2015, p. 107; PASSOS, 2019, p. 107), o que, por sua natureza, restringe consideravelmente a capacidade de o Legislativo propor respostas ou de instaurar um diálogo argumentativo eficaz sobre o sentido da Constituição. A ausência de uma \"válvula de escape democrática\" nesse arranjo impede que o legislador democraticamente eleito atualize ou reavalie matérias julgadas pelo Judiciário, especialmente naquelas que envolvem as chamadas cláusulas pétreas.

Apesar dessa configuração de rigidez, é possível identificar alguns traços de diálogo institucional no direito constitucional brasileiro, embora muitas vezes subutilizados ou enfraquecidos pela própria jurisprudência. Um exemplo clássico reside no **Art. 52, X, da Constituição Federal de 1988**, que atribui ao Senado Federal a competência privativa de \"suspender a execução, no todo ou em parte, de lei declarada inconstitucional por decisão definitiva do Supremo Tribunal Federal\" em controle difuso (PASSOS, 2015, p. 109; PASSOS, 2019, p. 109). A intenção original desse dispositivo, presente no direito brasileiro desde 1934, era criar um mecanismo de coordenação entre o Judiciário e o Legislativo. Após uma decisão de inconstitucionalidade em controle difuso (com efeitos *inter partes*), a comunicação ao Senado permitiria que este, agindo como expressão do legislador, suspendesse a execução da lei com efeitos *erga omnes* e vinculantes. O texto original sugere que o Senado poderia, inclusive, negar-se a suspender a execução de uma lei, desde que o fizesse fundamentadamente, o que forçaria um diálogo argumentativo com o STF (PASSOS, 2015, p. 110-111; PASSOS, 2019, p. 110-111). Essa possibilidade de \"negação de suspensão\" e a subsequente reapreciação pelo STF, com conhecimento dos argumentos do Senado, poderiam gerar um fluxo contínuo de troca argumentativa, enriquecendo o debate constitucional.

No entanto, a jurisprudência do STF, especialmente no julgamento da **Reclamação nº 4335**, enfraqueceu significativamente o potencial dialógico do Art. 52, X. O Tribunal, ao analisar a extensão dos efeitos de uma declaração de inconstitucionalidade em controle difuso (no caso da Lei de Crimes Hediondos), caminhou para uma \"abstrativização\" dos efeitos, argumentando que a própria decisão do STF já possuía força normativa suficiente para suspender a execução da lei, independentemente da manifestação do Senado (MENDES; BRANCO, 2014, p. 2501, citado por PASSOS, 2015, p. 114; PASSOS, 2019, p. 114). Essa interpretação transformou a competência do Senado em meramente \"publicizatória\", esvaziando seu papel como interlocutor no processo de controle de constitucionalidade e impedindo a instauração de um diálogo institucional. Embora a tese da mutação constitucional tenha sido questionada por alguns ministros, a decisão final do STF, ao validar a súmula vinculante nº 26 que dispensava a atuação do Senado para certos efeitos, efetivamente tornou irrelevante a participação da Casa Legislativa, consolidando uma concentração ainda maior de poderes nas mãos do Judiciário.

Outras ferramentas, como a **declaração de inconstitucionalidade sem pronúncia de nulidade** e o **apelo ao legislador**, também podem atuar como mecanismos de diálogo no sistema brasileiro. Inspiradas na jurisprudência alemã, essas técnicas permitem ao STF reconhecer a inconstitucionalidade de uma norma sem declarar sua nulidade imediata, concedendo um prazo para que o legislador corrija a situação (PASSOS, 2015, p. 119; PASSOS, 2019, p. 119). O caso da **ADI nº 2240**, que tratou da criação de municípios, ilustra essa potencialidade. O STF, ao declarar a inconstitucionalidade da lei estadual, suspendeu seus efeitos por 24 meses, permitindo que o legislador federal e estadual agissem. A resposta legislativa veio com a EC nº 57/2008, que convalidou a situação, mostrando como o deferimento de um prazo pode provocar um debate político e uma resposta legislativa, mesmo que esta não seja exatamente a sugerida pelo Judiciário (PASSOS, 2015, p. 121; PASSOS, 2019, p. 121).

A **reedição pelo Parlamento de uma lei já declarada inconstitucional** pelo STF, embora controversa, também pode ser vista como um instrumento de diálogo. O texto original argumenta que essa possibilidade, dada a não-vinculação expressa do Legislativo pelas decisões do STF (Art. 102, § 2º e Art. 103-A da CF/88), permite ao Parlamento apresentar novos argumentos ou recontextualizar a questão para uma nova apreciação judicial (PASSOS, 2015, p. 123; PASSOS, 2019, p. 123). O exemplo da **ADI nº 3772-DF**, que discutiu a aposentadoria especial do magistério, é elucidativo. Após uma

lei anterior de conteúdo semelhante ser declarada inconstitucional, o Congresso aprovou uma nova lei, e o STF, em uma reavaliação, modificou seu posicionamento, dando uma interpretação conforme a Constituição que validou a norma (PASSOS, 2015, p. 125-126; PASSOS, 2019, p. 125-126). Esse caso demonstra que o Judiciário pode ser sensível a uma nova deliberação legislativa, mesmo quando esta inicialmente contraria um entendimento anterior.

Em contraste com esses traços de diálogo, a **Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 33/2011** representou uma tentativa de instituir um controle legislativo posterior sobre as decisões do STF em controle de constitucionalidade de emendas constitucionais. A PEC propunha que decisões definitivas de mérito do STF que declarassem emendas constitucionais materialmente inconstitucionais dependeriam de aprovação do Congresso Nacional ou, na sua ausência, seriam submetidas a referendo popular (PASSOS, 2015, p. 127-128; PASSOS, 2019, p. 127-128). No entanto, a análise crítica revela que essa proposta, apesar de alegar buscar o diálogo, possuía **falhas conceituais graves**. Primeiramente, ela criaria um mecanismo de simples sobreposição política à decisão judicial, sem fomentar uma troca argumentativa qualificada (PASSOS, 2015, p. 130; PASSOS, 2019, p. 130). O Congresso poderia rejeitar a decisão do STF sem qualquer fundamentação, e o referendo popular, especialmente em questões complexas, estaria sujeito à manipulação e à polarização, minando o papel contramajoritário do Judiciário na proteção de direitos fundamentais. A PEC, ao apenas retirar os efeitos *erga omnes* e vinculantes da decisão judicial, sem substituí-la por uma resposta legislativa clara e estável (como na cláusula *notwithstanding* canadense), geraria insegurança jurídica e não promoveria um diálogo genuíno, mas sim uma anulação da autoridade judicial em favor de uma sobreposição política desarrazoada.

Uma limitação na abordagem do texto original é que, embora identifique os "traços de diálogo", não explora em profundidade as barreiras políticas, culturais e institucionais que impedem esses mecanismos de florescer em sua plenitude no Brasil. A cultura jurídica, historicamente avessa à horizontalidade na relação entre poderes e à valorização do precedente legislativo, somada à alta judicialização da política e à falta de *accountability* política do STF em um sistema de "última palavra" (mesmo que implícita), são fatores que dificultam a instauração de um diálogo genuíno. A mera existência de dispositivos constitucionais ou técnicas decisórias não garante a efetividade do diálogo sem um compromisso recíproco e uma mudança cultural profunda entre os atores políticos e jurídicos.

Conclusão

O sistema jurídico brasileiro, embora classificado como de "super strong-form judicial review" devido à rigidez de suas cláusulas pétreas e à centralidade do Supremo Tribunal Federal, possui traços de diálogo institucional que, se plenamente desenvolvidos e valorizados, poderiam mitigar a tensão contramajoritária e enriquecer a deliberação constitucional. O Art. 52, X da CF/88, as declarações de inconstitucionalidade sem pronúncia de nulidade e a possibilidade de reedição de leis inconstitucionais pelo Parlamento são mecanismos que, em teoria, abrem canais para uma interação argumentativa entre o Judiciário e o Legislativo.

No entanto, a prática jurisprudencial do STF tem, em grande medida, esvaziado o potencial dialógico desses instrumentos. A interpretação restritiva do Art. 52, X, que transformou a competência do Senado em meramente publicizatória, e a preferência por soluções judiciais definitivas (como as súmulas vinculantes) em detrimento de uma interação com o Legislativo, demonstram uma consolidação da supremacia judicial em detrimento de uma abordagem mais cooperativa.

A análise da PEC 33/2011, embora partindo da premissa de buscar maior diálogo, revela que sua concepção era falha, propondo um mecanismo de sobreposição política que geraria insegurança jurídica e não um verdadeiro intercâmbio argumentativo. A fragilidade dessas propostas reside na confusão entre o "veto" político e a construção de um diálogo que qualifique a deliberação constitucional.

Para que o diálogo institucional possa florescer no Brasil, é imperativo que haja uma mudança de paradigma, onde a Constituição seja vista como um arcabouço para a coordenação de poderes, e não como um campo de disputa por uma "última palavra" absoluta. O Judiciário deve atuar como um interlocutor qualificado, inserindo argumentos jurídicos no debate público, mas reconhecendo a legitimidade do Legislativo para responder e, em última instância, fazer valer sua vontade, desde que de forma consciente, fundamentada e em respeito aos direitos fundamentais. A superação de uma mentalidade isolacionista e a valorização de uma postura de abertura e respeito mútuo entre os poderes são passos essenciais para fortalecer a democracia e a proteção dos direitos no cenário constitucional brasileiro.

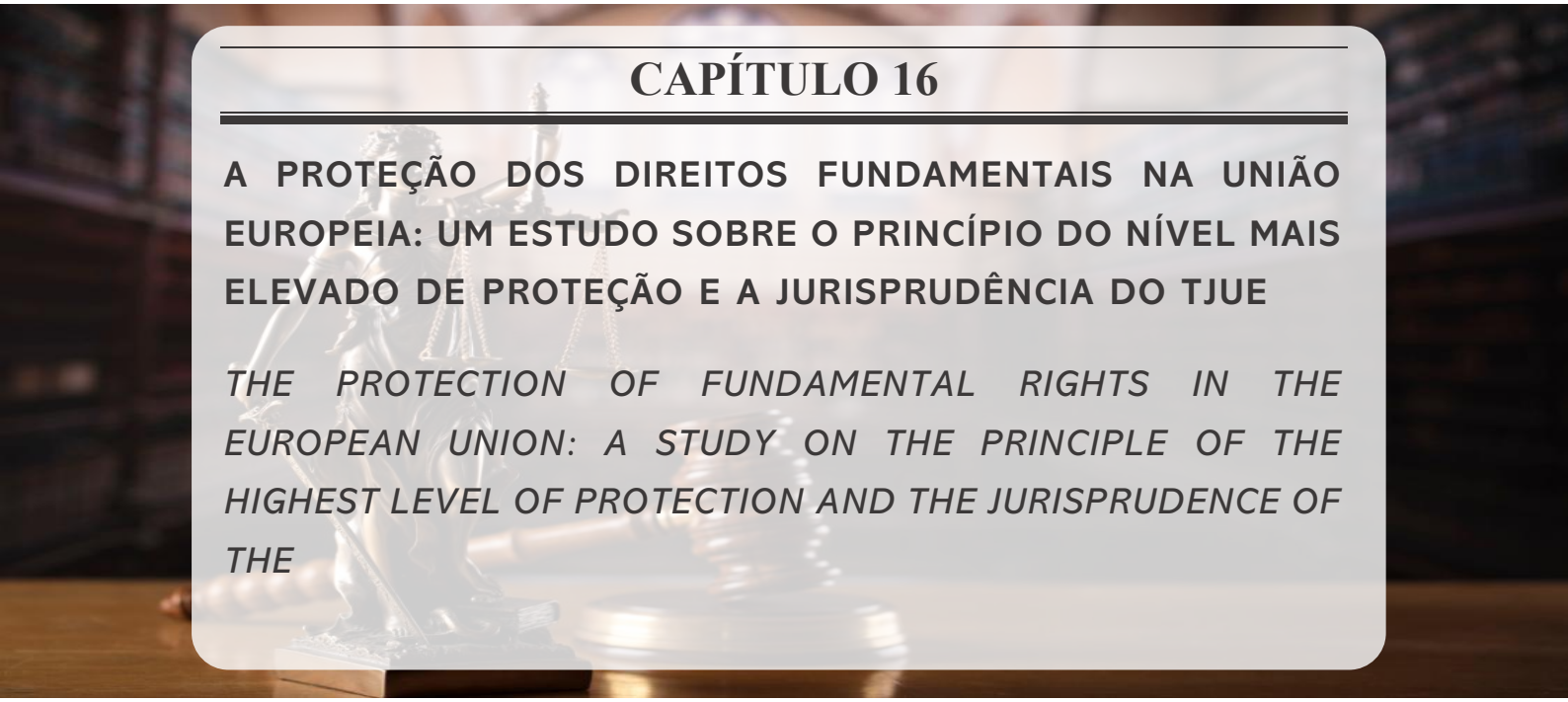
Referências

MENDES, Gilmar Ferreira; BRANCO, Paulo Gustavo Gonet. *Curso de Direito Constitucional*. 9. ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional democrático*. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Políticas) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2015.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI: Weak-form judicial review e promoção do diálogo institucional*. Curitiba: Juruá Editora, 2019.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.



CAPÍTULO 16

A PROTEÇÃO DOS DIREITOS FUNDAMENTAIS NA UNIÃO EUROPEIA: UM ESTUDO SOBRE O PRINCÍPIO DO NÍVEL MAIS ELEVADO DE PROTEÇÃO E A JURISPRUDÊNCIA DO TJUE

THE PROTECTION OF FUNDAMENTAL RIGHTS IN THE EUROPEAN UNION: A STUDY ON THE PRINCIPLE OF THE HIGHEST LEVEL OF PROTECTION AND THE JURISPRUDENCE OF THE

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.16

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Resumo

Este artigo explora a dinâmica da proteção dos direitos fundamentais no complexo sistema jurídico da União Europeia, com ênfase no princípio do nível mais elevado de proteção consagrado no Art. 53º da Carta de Direitos Fundamentais da UE (CDFUE). Analisa a jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE) em casos emblemáticos como Schmidberger, Omega Spielhallen e Melloni, demonstrando as tensões e a busca por um equilíbrio entre o primado do direito da UE e as normas constitucionais nacionais mais protetivas. O estudo destaca como esse princípio fomenta um diálogo internormativo e interjurisdicional, permitindo a flexibilização da hierarquia formal em prol da maximização da proteção de direitos, apesar das divergências doutrinárias sobre seu alcance.

Palavras-chave: União Europeia; Direitos Fundamentais; Nível Mais Elevado de Proteção; TJUE; Diálogo Interjurisdicional.

Abstract

This article explores the dynamics of fundamental rights protection within the complex legal system of the European Union, emphasizing the principle of the highest level of protection enshrined in Article 53 of the

Charter of Fundamental Rights of the EU (CFREU). It analyzes the jurisprudence of the Court of Justice of the European Union (CJEU) in emblematic cases such as Schmidberger, Omega Spielhallen, and Melloni, demonstrating the tensions and the search for a balance between the primacy of EU law and more protective national constitutional norms. The study highlights how this principle fosters inter-normative and inter-jurisdictional dialogue, allowing flexibility in formal hierarchy for maximized rights protection, despite doctrinal divergences on its scope.

Keywords: European Union; Fundamental Rights; Highest Level of Protection; CJEU; Inter-jurisdictional Dialogue.

Introdução

A proteção dos direitos fundamentais no espaço europeu é caracterizada por um sistema complexo e multifacetado, onde coexistem e interagem diferentes ordens jurídicas. Além dos ordenamentos constitucionais dos Estados-membros, o Direito da União Europeia (UE) e o sistema da Convenção Europeia dos Direitos Humanos (CEDH), supervisionado pelo Tribunal Europeu dos Direitos Humanos (TEDH), contribuem para um quadro de proteção que, embora robusto, suscita questões delicadas sobre a hierarquia e a aplicação das normas. Nesse cenário de pluralismo normativo, emerge o princípio do nível mais elevado de proteção como uma bússola interpretativa e aplicativa, particularmente em matéria de direitos fundamentais. Este princípio, encapsulado no Artigo 53º da Carta de Direitos Fundamentais da União Europeia (CDFUE), busca resolver conflitos entre fontes normativas, priorizando aquela que oferece a maior salvaguarda ao indivíduo.

O presente artigo dedica-se a uma análise aprofundada do princípio do nível mais elevado de proteção no contexto da União Europeia. Serão exploradas as suas raízes conceituais e a sua interpretação pela doutrina e, principalmente, pela jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE). Através de estudos de caso emblemáticos, como *Schmidberger*, *Omega Spielhallen* e *Melloni*, o artigo examinará como o TJUE tem navegado na complexa interação entre o primado do direito da UE e a autonomia dos ordenamentos jurídicos nacionais, buscando um equilíbrio que otimize a proteção dos direitos fundamentais. O objetivo é demonstrar que, embora a primazia do direito da União seja um pilar inquestionável, a aplicação do princípio do nível mais elevado de proteção permite uma flexibilização em prol de uma maior efetividade dos direitos, fomentando um diálogo internormativo crucial. A metodologia empregada consiste na revisão da literatura especializada e na análise da jurisprudência do TJUE, conforme referenciado nos documentos fornecidos.

Desenvolvimento

A arquitetura da proteção dos direitos fundamentais na Europa é intrincada, envolvendo o sistema do Conselho da Europa, com a CEDH e o TEDH, e o sistema da União Europeia, com suas próprias instituições e a Carta de Direitos Fundamentais da UE (CDFUE). Essa coexistência gera um cenário de pluralismo constitucional, onde a possibilidade de conflitos normativos e interpretativos é inerente. O Artigo 53º da CDFUE surge como um dispositivo-chave para lidar com essa complexidade, ao prescrever que nenhuma disposição da Carta pode ser interpretada de modo a restringir ou lesar os direitos humanos e liberdades fundamentais reconhecidas no âmbito do direito da UE, do direito internacional, das convenções internacionais (notadamente a CEDH) ou das Constituições dos Estados-membros (PASSOS, 2023, p. 234).

A interpretação do Artigo 53º da CDFUE gerou um debate doutrinário significativo. Uma corrente, que inclui autores como Leonard Besselink, Maria Luísa Duarte e Mariana Canotilho, entende que o dispositivo consagra o **princípio do nível mais elevado de proteção** dos direitos fundamentais (PASSOS, 2023, p. 235). Essa perspectiva concebe o Art. 53º como um critério de resolução de conflitos, que determina a aplicação da norma que ofereça a maior proteção aos direitos em questão, independentemente de sua origem. Ou seja, a CDFUE só seria aplicada quando conferisse um nível de proteção superior ao garantido pelas Constituições nacionais ou pela CEDH, atuando como um \"nivelamento por cima\" (*race to top*) (CANOTILHO, M., 2008, citado por PASSOS, 2023, p. 250). Essa visão realça o diálogo entre os ordenamentos jurídicos como um mecanismo para fortalecer a proteção dos direitos fundamentais e legitimar a ação da União.

Em contrapartida, outros doutrinadores, como Ingolf Pernice e Joseph Weiler, defendem que o Artigo 53º não estabelece um princípio autônomo de proteção qualificada, mas apenas reafirma o **princípio do primado do direito da UE** (PASSOS, 2023, p. 236). Essa corrente argumenta que permitir a prevalência de uma norma nacional sobre a do direito da UE, mesmo que mais protetiva, comprometeria a unidade e a eficácia do ordenamento jurídico comunitário.

A jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia (TJUE) tem sido fundamental para moldar a compreensão e aplicação desse princípio. Inicialmente, o TJUE adotou uma postura mais restritiva em matéria de direitos fundamentais, devido ao então \"vazio comunitário\" (PASSOS, 2023, p. 239). Contudo, progressivamente, o

Tribunal passou a reconhecer os direitos fundamentais como princípios gerais do direito comunitário e a integrá-los em sua análise, considerando as Constituições nacionais e os tratados internacionais como referências (casos *Eric Stauder*, *J. Nold* e *Hubert Wachauf* - PASSOS, 2023, p. 239).

O caso **Schmidberger** (2003) é um exemplo prático da busca por esse equilíbrio. Uma empresa de transportes acionou a República da Áustria por perdas financeiras devido a um protesto que bloqueou uma autoestrada, alegando violação à livre circulação de mercadorias. O TJUE foi provocado a analisar a compatibilidade da autorização do protesto (fundamentada nos direitos à liberdade de expressão e reunião, garantidos pela Constituição austríaca e pela CEDH) com o direito comunitário. O Tribunal reconheceu que \"ambos a Comunidade e seus Estados-Membros são obrigados a respeitar os direitos fundamentais, a proteção desses direitos é um interesse legítimo que, em princípio, justifica uma restrição das obrigações impostas pelo direito comunitário, mesmo sob uma liberdade fundamental garantida pelo Tratado, como a livre circulação de mercadorias\" (*Schmidberger*, 2003, citado por PASSOS, 2023, p. 241). Essa decisão demonstrou que o TJUE, em certas circunstâncias, pode reconhecer a legitimidade de normas nacionais que priorizem direitos fundamentais, mesmo que isso restrinja liberdades comunitárias, utilizando um teste de proporcionalidade.

Outro caso relevante é **Omega Spielhallen** (2004). Uma proibição na Alemanha da exploração de atividades recreativas que simulavam homicídios, sob o fundamento da dignidade da pessoa humana (Constituição alemã), foi questionada por uma empresa por violar a livre circulação de serviços. O TJUE, novamente, ponderou a restrição, reconhecendo a legitimidade da proibição com base em \"razões de ordem pública\", que incluíam a proteção de um \"valor fundamental consagrado na Constituição nacional, ou seja, a dignidade humana\" (PASSOS, 2023, p. 243). Mariana Canotilho (2008, citada por PASSOS, 2023, p. 243) interpreta essa decisão como um avanço na jurisprudência, pois o Tribunal admitiu que \"no confronto entre uma norma comunitária e uma norma constitucional de um Estado Membro pode ser dada preferência a esta última\". Esses casos ilustram o reconhecimento da margem de apreciação dos Estados-membros em relação a direitos fundamentais, permitindo que normas nacionais mais protetivas prevaleçam.

Contudo, a interpretação do Art. 53º da CDFUE pelo TJUE não é sempre unidirecional. O caso **Melloni** (2013) é um contraponto significativo. Nele, discutiu-se se o Art. 53º permitiria que um Estado-membro (Espanha) subordinasse a entrega de uma

pessoa condenada sem ter estado presente no julgamento (no contexto de um mandado de detenção europeu) à condição de a condenação poder ser revista no Estado de emissão (Itália), conforme garantias de processo equitativo de sua Constituição, mesmo que o direito da UE não previsse essa condição. O TJUE **rechaçou expressamente** essa interpretação, afirmando que ela \"viola o princípio do primado do direito da União\" (PASSOS, 2023, p. 246-247). O Tribunal destacou que a invocação de disposições de direito nacional, mesmo de natureza constitucional, não pode afetar o efeito do direito da União.

A aparente contradição entre *Schmidberger/Omega* e *Melloni* reside na complexidade de equilibrar o primado do direito da UE com a proteção dos direitos fundamentais em nível nacional. No entanto, mesmo em *Melloni*, o TJUE não afastou por completo a possibilidade de normas nacionais garantirem maior proteção. Como Correia e Jesus (2014, citados por PASSOS, 2023, p. 248) observam, o \"nível de proteção a aplicar em cada caso concreto deve ser o adequado\". Ou seja, não se trata de uma primazia absoluta do mais protetivo, mas de uma ponderação para encontrar a solução adequada no contexto dos objetivos da União. Em última análise, o TJUE busca uma \"coordenação de proteção jusfundamental\" que não neutralize as especificidades dos Estados-membros, mas que opere dentro dos limites do primado do direito da UE (SILVA, S., 2011, citada por PASSOS, 2023, p. 251).

Uma limitação do texto original, que se torna relevante nesta discussão, é a ênfase na distinção entre o princípio do nível mais elevado de proteção e o *pro persona*. Embora o texto original os diferencie como gênero e espécie, respectivamente (PASSOS, 2023, p. 267), e os discuta em capítulos separados, a prática de aplicação do TJUE, como em *Schmidberger* e *Omega*, reflete uma lógica muito similar à do *pro persona*, onde o que se busca é a proteção mais benéfica ao indivíduo no caso concreto, sem que a origem da norma seja um impeditivo. A distinção, portanto, pode ser mais de origem conceitual e desenvolvimento histórico do que de funcionalidade prática em termos de maximização da proteção. O TJUE, ao promover um \"mandato de otimização\" (SILVA, S., 2011, citada por PASSOS, 2023, p. 251), busca a melhor proteção, seja ela de fonte europeia ou nacional.

A importância do princípio do nível mais elevado de proteção reside em sua capacidade de instigar um **diálogo internormativo e interjurisdicional**. Esse diálogo pressupõe que, em uma situação de múltiplos catálogos de direitos (CDFUE, CEDH e Constituições nacionais), todos estejam, *a priori*, no mesmo nível. A tarefa do Judiciário

é então \"revelar\" qual *standard* prevalecerá no caso concreto, sendo este o mais protetivo. Suzana Tavares da Silva (2011, citada por PASSOS, 2023, p. 293-294) descreve esse modelo de \"hierarquia plana\", onde a \"atitude da magistratura\" – sua predisposição ao diálogo – é determinante para o sucesso. O TJUE, ao considerar os direitos fundamentais garantidos nas Constituições dos Estados-membros, não apenas integra a proteção, mas também reconhece a complexidade do pluralismo jurídico europeu.

Conclusão

A proteção dos direitos fundamentais na União Europeia constitui um dos empreendimentos jurídicos mais ambiciosos e complexos do constitucionalismo contemporâneo. A interação entre o direito da UE, as convenções internacionais e as Constituições nacionais dos Estados-membros, embora potencialmente geradora de conflitos, é mediada por princípios como o do nível mais elevado de proteção, que busca otimizar a garantia dos direitos humanos. O Artigo 53º da Carta de Direitos Fundamentais da UE, nesse sentido, atua como uma diretriz para que a interpretação e aplicação das normas sempre favoreçam a proteção mais ampla.

A jurisprudência do Tribunal de Justiça da União Europeia, em casos como *Schmidberger* e *Omega Spielhallen*, demonstra a flexibilidade e a capacidade de diálogo do TJUE em reconhecer a prevalência de normas nacionais mais protetivas, mesmo em detrimento do primado do direito da União, quando em jogo valores fundamentais e bem-justificados. Embora o caso *Melloni* tenha reafirmado a importância do primado da UE, ele não desautorizou a busca pela proteção mais elevada, mas sim delimitou os contornos em que a soberania nacional pode operar sem comprometer a ordem jurídica comunitária.

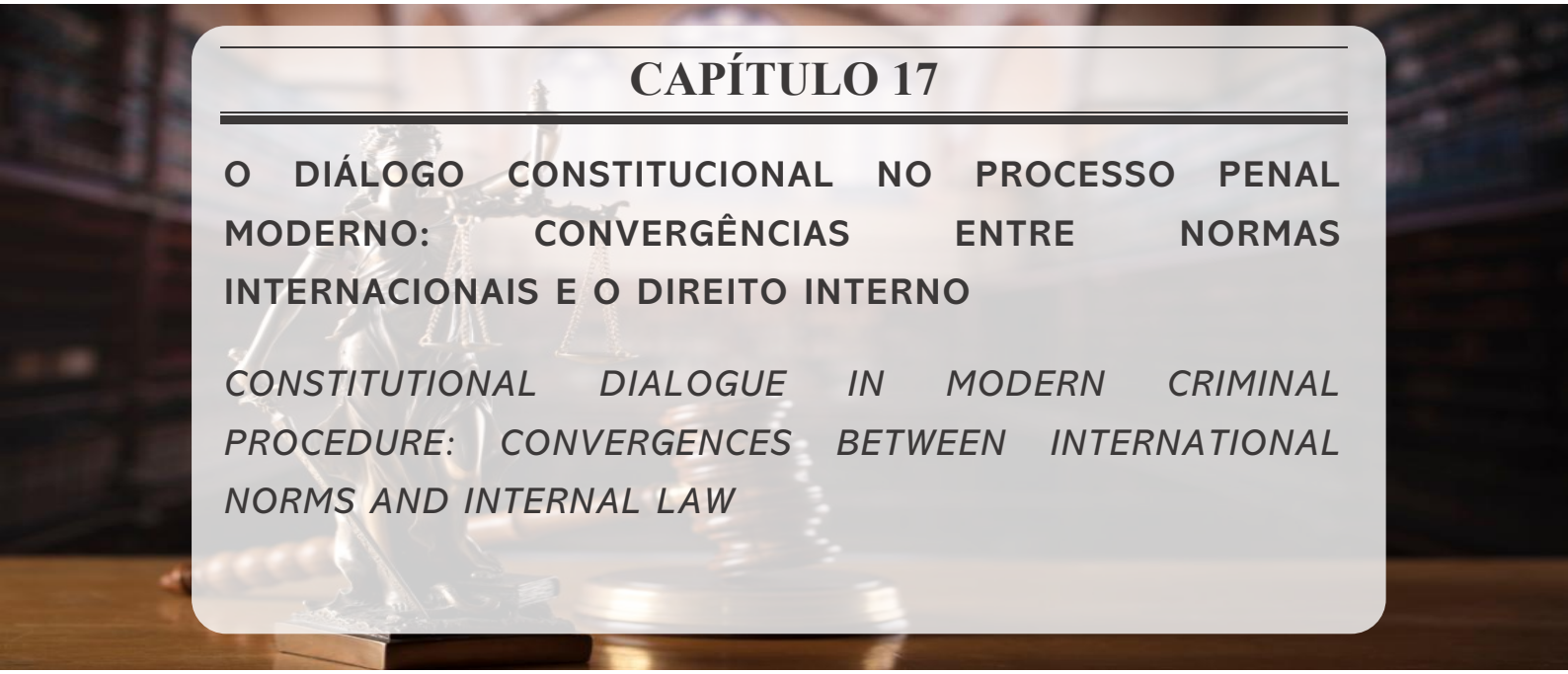
O princípio do nível mais elevado de proteção, portanto, fomenta um diálogo internormativo e interjurisdicional que transforma a aparente hierarquia em uma busca pela solução mais favorável à pessoa humana. Essa abordagem contribui para uma \"coordenação de proteção jusfundamental\", onde a diversidade dos modelos constitucionais nacionais é respeitada e, ao mesmo tempo, a eficácia do direito da União é assegurada. Em última análise, a experiência europeia mostra que a complexidade dos sistemas jurídicos multiníveis não precisa ser um obstáculo, mas uma oportunidade para aprimorar e fortalecer a proteção dos direitos fundamentais, desde que haja uma predisposição ao diálogo e à busca constante pela maximização da tutela da dignidade humana.

Referências

CANOTILHO, Mariana Rodrigues. *O princípio do nível mais elevado de proteção em matéria de direitos fundamentais*. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Políticas) – Faculdade de Direito da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O Poder Judiciário Brasileiro e a Garantia dos Direitos Fundamentais Através do Controle Interno de Convencionalidade e do Princípio do Nível Mais Elevado de Proteção*. Tese (Doutorado em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

SILVA, Susana Tavares da. *Direitos fundamentais na arena global*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.



CAPÍTULO 17

O DIÁLOGO CONSTITUCIONAL NO PROCESSO PENAL MODERNO: CONVERGÊNCIAS ENTRE NORMAS INTERNACIONAIS E O DIREITO INTERNO

CONSTITUTIONAL DIALOGUE IN MODERN CRIMINAL PROCEDURE: CONVERGENCES BETWEEN INTERNATIONAL NORMS AND INTERNAL LAW

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.17

Submetido em: 21/10/2025
Revisado em: 22/10/2025
Publicado em: 23/10/2025

Anderson Santos dos Passos

Possui graduação em Direito pela Universidade Federal de Pernambuco. Pós-graduado em Direito Público pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Mestre em Direito Constitucional pela Universidade de Coimbra-Portugal e Doutor em Direito, Justiça e Cidadania no Século XXI pela Universidade de Coimbra.

Juiz de Direito, Tribunal de Justiça de Alagoas, Maceió-AL

http://lattes.cnpq.br/1789202309352232

Maria Gabriela Ramos Dias

Assessora Judiciária do Tribunal de Justiça do Estado de Alagoas

Graduação em Direito pela Faculdade CESMAC do Agreste, Maceió-AL

Resumo

O presente capítulo explora a crescente interconexão entre o direito constitucional contemporâneo e os princípios do processo penal, enfatizando o papel crucial do diálogo entre as normas internacionais de direitos humanos e o ordenamento jurídico interno. Analisa-se a evolução do constitucionalismo pós-Segunda Guerra Mundial e a internacionalização da proteção dos direitos humanos, que transformaram a visão tradicional de soberania estatal. Discute-se o controle de convencionalidade como uma ponte essencial para harmonizar atos normativos nacionais com o corpus juris interamericano, superando o modelo hierárquico rígido de Kelsen. O capítulo aprofunda-se nos princípios pro persona e do nível mais elevado de proteção, demonstrando como eles orientam a interpretação e aplicação das normas para garantir a máxima efetividade dos direitos fundamentais, especialmente em face de novas ferramentas processuais

penais como o Acordo de Não Persecução Penal (ANPP), promovendo uma justiça mais dialogada e humanizada.

Palavras-chave: Direito Constitucional, Processo Penal, Controle de Convencionalidade, Direitos Humanos, Diálogo Institucional.

Abstract

This chapter explores the growing interconnection between contemporary constitutional law and criminal procedural principles, emphasizing the crucial role of dialogue between international human rights norms and domestic legal systems. It analyzes the evolution of post-World War II constitutionalism and the internationalization of human rights protection, which have transformed the traditional view of state sovereignty. It discusses conventionality control as an essential bridge to harmonize national normative acts with the inter-American corpus juris, overcoming Kelsen's rigid hierarchical model. It delves into the pro persona and highest level of protection principles, demonstrating how they guide the interpretation and application of norms to ensure maximum effectiveness of fundamental rights, especially in the face of new criminal procedural tools like the Non-Prosecution Agreement (ANPP), fostering a more dialogical and humanized justice system.

Keywords: Constitutional Law, Criminal Procedure, Conventionality Control, Human Rights, Judicial Dialogue.

Introdução

O direito constitucional moderno vivencia uma era de transformações profundas, impulsionada pela globalização, pela intensificação das relações internacionais e, sobretudo, pela crescente centralidade dos direitos humanos no cenário jurídico e político mundial. A concepção tradicional de soberania estatal, outrora entendida como um poder absoluto e intransponível em face de influências externas, tem sido progressivamente relativizada. Hoje, a internacionalização do direito constitucional e a constitucionalização do direito internacional convergem para um novo paradigma, no qual a proteção da dignidade da pessoa humana transcende as fronteiras nacionais e exige uma abordagem cooperativa e dialogada entre as diversas jurisdições.

Nesse contexto de mutação, o processo penal, historicamente concebido sob a égide da persecução penal obrigatória e da rigidez formal, tem sido compelido a se reinventar. A busca por maior eficiência, celeridade e, fundamentalmente, por uma justiça mais humanizada e restaurativa, levou à emergência de institutos de justiça negociada. O Acordo de Não Persecução Penal (ANPP), introduzido no ordenamento jurídico brasileiro, é um exemplo emblemático dessa evolução. Contudo, a efetividade e a legitimidade desses novos mecanismos não podem prescindir de uma sólida fundamentação em princípios constitucionais e normas internacionais de direitos humanos. A simples adoção de ferramentas consensuais, sem a devida salvaguarda dos direitos fundamentais, corre o risco de desvirtuar o propósito da justiça.

A compreensão e a aplicação do direito, especialmente em áreas tão sensíveis quanto a penal, demandam um olhar atento para a interconexão entre as ordens jurídicas interna e internacional. Este diálogo, muitas vezes, implica a superação de hierarquias formais em favor de uma primazia axiológica dos direitos humanos, onde o intérprete busca a norma que melhor promova e proteja a dignidade da pessoa. Este capítulo acadêmico propõe-se a explorar essa dinâmica multifacetada, analisando a forma como o direito constitucional contemporâneo e os princípios processuais penais se entrelaçam com as normas internacionais.

A investigação se estrutura em três eixos principais. Inicialmente, será traçado um panorama do constitucionalismo moderno e da internacionalização dos direitos humanos, destacando a emergência do *controle de convencionalidade* como um instrumento fundamental para harmonizar as diversas fontes normativas. Em seguida, aprofundar-se-á nos princípios *pro persona* e do *nível mais elevado de proteção*, defendendo a sua aplicação como critérios primordiais para a resolução de conflitos normativos em detrimento de uma lógica puramente hierárquica. Por fim, o capítulo examinará o Acordo de Não Persecução Penal (ANPP) no contexto brasileiro, ilustrando como as inovações no processo penal podem se beneficiar dessa perspectiva dialogada, garantindo a proteção dos direitos fundamentais em um cenário jurídico complexo e em constante evolução.

Desenvolvimento

O Constitucionalismo Moderno e a Proteção de Direitos Fundamentais

O cenário jurídico e político global foi profundamente redefinido após a Segunda Guerra Mundial, período que marcou a ascensão de um novo constitucionalismo. Ditaduras e regimes totalitários europeus, e posteriormente na América Latina, evidenciaram a vulnerabilidade intrínseca dos direitos individuais frente a poderes estatais ilimitados. Como resposta a esses traumas históricos, proliferaram-se, em diversas nações, constituições que, inspiradas tanto no modelo norte-americano quanto na tradição austro-germânica, buscavam solidificar a proteção dos direitos humanos. Uma característica central desses novos arranjos constitucionais foi a inserção de cartas de direitos fundamentais em textos de hierarquia superior e a institucionalização de mecanismos de controle de constitucionalidade de natureza jurisdicional. Este último

concedia ao Poder Judiciário um papel proeminente, outorgando-lhe a "palavra final" na interpretação da lei fundamental (PASSOS, 2019, p. 8).

Conforme Anderson Santos dos Passos (2019, p. 8):

O traço básico de tais modelos foi a instituição de uma carta de direitos fundamentais “positivada” em estatutos jurídicos de hierarquia superior e a existência de mecanismos de controlo de constitucionalidade de natureza jurisdicional (justiça constitucional), com poder para averiguar a compatibilidade dos atos normativos produzidos pelo Poder Legislativo em face da Bill of Rights e eventualmente anular tais atos quando entendidos como contrários ao texto constitucional.

Essa centralidade do Judiciário, característica da *strong-form judicial review*, assegurava que leis infraconstitucionais pudessem ser invalidadas se contrariassem a Constituição. No modelo norte-americano, por exemplo, a decisão do caso *Marbury v. Madison* em 1803, sob a liderança do Juiz Chefe John Marshall, estabeleceu a competência do Judiciário para ser o supremo guardião da Constituição, podendo negar aplicação a leis consideradas incompatíveis com o texto constitucional (PASSOS, 2019, p. 10-13). Na Europa, após um século e meio de resistência, o controle de constitucionalidade ganhou força no pós-guerra, impulsionado pela experiência de regimes totalitários que desdenharam os direitos humanos, percebendo-se a necessidade de instituições capazes de proteger os direitos fundamentais inclusive contra as maiorias (PASSOS, 2019, p. 13-14).

Contudo, essa abordagem não era universal. Paralelamente, mantinha-se viva a tradição da "soberania parlamentar", particularmente em países da *Commonwealth*, onde o Parlamento era considerado o órgão supremo na definição do direito, e os tribunais não possuíam o poder de anular leis. O Reino Unido, berço dessa doutrina, exemplifica um sistema em que a lei do Parlamento era vista como a autoridade legal suprema e ilimitada (PASSOS, 2019, p. 15-18). A tensão entre a *strong-form judicial review*, que prioriza a estabilidade constitucional e a proteção judicial dos direitos, e a soberania parlamentar, que enfatiza a democracia majoritária e a primazia do legislador, motivou o surgimento de uma "terceira via". Essa via intermediária, conhecida como *weak-form judicial review*, observada no Canadá, Nova Zelândia e Reino Unido, busca equilibrar a proteção de direitos fundamentais e o princípio democrático. Nesses sistemas, embora os tribunais possam manifestar a incompatibilidade de uma lei com a constituição ou com cartas de direitos, o poder de dar a "última palavra" ou de reverter a decisão judicial, de maneira simplificada, permanece com o Legislativo. Isso impõe um "custo político" ao Parlamento

ao desconsiderar as preocupações judiciais, fomentando um diálogo institucional (PASSOS, 2019, p. 23-24; SILVA, S. T., 2014, p. 21).

Simultaneamente à evolução do constitucionalismo nacional, ocorreu um processo de internacionalização dos direitos humanos, impulsionado pela Declaração Universal dos Direitos Humanos (DUDH) de 1948 e pelos Pactos Internacionais de Direitos Civis e Políticos e de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais de 1966. Esses marcos normativos estabeleceram um padrão universal de proteção e impulsionaram a "era da cidadania mundial", relativizando a noção de soberania absoluta do Estado (PASSOS, 2023, p. 15). A partir de então, a proteção de direitos fundamentais passou a ser objeto de preocupação não apenas interna, mas também internacional. Piovesan (2017) ressalta que essa internacionalização implica uma revisão da noção tradicional de soberania estatal, admitindo intervenções no plano nacional em prol da proteção dos direitos humanos e estabelecendo mecanismos de responsabilização internacional.

O Brasil, com a Constituição Federal de 1988 (CRFB/1988), alinhou-se a essa perspectiva. A Carta Magna eleva a dignidade da pessoa humana a um dos fundamentos da República (art. 1º, inc. III) e estabelece a prevalência dos direitos humanos como um dos princípios que regem as relações internacionais do país (art. 4º, inc. II). Além disso, o art. 5º, § 2º, incorpora ao rol de direitos e garantias fundamentais aqueles previstos em tratados internacionais de que o Brasil seja parte. A Emenda Constitucional nº 45/2004 reforçou essa abertura, ao introduzir o art. 5º, § 3º, que permite a equiparação de tratados de direitos humanos, aprovados por um rito qualificado, a emendas constitucionais. Tais disposições demonstram a permeabilidade do ordenamento jurídico brasileiro às normas internacionais e o compromisso do Estado com a proteção dos direitos fundamentais, estabelecendo as bases para um diálogo constante entre as esferas nacional e internacional (BRASIL, 1988).

O Controle de Convencionalidade como Ponte entre Ordens Jurídicas

A consolidação da internacionalização dos direitos humanos demandou a criação de um mecanismo apto a garantir a harmonia entre as normas domésticas e os compromissos internacionais assumidos pelos Estados. Este mecanismo é o *controle de convencionalidade*. Embora a obrigação de adequar o direito interno aos tratados de direitos humanos exista desde a vigência da Convenção Americana sobre Direitos Humanos (CADH) em 1978, a expressão "controle de convencionalidade" foi

explicitamente cunhada e desenvolvida pela Corte Interamericana de Direitos Humanos (Corte IDH) a partir do ano de 2006, com o emblemático caso *Almonacid Arellano y Otros vs. Chile* (PASSOS, 2023, p. 195).

Nesse julgamento crucial, a Corte IDH firmou o entendimento de que os juízes nacionais têm o dever de realizar um "controle de convencionalidade" de ofício. A decisão estabeleceu de forma inequívoca o papel dos magistrados internos:

A Corte tem consciência de que os juízes e tribunais internos estão sujeitos ao império da lei e, por isso, são obrigados a aplicar as disposições vigentes no ordenamento jurídico. Mas quando um Estado ratifica um tratado internacional como a Convenção Americana, seus juízes, como parte do aparato estatal, também estão submetidos a ela, o que os obriga a velar para que os efeitos das disposições da Convenção não se vejam diminuídos pela aplicação de leis contrárias a seu objeto e a seu fim e que, desde o início, carecem de efeitos jurídicos. Em outras palavras, o Poder Judiciário deve exercer uma espécie de "controle de convencionalidade" entre as normas jurídicas internas aplicadas a casos concretos e a Convenção Americana sobre Direitos Humanos. Nesta tarefa, o Poder Judiciário deve levar em conta não apenas o tratado, mas também a interpretação que a Corte Interamericana, intérprete última da Convenção Americana, fez do mesmo. (CORTE IDH, 2006, parágrafo 124).

Essa passagem seminal de *Almonacid Arellano* estabeleceu o dever dos juízes e tribunais nacionais de realizarem o *controle interno de convencionalidade*, não apenas considerando o texto dos tratados, mas também a interpretação da Corte IDH, que atua como intérprete autêntica da Convenção. A tese de doutorado de Passos (2023, p. 296) sublinha que essa atuação do Judiciário local é crucial para a efetivação dos direitos fundamentais, pois o controle interno de convencionalidade se torna a "primeira fronteira" de proteção e efetividade da CADH.

No contexto jurídico brasileiro, a incorporação dos tratados internacionais de direitos humanos tem sido objeto de intenso debate. A jurisprudência do Supremo Tribunal Federal (STF), especialmente no julgamento do Recurso Extraordinário (RE) nº 466.343/SP (BRASIL, 2008), consolidou a tese da supralegalidade para os tratados de direitos humanos que não são aprovados com o rito qualificado do art. 5º, § 3º, da CRFB/1988. Segundo essa tese, tais tratados possuem uma hierarquia superior às leis ordinárias, mas inferior à Constituição. Embora represente um avanço em relação à antiga equiparação dos tratados à lei ordinária, essa solução ainda é objeto de questionamentos

e não resolve integralmente a complexidade do diálogo entre as ordens jurídicas, conforme apontado por Mazzuoli (2016).

Apesar da inequívoca vinculação do Brasil à CADH e da aceitação da jurisdição contenciosa da Corte IDH, o diálogo entre o STF e o tribunal interamericano tem se manifestado de forma, por vezes, hesitante. O caso da Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) nº 153, que tratou da Lei da Anistia brasileira em face das condenações do Brasil no caso *Gomes Lund y Otros vs. Brasil* (BRASIL, 2010; CORTE IDH, 2010), ilustra essa tensão. A Corte IDH declarou a inconvencionalidade das leis de anistia que impediam a investigação e punição de graves violações de direitos humanos. Contudo, o STF, em sua decisão inicial, não adotou plenamente essa orientação. "A análise do acórdão, que possui mais de 250 páginas, demonstra a ausência de diálogo entre o STF e a Corte IDH" (PASSOS, 2023, p. 98), evidenciando a relutância em acolher integralmente a perspectiva internacional.

Esse cenário, contudo, tem mostrado sinais de mudança. A Recomendação nº 123, de 7 de janeiro de 2022, do Conselho Nacional de Justiça (CNJ), é um marco nesse sentido. Ela orienta os juízes brasileiros a observarem tratados e convenções internacionais de direitos humanos e a utilizarem a jurisprudência da Corte IDH, promovendo ativamente o controle de convencionalidade das leis internas (BRASIL, 2022). Essa iniciativa demonstra um reconhecimento institucional do diálogo mais efetivo e uma maior integração das normas internacionais na prática judicial brasileira. O controle de convencionalidade, portanto, é a ponte indispensável para essa integração, assegurando que o ordenamento jurídico nacional permaneça alinhado aos padrões internacionais de proteção dos direitos humanos.

Princípios Orientadores do Diálogo: Pro Persona e Nível Mais Elevado de Proteção

A estrutura hierárquica tradicional do ordenamento jurídico, popularizada pela pirâmide de Kelsen (1998), que estabelece a primazia da Constituição como fundamento de validade das demais normas, mostra-se insuficiente para abarcar a complexidade do direito contemporâneo, especialmente no campo dos direitos humanos. Como defende Passos (2023, p. 280), a realidade atual aponta para um modelo mais flexível, comparável a um "trapézio", onde diversos ordenamentos superiores – a Constituição nacional, o direito internacional e, em alguns casos, o direito comunitário – coexistem e interagem.

Essa visão impõe a superação de um critério hierárquico rígido em favor de princípios que priorizem e maximizem a proteção dos direitos fundamentais.

Nesse contexto de pluralidade normativa, dois princípios se destacam como guias essenciais para o diálogo entre as ordens jurídicas: o *princípio pro persona* (ou *pro homine*) e o *princípio do nível mais elevado de proteção*. Ambos compartilham a finalidade precípua de assegurar a aplicação da norma que seja mais favorável à pessoa humana. O *princípio pro persona*, enraizado na doutrina e jurisprudência latino-americana e consagrado no art. 29 da Convenção Americana de Direitos Humanos, impõe ao operador do Direito o dever de buscar, em cada caso concreto, a maior proteção possível à pessoa humana, coordenando as diversas fontes normativas disponíveis (TRINDADE, 2007; MAZZUOLI; RIBEIRO, 2016). Mazzuoli e Ribeiro (2016) reforçam essa ideia, apontando que o *princípio pro persona* constitui elemento central do sistema internacional de proteção dos direitos humanos.

As manifestações do *princípio pro persona* são diversas e orientam a atividade interpretativa e normativa:

1. **Preferência Interpretativa**: Este aspecto exige que, diante de um direito humano, a interpretação seja a mais extensiva possível, conferindo o máximo efeito útil às garantias (AGUILLAR CAVALLO; NOGUEIRA ALCALÁ, 2016). Por exemplo, no caso *A Última Tentação de Cristo*, a Corte IDH condenou o Chile por censura prévia, expandindo o entendimento sobre a liberdade de expressão (CORTE IDH, 2001a). Em contrapartida, as restrições ou limitações a direitos devem ser interpretadas de forma estrita, sem analogias que as ampliem. No caso *Atala Riffo y Niñas vs. Chile*, a Corte IDH exigiu fundamentação rigorosa para restrições baseadas em orientação sexual, aplicando uma interpretação restritiva dos limites (CORTE IDH, 2012).
2. **Preferência Normativa**: Manifesta-se pela aplicação da norma mais protetora, independentemente de sua hierarquia. Se duas ou mais normas aplicáveis a um caso concreto conferem diferentes níveis de proteção, deve-se optar pela mais favorável ao indivíduo, superando a discussão formalista sobre a posição da norma no ordenamento jurídico (CORTE IDH, 2004, caso *Ricardo Canese*). Além disso, o princípio pode levar à conservação da norma mais favorável, permitindo a ultratividade de uma norma de direitos humanos revogada se esta for mais benéfica em determinada situação.

Em complemento, o *princípio do nível mais elevado de proteção*, embora originado na doutrina europeia a partir do art. 53º da Carta de Direitos Fundamentais da União Europeia (CDFUE), converge com a lógica *pro persona*. Ele estabelece que, em um conflito entre direitos fundamentais, deve prevalecer a norma que confere maior proteção, mesmo que isso implique dar preferência a uma norma nacional sobre uma comunitária. Casos como *Schmidberger* e *Omega Spielhallen*, analisados por Passos (2023, p. 241) e Canotilho (M. R., 2008), ilustram a aplicação desse princípio, que promove um "nivelamento por cima" das garantias de direitos fundamentais. Mariana Canotilho (2008) argumenta que o art. 53º da CDFUE busca assegurar a tutela mais favorável e eficiente, reconhecendo a importância do diálogo entre a União e os demais ordenamentos jurídicos. Mesmo a jurisprudência do TJUE, em decisões como *Melloni*, onde rechaçou a primazia da constituição nacional sobre o direito da União em certos contextos, não afastou completamente a possibilidade de normas nacionais garantirem maior proteção em outros cenários, mantendo a relevância do art. 53º da CDFUE como um mandato de otimização de direitos (PASSOS, 2023, p. 246-249).

A proposta de compatibilização defendida por Passos (2023) é que o critério hierárquico formal deve ser superado na resolução de antinomias normativas em direitos humanos. A escolha da norma aplicável não deve se pautar pela sua origem (nacional ou internacional) ou por sua posição hierárquica (legal, supralegal ou constitucional), mas sim pela capacidade de o dispositivo oferecer a maior proteção aos direitos humanos em jogo. Essa "hierarquia plana" implica que todas as fontes normativas de direitos humanos – Constituições nacionais, tratados internacionais e a jurisprudência de Cortes Internacionais – coexistem em um mesmo plano, e a decisão judicial deve identificar o "standard prevalente" que garanta a máxima proteção (PASSOS, 2023, p. 266). Essa abordagem flexível e orientada pelos princípios da máxima proteção é essencial para uma aplicação do direito que seja verdadeiramente protetiva da dignidade humana.

O Diálogo Institucional no Processo Penal: O Caso do Acordo de Não Persecução Penal

A busca por maior eficiência e por soluções consensuais no sistema de justiça criminal tem sido uma tendência global, impulsionada pela percepção da morosidade e da rigidez do modelo tradicional de persecução penal. Nesse cenário, o Acordo de Não Persecução Penal (ANPP) representa uma inovação significativa no direito processual

penal brasileiro, introduzida pela Lei nº 13.964/2019, conhecida como Pacote Anticrime (BRASIL, 2019).

Conforme Anderson Santos dos Passos e Maria Gabriela Ramos Dias (2025):

Mais do que um simples instrumento de celeridade processual, o ANPP representa uma mudança paradigmática no sistema de justiça criminal brasileiro, ao deslocar parte da resolução do conflito para a esfera negocial, em que o Ministério Público e o investigado, assistido por defesa técnica, encontram alternativas consensuais à imposição da pena estatal.

O ANPP se configura como um mecanismo híbrido, que concilia aspectos materiais (como a extinção da punibilidade) com aspectos processuais (a interrupção da persecução penal). Sua aplicação se dá no contexto de uma persecução penal já em curso, mas antes do oferecimento da denúncia. Para sua celebração, são exigidos requisitos cumulativos: a prática de infração penal sem violência ou grave ameaça e com pena mínima inferior a quatro anos, a confissão formal e circunstanciada do investigado, e que o acordo seja considerado necessário e suficiente para a reprovação e prevenção do crime (PASSOS; DIAS, 2025). Tais requisitos, que visam delimitar a aplicabilidade do ANPP a infrações de menor potencial ofensivo ou de menor gravidade, buscam preservar a proporcionalidade e a efetividade da resposta estatal, afastando o instituto em circunstâncias que envolvam maior risco social, como reincidência ou crimes praticados no contexto de violência doméstica e de gênero (PASSOS; DIAS, 2025).

A formalização do ANPP envolve atores essenciais: o Ministério Público, como proponente e titular da ação penal, que possui o "poder-dever" de ofertar o acordo se os requisitos forem preenchidos; o investigado, cuja adesão deve ser voluntária e sempre assistida por defesa técnica, garantindo a plena compreensão das condições e consequências; e, fundamentalmente, o Poder Judiciário. A homologação judicial é a etapa que confere validade e eficácia jurídica ao acordo. O magistrado tem o papel de verificar a voluntariedade do investigado e a legalidade das condições propostas, podendo devolver os autos ao Ministério Público para reformulação caso as condições sejam consideradas inadequadas, insuficientes ou abusivas (PASSOS; DIAS, 2025).

A relevância do diálogo constitucional e das normas internacionais no âmbito do ANPP é manifesta em diversos pontos. Primeiramente, a própria concepção do instituto como uma solução consensual que prioriza a reparação do dano e a prevenção alinha-se a princípios de justiça restaurativa e direitos humanos, que buscam ir além da mera punição, focando na recomposição do bem jurídico lesado e na ressocialização. Em

segundo lugar, o papel do controle judicial é crucial para assegurar que as condições do acordo respeitem os direitos e garantias fundamentais do investigado, prevenindo qualquer forma de coação ou imposições desproporcionais. O Art. 28-A, § 6º, do CPP (BRASIL, 1941), que exige a homologação judicial, ressalta essa preocupação.

Ademais, a legislação prevê hipóteses de inaplicabilidade do ANPP, como nos crimes cometidos no contexto de violência doméstica ou de gênero. Essa vedação reflete uma preocupação do legislador com a proteção reforçada de grupos vulneráveis, em consonância direta com os ditames dos direitos humanos e com o *princípio pro persona*. A atuação do juiz, ao avaliar um ANPP, deve, portanto, ser balizada pelos princípios do *nível mais elevado de proteção* e *pro persona*, garantindo que mesmo em um contexto de justiça negociada, a dignidade e os direitos do indivíduo sejam salvaguardados em primeiro plano. A exigência de confissão, por exemplo, embora condição para o ANPP, deve ser voluntária e, em caso de rescisão do acordo, não pode ser utilizada como prova em um processo subsequente, protegendo o investigado do princípio da não autoincriminação, um direito fundamental (PASSOS; DIAS, 2025).

Em suma, o ANPP, enquanto ferramenta de política criminal, não pode ser visto de forma isolada. Ele deve ser interpretado e aplicado em um diálogo constante com os preceitos constitucionais e os tratados internacionais de direitos humanos. Essa interação garante que a busca por celeridade e eficiência no processo penal não comprometa a essência do Estado Democrático de Direito, promovendo uma justiça que, ao mesmo tempo em que se moderniza, consolida o respeito e a proteção dos direitos fundamentais. A homologação judicial, nesse sentido, representa o momento culminante desse diálogo, onde o Judiciário, como guardião da Constituição e dos direitos humanos, valida a adequação do acordo aos mais altos padrões de proteção.

Conclusão

O direito constitucional moderno e os princípios do processo penal encontram-se em um ponto de confluência decisivo, onde a interação entre as normas internacionais e o direito interno se tornou um imperativo para a construção de uma justiça mais legítima e eficaz. A tradicional visão de soberania estatal isolada foi paulatinamente substituída por um paradigma de cooperação e diálogo, impulsionado pela centralidade dos direitos humanos no cenário global. A revisão dos modelos de controle de constitucionalidade, que evoluíram da *strong-form judicial review* para a *weak-form judicial review*,

demonstra a busca por um equilíbrio dinâmico entre a primazia judicial e a deliberação democrática, fomentando um constante intercâmbio entre o Judiciário e o Legislativo.

Nesse panorama, o *controle de convencionalidade* emerge como o pilar fundamental para harmonizar as ordens jurídicas. A jurisprudência da Corte Interamericana de Direitos Humanos, notadamente a partir do caso *Almonacid Arellano y Otros vs. Chile* (CORTE IDH, 2006), consolidou o dever dos juízes nacionais de atuar como verdadeiros garantidores da conformidade do direito doméstico com o *corpus juris interamericano*. No Brasil, embora o diálogo entre o STF e a Corte IDH tenha enfrentado desafios históricos, como ilustrado pela ADPF 153 (BRASIL, 2010; CORTE IDH, 2010; PASSOS, 2023, p. 98), iniciativas como a Recomendação nº 123 do CNJ (BRASIL, 2022) sinalizam um avanço em direção a uma maior integração das normas e precedentes internacionais na prática judiciária.

A superação de um critério hierárquico rígido, como a pirâmide kelseniana (KELSEN, 1998), em favor dos princípios *pro persona* (TRINDADE, 2007; MAZZUOLI; RIBEIRO, 2016) e do *nível mais elevado de proteção* (CANOTILHO, M. R., 2008), é crucial para a aplicação efetiva dos direitos humanos. Esses princípios garantem que, diante de múltiplas normas, a interpretação e a aplicação sejam sempre as mais favoráveis ao indivíduo, independentemente de sua origem ou hierarquia formal. Tal abordagem flexibiliza o sistema e promove uma "hierarquia plana" (PASSOS, 2023, p. 280; SILVA, S. T., 2011), onde a Constituição, os tratados internacionais e a jurisprudência das cortes se complementam na busca da máxima proteção à pessoa humana.

Finalmente, a introdução de institutos como o Acordo de Não Persecução Penal (ANPP) no processo penal brasileiro (BRASIL, 2019) reflete a necessidade de uma justiça mais célere e consensual. No entanto, a legitimidade e a eficácia do ANPP, assim como de outras ferramentas de consensualidade, dependem intrinsecamente de sua estrita conformidade com os princípios constitucionais e os ditames dos direitos humanos internacionais. O controle judicial do ANPP (PASSOS; DIAS, 2025), que exige a verificação da voluntariedade do investigado e da legalidade das condições, torna-se o ponto nevrálgico onde o diálogo entre as ordens jurídicas se materializa. É nesse momento que os princípios *pro persona* e do *nível mais elevado de proteção* devem guiar a atuação do magistrado, assegurando que a busca por eficiência não comprometa as garantias fundamentais.

Em síntese, o direito constitucional e o processo penal modernos são convocados a uma postura de constante diálogo interinstitucional e internormativo. Essa convergência, alicerçada na premissa da máxima proteção à pessoa humana, é essencial para construir um sistema jurídico mais legítimo, eficaz e adaptado aos desafios de um mundo globalizado. É a partir desse diálogo que se poderá garantir que as inovações processuais penais não apenas otimizem a gestão da justiça, mas também consolidem os direitos e garantias fundamentais de todos os cidadãos, promovendo uma sociedade mais justa e equitativa.

Referências Bibliográficas

AGUILLAR CAVALLO, Gonzalo; NOGUEIRA ALCALÁ, Humberto. El Principio Favor Persona en el Derecho Internacional y en el Derecho Interno como Regla de Interpretación y de Preferencia Normativa. *Revista de Derecho Público*, Santiago, n. 84, p. 13-43, 2016.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acesso em: 26 out. 2025.

BRASIL. Decreto-Lei nº 3.689, de 3 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm. Acesso em: 26 out. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.964, de 24 de dezembro de 2019. Aperfeiçoa a legislação penal e processual penal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/lei/l13964.htm. Acesso em: 26 out. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça. Recomendação nº 123, de 7 de janeiro de 2022. Recomenda aos órgãos do Poder Judiciário brasileiro a observância dos tratados e convenções internacionais de direitos humanos e o uso da jurisprudência da Corte Interamericana de Direitos Humanos. Disponível em: https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/4305. Acesso em: 26 out. 2025.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental nº 153. Tribunal Pleno. Relator: Ministro Eros Grau. Brasília, DF, 29 abr. 2010. Disponível em: http://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=612960. Acesso em: 26 out. 2025.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal. Recurso Extraordinário nº 466.343/SP. Tribunal Pleno. Relator: Ministro Cezar Peluso. Julgado em: 3 dez. 2008. Disponível em: https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=595444. Acesso em: 26 out. 2025.

CANOTILHO, J. J. G. *Direito constitucional e teoria da constituição*. Coimbra: Almedina, 2000.

CANOTILHO, Mariana Rodrigues. *O princípio do nível mais elevado de proteção em matéria de direitos fundamentais*. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências Jurídico-Políticas) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2008.

CASTILLA JUÁREZ, Karlos A. Control de Convencionalidad Interamericano: Una propuesta de orden ante diez años de incertidumbre. *Revista IIDH*, v. 32, n. 64, p. 87-126, jul./dez. 2016.

CORTE IDH. Caso Almonacid Arellano y Otros vs. Chile. Sentencia de 26 de septiembre de 2006 (Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas). San José, 26 set. 2006. Disponível em: http://www.CorteIDH.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_154_esp.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

CORTE IDH. Caso Gomes Lund y Otros ("Guerrilha do Araguaia") vs. Brasil. Sentencia de 24 de noviembre de 2010 (Excepciones Preliminares, Fondo, Reparaciones y Costas). San José, 24 nov. 2010. Disponível em: http://www.CorteIDH.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_219_esp.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

CORTE IDH. Caso Ricardo Canese vs. Paraguay. Sentencia de 31 de agosto de 2004 (Fondo, Reparaciones y Costas). San José, 31 ago. 2004. Disponível em: http://www.corteidh.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_111_esp.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

CORTE IDH. Caso Atala Riffo y Niñas vs. Chile. Sentencia de 24 de febrero de 2012 (Fondo, Reparaciones y Costas). San José, 24 fev. 2012. Disponível em: http://CorteIDH.or.cr/docs/casos/articulos/seriec_239_esp.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

CORTE IDH. Caso "La Última Tentación de Cristo" (Olmedo Bustos y Otros vs. Chile). Sentencia de 5 de febrero de 2001 (Fondo, Reparaciones y Costas). San José, 5 fev. 2001a. Disponível em: http://www.CorteIDH.or.cr/docs/casos/articulos/Seriec_73_esp.pdf. Acesso em: 26 out. 2025.

KELSEN, Hans. *Teoria Pura do Direito*. Tradução de João Baptista Machado. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

MAZZUOLI, Valerio de Oliveira. *O Controle jurisdicional da convencionalidade das leis*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2016.

MAZZUOLI, Valerio de Oliveira; RIBEIRO, Dilton. The Pro Homine Principle as an Enshrined. Feature of International Human Rights Law. *The Indonesian Journal of International & Comparative Law*. Jacarta, v. 3, n. 1, p. 77-99, jan. 2016.

PASSOS, Anderson Santos dos; DIAS, Maria Gabriela Ramos. O Acordo de Não Persecução Penal (ANPP) como instrumento de consensualidade e eficiência no processo penal brasileiro. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, v. 18, n. 10, e21616, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.55905/revconv.18n.10-226. Acesso em: 26 out. 2025.

PASSOS, Anderson Santos dos. *Jurisdição Constitucional no Século XXI - Weak-Form Judicial Review e Promoção do Diálogo Institucional*. Curitiba: Juruá, 2019.

PASSOS, Anderson Santos dos. *O poder judiciário brasileiro e a garantia dos direitos fundamentais através do controle interno de convencionalidade e do princípio do nível mais elevado de proteção*. 2023. Tese (Doutorado em Direito) – Faculdade de Direito, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2023.

PIOVESAN, Flávia. *Direitos humanos e o direito constitucional internacional*. 17. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

SILVA, Suzana Tavares da. *Direitos fundamentais na arena global*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2011.

SILVA, Suzana Tavares da. *Direitos Fundamentais na Arena Global*. 2. ed. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2014.

TRINDADE, Antônio Augusto Cançado. *Direito Internacional dos Direitos Humanos: essência e transcendência (votos em La Corte Interamericana de Derechos Humanos, 1991-2006)*. Cidade do México: Porruá, 2007.

CAPÍTULO 18

O PAPEL DO FARMACÊUTICO NA CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE OS RISCOS DO USO INDISCRIMINADO DE ANÁLOGOS DE GLP-1 E GIP PARA EMAGRECIMENTO

THE ROLE OF THE PHARMACIST IN RAISING AWARENESS ABOUT THE RISKS OF THE INDISCRIMINATE USE OF GLP-1 AND GIP ANALOGS FOR WEIGHT LOSS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.18

Submetido em: 13/11/2025
Revisado em: 17/11/2025
Publicado em: 18/11/2025

Lorrany Cardoso Oliveira

Faculdade Edufor, Departamento de Farmácia, São Luís-MA

Mizael Calácio Araújo

Faculdade Edufor, Departamento de Farmácia, São Luís-MA

Resumo

Nos últimos anos, os análogos de GLP-1 (peptídeo semelhante ao glucagon-1) e GIP (polipeptídio insulinotrópico dependente de glicose) vêm ganhando destaque no tratamento de diabetes tipo 2 e obesidade. Esses fármacos atuam promovendo a secreção de insulina de forma glicose-dependente, retardando o esvaziamento gástrico e aumentando a saciedade, contribuindo para a redução do apetite e do peso corporal. Entre os principais representantes, destacam-se a semaglutida (Ozempic) e a tirzepatida (Mounjaro), sendo que esta última já possui indicações relacionadas ao controle de peso, além do manejo do diabetes. Apesar de seus efeitos terapêuticos comprovados, o uso off-label de Ozempic e Mounjaro com fins estéticos por indivíduos saudáveis tem se tornado comum, impulsionado por celebridades, influenciadores digitais e redes sociais. Tal prática acarreta riscos à saúde, incluindo distúrbios gastrointestinais e pancreatite, e pode contribuir para a escassez desses medicamentos para pacientes que realmente necessitam. Eventos como hipoglicemia são raros devido ao mecanismo glicose-dependente desses fármacos, mas devem ser monitorados. Nesse contexto, o farmacêutico assume papel central na promoção do uso racional de medicamentos, atuando não apenas na dispensação responsável, mas também na educação e orientação da população quanto aos riscos do uso inadequado. O estudo tem como objetivo geral analisar o papel do farmacêutico na conscientização sobre o uso off-label de Ozempic e Mounjaro para fins estéticos, avaliando riscos a curto e médio prazo e o conhecimento dos profissionais sobre esses medicamentos. Entre os objetivos específicos, estão: investigar os principais riscos do uso off-label em indivíduos não diabéticos; compreender a percepção dos farmacêuticos sobre a demanda desses medicamentos; avaliar estratégias de comunicação em saúde já utilizadas; e propor ações educativas em

farmácias comunitárias para prevenir o uso indevido. Conclui-se que a valorização da atuação ética, preventiva e educativa do farmacêutico é essencial para minimizar riscos à saúde pública e garantir que esses medicamentos sejam utilizados de forma segura e dentro das indicações terapêuticas.

Palavras-chave: Análogos de GLP-1. Análogos de GIP. Ozempic. Mounjaro. Uso off-label. Farmacêutico. Promoção da saúde.

Abstract

In recent years, GLP-1 analogs (glucagon-like peptide-1) and GIP (glucose-dependent insulinotropic polypeptide) have gained prominence in the treatment of type 2 diabetes and obesity. These drugs act by promoting glucose-dependent insulin secretion, delaying gastric emptying, and increasing satiety, contributing to appetite suppression and body weight reduction. The main representatives include semaglutide (Ozempic) and tirzepatide (Mounjaro), the latter of which already has indications related to weight management in addition to diabetes control. Despite their proven therapeutic effects, the off-label use of Ozempic and Mounjaro for aesthetic purposes by healthy individuals has become common, driven by celebrities, digital influencers, and social media. This practice poses health risks, including gastrointestinal disorders and pancreatitis, and may contribute to shortages of these medications for patients who truly need them. Events such as hypoglycemia are rare due to the glucose-dependent mechanism of these drugs but should still be monitored. In this context, pharmacists play a central role in promoting rational drug use, acting not only in responsible dispensing but also in educating and guiding the population about the risks of improper use. The study's general objective is to analyze the role of pharmacists in raising awareness about the off-label use of Ozempic and Mounjaro for aesthetic purposes, evaluating short- and medium-term risks and professionals' knowledge of these medications. Specific objectives include: investigating the main risks of off-label use in non-diabetic individuals; understanding pharmacists' perception of the demand for these drugs; evaluating health communication strategies already employed; and proposing educational actions in community pharmacies to prevent misuse. It is concluded that valuing the ethical, preventive, and educational role of pharmacists is essential to minimize public health risks and ensure that these medications are used safely and within their therapeutic indications.

Keywords: GLP-1 analogs. GIP analogs. Ozempic. Mounjaro. Off-label use. Pharmacist. Health promotion.

Introdução

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento expressivo na procura por medicamentos originalmente indicados para o tratamento do diabetes tipo 2, como Ozempic (semaglutida) e Mounjaro (tirzepatida), para fins estéticos de emagrecimento, muitas vezes sem prescrição ou acompanhamento médico adequado (ANVISA, 2024). Estudos recentes de farmacoepidemiologia indicam que o uso inadequado desses medicamentos tem se concentrado em adultos jovens, predominantemente do gênero feminino, de classes socioeconômicas mais altas, e em estados das regiões Sudeste e Sul do Brasil, onde há maior acesso a clínicas estéticas e redes de farmácias (ANVISA, 2024). Essa tendência tem sido impulsionada por influenciadores digitais, celebridades e campanhas em redes sociais, favorecendo o consumo indiscriminado por indivíduos saudáveis.

Embora os efeitos anorexígenos dessas medicações sejam cientificamente comprovados, seu uso fora das indicações terapêuticas autorizadas acarreta riscos

importantes à saúde, incluindo distúrbios gastrointestinais, pancreatite e, em menor frequência, hipoglicemia, considerando o mecanismo glicose-dependente dessas drogas (SILVA *et al*., 2023). Além disso, o aumento do consumo off-label contribui para a escassez desses medicamentos nas farmácias, prejudicando pacientes com diabetes que necessitam do tratamento para controle glicêmico. Relatórios recentes da Anvisa e do Conselho Federal de Farmácia confirmam o crescimento significativo desse padrão de uso inadequado, reforçando a necessidade de estratégias educativas e de orientação por farmacêuticos (ANVISA, 2024)

Nesse contexto, o farmacêutico emerge como um profissional de saúde essencial, não apenas na dispensação responsável desses medicamentos, mas também na educação e orientação da população sobre os riscos envolvidos no uso off-label. A atuação ética e preventiva do farmacêutico pode contribuir significativamente para reduzir o uso inadequado desses fármacos e promover o uso racional de medicamentos (MOTA; SANTOS; SOUSA, 2022)

Nesse sentido, o objetivo geral deste trabalho é analisar o papel do farmacêutico na conscientização da população sobre os riscos associados ao uso indiscriminado de análogos de GLP-1 e GIP — como a semaglutida (Ozempic) e a tirzepatida (Mounjaro) — quando utilizados para fins estéticos e não terapêuticos.

Como objetivos específicos, propõe-se: Investigar os principais riscos decorrentes do uso off-label de análogos de GLP-1 e GIP por indivíduos não diabéticos; Compreender a percepção dos farmacêuticos sobre a crescente demanda e utilização desses medicamentos para emagrecimento; Avaliar estratégias de comunicação e educação em saúde adotadas por farmacêuticos para orientar pacientes quanto ao uso seguro dessas substâncias; e propor ações educativas a serem implementadas em farmácias comunitárias, visando prevenir o uso inadequado desses fármacos para finalidades estéticas.

Metodologia

Esta revisão narrativa teve como objetivo reunir, analisar e sintetizar as evidências científicas disponíveis acerca do uso off-label dos análogos de GLP-1 e GIP para fins estéticos, bem como avaliar o papel do farmacêutico na orientação da população e na promoção do uso racional desses medicamentos.

O levantamento bibliográfico foi realizado entre janeiro e outubro de 2025 nas bases de dados eletrônicas PubMed**,** Medline**,** LILACS **e** Google Acadêmico**.** A escolha

dessas bases fundamenta-se na sua ampla cobertura de publicações nacionais e internacionais nas áreas de farmacologia, saúde pública e práticas farmacêuticas, garantindo maior abrangência e rigor científico na busca por estudos relevantes.

Foram utilizados os seguintes descritores, combinados por operadores booleanos para maior precisão nos resultados: **"**GLP-1 analogs" OR "GLP-1 receptor agonists", "GIP analogs" OR "tirzepatide", "semaglutide" OR "Ozempic", "pharmacy" OR "pharmacist" OR "pharmaceutical care", "off-label use" AND "weight loss".

As combinações utilizadas incluíram, entre outras: *"semaglutide" AND "off-label use" AND "weight loss", "tirzepatide" AND "pharmacist" AND "patient education", e "GLP-1 agonists" AND "aesthetic use".*

Foram incluídos artigos publicados entre 2020 e 2025, nos idiomas português e inglês, contemplando revisões bibliográficas, estudos clínicos, relatos de caso, notas técnicas e documentos oficiais de órgãos regulatórios. Incluíram-se apenas estudos disponíveis integralmente e gratuitamente.

Foram excluídos: Artigos duplicados, estudos que não abordassem o uso de análogos de GLP-1 ou GIP relacionados ao emagrecimento, publicações que não apresentassem dados científicos, epidemiológicos ou discussões sobre o papel do farmacêutico.

Inicialmente, 26 estudos foram identificados nas bases de dados. Após a leitura de títulos, resumos e aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, 10 artigos foram selecionados para compor a análise final desta revisão. A triagem foi realizada em três etapas: Leitura dos títulos**;** Leitura dos resumos **e** leitura completa do texto na íntegra para confirmação da elegibilidade.

Os estudos incluídos foram organizados em um quadro síntese, contendo: autores, ano de publicação, tipo de estudo, principais achados e relevância para os objetivos desta revisão, de modo a facilitar a comparação e a análise crítica dos resultados.

Análogos de GLP-1 e GIP

Ozempic (semaglutida) e Mounjaro (tirzepatida) são utilizados no tratamento do diabetes tipo 2. A semaglutida é agonista do receptor GLP-1, enquanto a tirzepatida age de forma dual em GLP-1 e GIP, promovendo efeitos metabólicos mais amplos (ROSENSTOCK *et al*., 2023).

A semaglutida melhora o controle glicêmico e promove perda de peso ao estimular insulina glicose-dependente, reduzir glucagon e retardar o esvaziamento gástrico

(ANVISA, 2023a). A tirzepatida, por atuar em dois receptores, favorece maior redução ponderal (FRIAS *et al*., 2023).

Ambos os medicamentos têm indicação aprovada apenas para diabetes tipo 2 no Brasil (ANVISA, 2023; ANVISA, 2023b). O uso off-label para emagrecimento, embora eficaz, envolve riscos devido ao uso sem acompanhamento e ao potencial de eventos adversos graves (WILDING *et al*., 2023).

Enquanto a semaglutida possui formulação aprovada para obesidade em outros países (Wegovy), Ozempic continua restrito ao diabetes no Brasil (ANVISA, 2023). Da mesma forma, apesar de evidências expressivas de perda de peso com tirzepatida — como no SURMOUNT-1 — o Mounjaro não possui aprovação nacional para essa finalidade (ANVISA, 2023b). Assim, o uso seguro exige respeito às indicações, monitoramento e acompanhamento profissional.

Riscos Associados ao Uso Indevido

Os principais riscos incluem náuseas, vômitos, diarreia e constipação, que podem causar desidratação e interrupção do tratamento (ISMAIEL *et al*., 2025). Há também sinais de possível associação com pancreatite, embora o risco absoluto seja baixo (WILDING *et al*., 2023). Hipoglicemia é rara quando usados isoladamente, mas pode ocorrer com dietas muito restritivas ou uso concomitante a insulina e secretagogos (PILLARISETTI, 2025; WHO, 2024).

A alta demanda tem causado escassez, falsificação de produtos e comercialização irregular, colocando usuários em risco (WHO, 2024; RAUBENHEIMER *et al*., 2024). O uso inadequado ainda prejudica a avaliação de contraindicações e aumenta os riscos clínicos, reforçando a necessidade de orientação farmacêutica e vigilância ativa (FDA, 2025; ALIBILLI *et al*., 2025).

Farmácia Clínica e Atenção Farmacêutica

A farmácia clínica visa otimizar a farmacoterapia e promover o uso seguro e eficaz dos medicamentos (American College of Clinical Pharmacy, 2023). Envolve revisão da farmacoterapia, identificação de problemas, orientação ao paciente e monitoramento. Evidências mostram redução de hospitalizações e eventos adversos quando há acompanhamento clínico adequado (JIAO *et al*., 2023).

O farmacêutico também atua na promoção do uso racional de medicamentos e na prevenção da automedicação. Tecnologias digitais ampliam a segurança do cuidado e

a comunicação entre equipes (SBFC, 2025). A implantação de serviços clínicos gera benefícios econômicos e melhora a qualidade de vida (ALFADL *et al*., 2023).

Uso Racional de Medicamentos (URM)

Os análogos de GLP-1 e GIP foram desenvolvidos para diabetes e, mais recentemente, obesidade associada a comorbidades, mas o uso off-label exige cautela (BRASIL, 2024). O URM, segundo a OMS, pressupõe que os pacientes recebam medicamentos apropriados, em doses corretas, pelo tempo adequado e com custo acessível (WHO, 2022).

O uso racional depende de diagnóstico preciso, prescrição adequada e monitoramento contínuo, além de boa comunicação com o paciente (HOLLOWAY & HENRY, 2021). Protocolos clínicos, auditorias e ações educativas contribuem para melhorar o padrão de prescrição (WHO, 2022). A educação do paciente é fundamental para evitar automedicação e garantir adesão (AUTA *et al*., 2021). A farmacovigilância é essencial para identificar riscos, especialmente diante do uso crescente desses fármacos para fins estéticos (EDWARDS & ARONSON, 2022; GUTHRIE *et al*., 2023).

Educação em Saúde e Comunicação Farmacêutica

A educação em saúde promove comportamentos responsáveis no uso de medicamentos e deve ser guiada por comunicação acessível e empática (FREIRE *et al*., 2023; SILVA *et al*., 2023). A linguagem técnica excessiva dificulta a compreensão e leva ao uso inadequado (FARIAS *et al*., 2023). A empatia fortalece o vínculo terapêutico e favorece a adesão (FERREIRA *et al*., 2023).

A desinformação impulsionada por influenciadores digitais aumentou a automedicação e expôs a população a riscos (MARTINS *et al*., 2024). Cabe ao farmacêutico combater fake news, atuar nas redes sociais com informações científicas e ensinar o público a avaliar criticamente conteúdos de saúde (WHO, 2023).

Assim, a comunicação clara e baseada em evidências é essencial para o uso racional dos medicamentos e para a segurança dos pacientes.

Resultados

Para melhor organização e visualização dos achados, a Tabela a seguir apresenta uma síntese dos principais estudos utilizados nesta pesquisa. Nela estão descritos os autores, ano de publicação, título e objetivo de cada trabalho, permitindo identificar as

diferentes abordagens adotadas em relação ao uso da semaglutida e tirzepatida, bem como o papel do farmacêutico na orientação sobre os riscos associados ao uso indiscriminado desses medicamentos.

Tabela 1: Compilação dos estudos utilizados nesta pesquisa.

Autor(es)	Ano	Título do Trabalho	Objetivo do Trabalho
OMS (WHO)	2022	A busca pelo uso responsável de medicamentos	Orientar políticas globais para a promoção do uso racional de medicamentos.
ROSENSTOCK *et al*.	2023	Eficácia e segurança da tirzepatida: ensaios SURMOUNT	Avaliar a eficácia e a segurança da tirzepatida em pacientes com obesidade/diabetes.
WILDING *et al*.	2023	Semaglutida e manejo do peso: evidências de eficácia e segurança	Examinar a eficácia e a segurança da semaglutida para perda de peso.
FRIAS *et al*.	2023	Tirzepatida versus semaglutida para redução de peso	Comparar a eficácia entre tirzepatida e semaglutida na redução de peso.
SCHEIBE	2023	Avaliação do uso off-label de semaglutida em uma farmácia no interior do RS	Investigar o perfil de uso off-label da semaglutida em farmácia comunitária.
SAMPAIO BRASILEIRO, M. *et al*	2024	O uso indiscriminado do medicamento Ozempic (semaglutida) visando o emagrecimento	Analisar a utilização não autorizada de semaglutida para emagrecimento e suas implicações.
MARTINS *et al*.	2024	Influência das redes sociais na automedicação: riscos e desafios para a saúde pública	Analisar como as redes sociais influenciam a automedicação e o consumo irracional.
AKATSU, K. S.; SILVA ALVES, A. C.	2025	A atuação do farmacêutico no uso racional da semaglutida (Ozempic): efeitos adversos a longo prazo	Identificar os efeitos adversos de uso off-label da semaglutida e propor intervenções farmacêuticas para uso mais seguro.
SANTOS, R. F.; DEUNER, M. C.	2025	Riscos associados ao uso indiscriminado de Semaglutida (Ozempic)	Compreender os riscos do uso indiscriminado de semaglutida para emagrecimento.
AGÊNCIA BRASIL / SBEM / SBD / ABESO	2025	Ozempic manipulado: médicos alertam para riscos de remédio alternativo	Alertar para riscos de versões alternativas/manipuladas dos análogos de GLP-1 e GIP

Fonte: Autores, 2025.

Para melhor organização, elaborou-se uma tabela com autores, ano, título e objetivo dos estudos utilizados, permitindo visualizar as diferentes abordagens sobre o

uso de semaglutida e tirzepatida e o papel do farmacêutico frente aos riscos do uso indiscriminado.

A literatura internacional aponta que o uso racional de medicamentos é um desafio global, e a OMS (2022) reforça a importância de políticas que garantam utilização adequada. Os análogos de GLP-1 e GIP têm eficácia comprovada no tratamento do diabetes tipo 2 e da obesidade, promovendo melhora glicêmica e redução de peso (ROSENSTOCK *et al*., 2023; WILDING *et al*., 2023). Ensaios como o SURMOUNT demonstram superioridade da tirzepatida em perda ponderal, sem aumento significativo de eventos adversos (FRIAS *et al*., 2023).

No Brasil, estudos indicam crescente uso off-label desses fármacos para fins estéticos. Scheibe (2023) mostrou que muitos usuários não tinham indicação clínica e desconheciam riscos. Sampaio Brasileiro *et al*. (2024) e Martins *et al*. (2024) destacam que redes sociais e influenciadores impulsionam esse consumo entre jovens, sobretudo mulheres, reforçando um padrão de automedicação associado à pressão estética.

O farmacêutico desempenha papel central na mitigação desses riscos. Akatsu e Silva Alves (2025) destacam sua função educativa e preventiva, enquanto Santos (2025) aponta que intervenções em farmácias comunitárias reduzem automedicação, identificam uso inadequado e previnem complicações como distúrbios gastrointestinais e pancreatite. A alta demanda estética também pode gerar desabastecimento, prejudicando pacientes com diabetes que dependem desses medicamentos (AGÊNCIA BRASIL; SBEM; SBD; ABESO, 2025).

A literatura evidencia ainda impactos sociais e econômicos, como efeitos adversos inesperados (SANTOS, 2025) e dificuldades de acesso ao tratamento. A atuação do farmacêutico em equipes multidisciplinares contribui para melhor adesão, prevenção de eventos adversos e redução da polifarmácia (AKATSU; SILVA ALVES, 2025). Documentos regulatórios reforçam sua responsabilidade na promoção do uso racional, especialmente em situações de alto risco como o uso off-label de análogos de GLP-1 e GIP.

Em síntese, os estudos mostram que a combinação entre evidências científicas, atuação ética dos profissionais e políticas públicas eficazes é essencial para minimizar os impactos negativos do uso inadequado de Ozempic e Mounjaro. A conscientização da população e o monitoramento ativo por farmacêuticos são estratégias fundamentais para garantir segurança, efetividade e uso racional desses medicamentos.

Discussão

Os resultados mostram que, embora a semaglutida e a tirzepatida representem avanços no tratamento do diabetes tipo 2 e da obesidade, o uso off-label motivado por fins estéticos expõe fragilidades no uso racional de medicamentos. A popularização desses fármacos por influenciadores e redes sociais aumenta riscos como distúrbios gastrointestinais, pancreatite e hipoglicemia, além de prejudicar o acesso de pacientes que realmente necessitam do tratamento (SANTOS; DEUNER, 2025; AKATSU; SILVA ALVES, 2025).

O farmacêutico desempenha papel indispensável na mitigação desses riscos. Sua atuação clínica — revisão da farmacoterapia, monitoramento, identificação de interações e encaminhamento adequado — contribui para a segurança e a efetividade terapêutica. Contudo, essa atuação depende de políticas que fortaleçam sua presença como profissional clínico e de investimentos contínuos em capacitação (AKATSU; SILVA ALVES, 2025; OMS, 2022).

A comunicação farmacêutica também é decisiva. Linguagem clara, empatia e orientação personalizada aumentam a adesão e reduzem a automedicação. Diante da disseminação de informações incorretas e do uso irresponsável impulsionado pelas redes sociais, o farmacêutico deve atuar como fonte confiável de informação baseada em evidências (MARTINS *et al*., 2024; SILVA *et al*., 2023).

A atuação profissional deve integrar ações educativas e preventivas mais amplas, como campanhas de conscientização, atividades em farmácias comunitárias e trabalho conjunto com equipes multiprofissionais. Tais estratégias ajudam a prevenir escassez de medicamentos e fortalecem práticas de farmacovigilância essenciais para orientar políticas públicas (SCHEIBE, 2023; SAMPAIO BRASILEIRO *et al*., 2024; FRIAS *et al*., 2023; ROSENSTOCK *et al*., 2023).

Assim, a promoção do uso racional de medicamentos requer não apenas conhecimento técnico, mas também atuação ética, preventiva e educativa. O cenário de uso indevido de análogos de GLP-1 evidencia a necessidade de uma abordagem integrada que una regulamentação, orientação profissional qualificada e educação em saúde, reafirmando o farmacêutico como agente central na segurança terapêutica.

Considerações Finais

O estudo evidencia que os análogos de GLP-1 e GIP, como semaglutida e tirzepatida, são avanços importantes no tratamento do diabetes tipo 2 e da obesidade. Contudo, o uso inadequado para fins estéticos, sem supervisão médica, representa risco à saúde pública, podendo causar efeitos adversos, desperdício de recursos e dificultar o acesso de pacientes que realmente necessitam do tratamento.

Nesse contexto, o farmacêutico desempenha papel estratégico na promoção do uso racional, orientando pacientes, revisando terapias, identificando interações e assegurando comunicação clara e baseada em evidências, especialmente diante da desinformação amplificada nas redes sociais. A combinação entre educação em saúde, regulamentação adequada e atuação profissional preventiva é essencial para garantir o uso seguro e ético desses medicamentos.

Assim, o uso consciente de análogos de GLP-1 e GIP exige esforço conjunto de profissionais de saúde, gestores e sociedade, garantindo segurança ao paciente e equidade no acesso a terapias essenciais.

Referências

AGÊNCIA BRASIL; SBEM; SBD; ABESO. **Ozempic manipulado**: médicos alertam para riscos de remédio alternativo, 2025. Disponível em https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2025-02/ozempic-manipulado-medicos-alertam-para-riscos-de-remedio-alternativo?utm_source=chatgpt.com. Acesso em 09 nov 2025.

AKATSU, K. S.; SILVA ALVES, A. C. **A atuação do farmacêutico no uso racional da semaglutida (Ozempic)**: efeitos adversos a longo prazo. 2025.

ALIBILLI, S. et al. Impactos clínicos e sociais do uso inadequado de agonistas de GLP-1. **Clinical Pharmacology**, v. 15, n. 1, p. 25-35, 2025.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Ozempic (semaglutida):** bula. 2023.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Mounjaro (tirzepatida):** bula. 2023.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Relatório sobre uso inadequado de medicamentos**. Brasília: 2024.

BRASIL. **Revisão sistemática sobre o uso de análogos de GLP-1 para tratamento da obesidade, com enfoque no uso off-label da semaglutida**. Visão Acadêmica, Curitiba, v. 25, n. 1, jan./mar. 2024. Disponível em:

https://revistas.ufpr.br/academica/article/download/93401/51729. Acesso em: 09 nov 2025.

EDWARDS, I.; ARONSON, J. **Adverse drug reactions**. 2022.

FARIAS L. et al. Linguagem acessível na prática farmacêutica: estratégias de comunicação com pacientes. **Revista Brasileira de Farmácia**, v. 104, n. 2, p. 45-53, 2023.

FERREIRA, M. et al. Empatia e comunicação farmacêutica: impacto na adesão ao tratamento**. Pharmacy Practice**, v. 21, n. 3, p. 1-9, 2023.

FRIAS, J. P. et al. Tirzepatida versus semaglutida para redução de peso. *New* **England Journal of Medicine**, v. 388, n. 15, p. 1377-1388, 2023.

FREIRE, M. et al. Educação em saúde e prevenção da automedicação nas farmácias comunitárias. **Revista de Saúde Pública**, v. 57, p. 1-12, 2023.

GUTHRIE, T. et al. Farmacovigilância e uso racional de medicamentos: experiência em farmácias comunitárias. **Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics**, v. 48, n. 4, p. 789-798, 2023.

HOLLOWAY, K.; HENRY, D. The role of pharmacists in rational drug use. **WHO Drug Information**, v. 35, n. 2, p. 91-100, 2021.

ISMAIEL, F. et al. Eventos adversos gastrointestinais associados a agonistas de GLP-1. **Diabetes Therapy**, v. 16, n. 5, p. 1245-1259, 2025.

JIAO, X. et al. Impacto da atenção farmacêutica na redução de eventos adversos. **International Journal of Clinical Pharmacy**, v. 45, n. 2, p. 231-240, 2023.

KAMRUL-HASAN, A. et al. Segurança do uso off-label de agonistas de GLP-1/GIP. **Pharmacological Reports**, v. 76, n. 2, p. 345-359, 2024.

MARTINS, A. et al. Influência das redes sociais na automedicação: riscos e desafios para a saúde pública. **Revista Brasileira de Educação em Saúde**, v. 12, n. 1, p. 45-60, 2024.

MOTA, F.; SANTOS, R.; SOUSA, L. Uso racional de medicamentos: desafios e estratégias. **Revista de Farmácia Brasileira**, v. 33, n. 1, p. 12-21, 2022.

PILLARISETTI, R. Hipoglicemia e uso de agonistas de GLP-1 em populações vulneráveis. **Diabetes, Obesity and Metabolism**, v. 27, n. 2, p. 250-258, 2025.

RAUBENHEIMER, T. et al. Impacto da demanda por Ozempic na cadeia de suprimentos. **Global Health Journal**, v. 7, n. 1, p. 55-65, 2024.

ROSENSTOCK, J. et al. Eficácia e segurança da tirzepatida: ensaios SURMOUNT. **Diabetes Care**, v. 46, n. 5, p. 987-998, 2023.

SAMPAIO BRASILEIRO, M. et al**. O uso indiscriminado do medicamento Ozempic (semaglutida) visando o emagrecimento**. 2024.

SANTOS, R. F.; DEUNER, M. C. **Riscos associados ao uso indiscriminado de Semaglutida (Ozempic)**. 2025.

SBFC. **Nota Técnica 01/2025**. Brasília: Sociedade Brasileira de Farmácia Clínica, 2025

SCHEIBE, A. **Avaliação do uso off-label de semaglutida em uma farmácia no interior do Rio Grande do Sul**. 2023.

SILVA, L. et al. Uso inadequado de semaglutida e tirzepatida: aspectos clínicos e sociais. **Revista de Farmácia e Saúde Pública**, v. 12, n. 3, p. 101-115, 2023.

WILDING, J. et al. Semaglutida e manejo do peso: evidências de eficácia e segurança. **Obesity**, v. 31, n. 6, p. 1105-1118, 2023.

WHO – World Health Organization. **The national use of drugs**. Geneva: WHO, 2022.

WHO – World Health Organization. **Uso seguro de medicamentos e prevenção da automedicação**. Geneva: WHO, 2023.

WHO – World Health Organization. **Farmacovigilância e fornecimento seguro de medicamentos**. Geneva: WHO, 2024.

CAPÍTULO 19

A ATUAÇÃO DO FARMACÊUTICO NA EDUCAÇÃO EM SAÚDE FRENTE ÀS INTERAÇÕES FÁRMACO-NUTRIENTES EM ADULTOS

THE ROLE OF THE PHARMACIST IN HEALTH EDUCATION REGARDING DRUG-NUTRIENT INTERACTIONS IN ADULTS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.19

Submetido em: 18/11/2025
Revisado em: 19/11/2025
Publicado em: 19/11/2025

Antônia das Chagas Bezerra

Faculdade Edufor, Departamento de Farmácia, São Luís-MA

http://lattes.cnpq.br/0439983528295425

Mizael Calácio Araújo

Faculdade Edufor, Departamento de Farmácia, São Luís-MA

http://lattes.cnpq.br/6695967741075497

Resumo

As interações fármaco-nutrientes representam um desafio crescente na prática clínica e constituem importante causa de eventos adversos e falhas terapêuticas em adultos. Este trabalho apresenta uma revisão integrativa da literatura, realizada entre os anos de 2020 e 2025, com o objetivo de analisar a atuação do farmacêutico na educação em saúde voltada à prevenção, identificação e manejo das interações fármaco-nutrientes em adultos. Foram realizadas buscas nas bases PubMed, SciELO, LILACS e Portal CAPES, resultando em 127 referências iniciais, das quais 39 atenderam aos critérios de elegibilidade. Os achados mostram predominância de interações de natureza farmacocinética (absorção e metabolismo hepático, com destaque para CYP3A4 e CYP1A2) e farmacodinâmica, afetando classes como antibióticos, anticoagulantes e anti-hipertensivos. Intervenções farmacêuticas baseadas em educação em saúde, incluindo seguimento farmacoterapêutico, materiais educativos, checklists, integração multiprofissional e uso de tecnologias digitais, foram associadas à redução de interações clinicamente relevantes e ao aumento da adesão terapêutica. Identificaram-se lacunas na formação acadêmica e na padronização de protocolos, além da ausência de ensaios randomizados de longo prazo. Conclui-se que o farmacêutico atua de forma central e estratégica como educador em saúde, sendo indispensável o fortalecimento da formação continuada, a implementação de protocolos de triagem e o emprego de estratégias educativas participativas para minimizar riscos e promover o uso racional de medicamentos e alimentos.

Palavras-Chave: interações fármaco-nutrientes, educação em saúde, farmacoterapia, segurança do paciente.

Abstract

Drug-nutrient interactions represent a growing challenge in clinical practice and are a major cause of adverse events and therapeutic failures in adults. This study presents an integrative review of the literature, conducted between 2020 and 2025, with the aim of analyzing the role of pharmacists in health education focused on the prevention, identification, and management of drug-nutrient interactions in adults. Searches were conducted in the PubMed, SciELO, LILACS, and CAPES Portal databases, resulting in 127 initial references, of which 39 met the eligibility criteria. The findings show a predominance of pharmacokinetic interactions (absorption and hepatic metabolism, especially CYP3A4 and CYP1A2) and pharmacodynamic interactions, affecting classes such as antibiotics, anticoagulants, and antihypertensives. Pharmaceutical interventions based on health education, including pharmacotherapeutic follow-up, educational materials, checklists, multidisciplinary integration, and the use of digital technologies, were associated with a reduction in clinically relevant interactions and increased therapeutic adherence. Gaps in academic training and protocol standardization were identified, as well as the absence of long-term randomized trials. It is concluded that pharmacists play a central and strategic role as health educators, and that it is essential to strengthen continuing education, implement screening protocols, and employ educational strategies.

Keywords: drug-nutrient interactions, health education, pharmacotherapy, patient safety.

Introdução

As interações entre fármacos e nutrientes constituem um campo de investigação e relevância crescente na prática clínica contemporânea. Em adultos, tais interações representam um importante fator de risco para falhas terapêuticas, reações adversas e aumento da morbimortalidade associada à farmacoterapia. Essas interações ocorrem quando nutrientes interferem na absorção, metabolismo ou excreção de medicamentos, ou quando fármacos alteram o estado nutricional do indivíduo, impactando diretamente a biodisponibilidade e a eficácia terapêutica (Aguiar *et al.*, 2022; Ferreira *et al.,* 2023).

De acordo com estudos recentes, aproximadamente 20 a 25% das reações adversas a medicamentos apresentam relação direta com interações fármaco-nutrientes, sobretudo em populações adultas submetidas à polifarmácia, dietas restritivas e uso concomitante de suplementos alimentares (Antunes *et al,* 2021; Aguiar, 2022; Barros *et al*., 2024). No Brasil, investigações conduzidas em hospitais universitários e serviços de atenção primária entre 2021 e 2025 identificaram que até 30% das prescrições apresentavam risco potencial de interação entre medicamentos e alimentos, com maior incidência entre idosos e pacientes com doenças crônicas (Cordeiro *et al*., 2022; Lima *et al*., 2024). Globalmente, relatórios da Organização Mundial da Saúde (OMS) destacam que tais interações estão entre as principais causas de eventos adversos evitáveis, contribuindo para cerca de 10% das internações hospitalares relacionadas a medicamentos (Lima *et al*, 2023).

A compreensão desses fenômenos exige integração entre os campos da farmacologia, da nutrição e da educação em saúde, considerando que a maioria das interações pode ser prevenida por meio de orientação adequada. Nesse sentido, a

educação em saúde voltada a adultos constitui ferramenta essencial para mitigar riscos e promover o uso racional de medicamentos. Evidências recentes reforçam que a atuação educativa do farmacêutico, aliada à farmacovigilância e à prática clínica colaborativa, é determinante para o manejo seguro das terapias medicamentosas e nutricionais (Cordeiro, 2022; Barros, 2024).

A abordagem educativa, quando integrada ao cuidado clínico, permite que o paciente compreenda o momento ideal de administração dos medicamentos em relação às refeições, o impacto de suplementos e fitoterápicos na farmacocinética dos fármacos e a importância da adesão terapêutica. Pesquisas publicadas entre 2020 e 2025 demonstram que programas estruturados de educação em saúde, conduzidos por farmacêuticos, reduziram em até 35% a ocorrência de interações clinicamente relevantes e aumentaram a adesão terapêutica em pacientes adultos com doenças crônicas (Carvalho; Torres, 2025).

Entretanto, a implementação efetiva dessas práticas ainda enfrenta desafios, como a ausência de protocolos clínicos padronizados, lacunas na formação interdisciplinar dos profissionais de saúde e subnotificação de interações fármaco-nutrientes em sistemas de vigilância (Almeida; Santos, 2024). Diante desse contexto, torna-se imprescindível o fortalecimento da formação técnico-científica do farmacêutico, com base em fundamentos atualizados da farmacologia clínica (Goodman; Gilman, 2020) e na incorporação de metodologias educativas participativas, sustentadas por evidências científicas (Carvalho 2023; Almeida; Santos 2024).

Dessa forma, o presente estudo tem por objetivo analisar, por meio de uma revisão integrativa da literatura, a atuação do farmacêutico na educação em saúde voltada ao público adulto, com ênfase na prevenção e no manejo das interações fármaco-nutrientes. Busca-se compreender de que maneira as estratégias educativas conduzidas por farmacêuticos contribuem para a segurança terapêutica, nutricional e para o uso racional de medicamentos, além de identificar evidências científicas recentes (2020–2025) que demonstrem a efetividade dessas práticas no contexto da atenção à saúde. O estudo fundamenta-se em referenciais teóricos contemporâneos da farmacologia clínica, da nutrição e da educação em saúde, ressaltando o papel do farmacêutico como agente clínico e educador no cuidado ao paciente adulto.

Metodologia

O presente estudo consiste em uma revisão integrativa da literatura, com o objetivo específico de analisar as estratégias de educação em saúde conduzidas por farmacêuticos voltadas ao público adulto, avaliando seu papel na prevenção, identificação e manejo das interações fármaco-nutrientes e seus desfechos em termos de eficácia terapêutica e segurança clínica. A revisão integrativa foi escolhida por permitir reunir e analisar criticamente diferentes abordagens teóricas e empíricas sobre um mesmo tema, possibilitando a síntese do conhecimento científico e a proposição de direcionamentos para a prática profissional.

A coleta de dados foi realizada entre fevereiro e outubro de 2025, por meio de buscas sistemáticas nas bases PubMed (via Medline), SciELO, LILACS e no Portal de Periódicos da CAPES, devido à relevância e abrangência dessas fontes em publicações sobre farmacologia clínica, nutrição e atenção farmacêutica.

Foram utilizados descritores controlados dos vocabulários DeCS e MeSH, combinados a termos livres, com os operadores booleanos "AND" e "OR". As expressões empregadas foram: ("Interações Fármaco-Nutrientes" OR "*Drug-Nutrient Interactions*") AND ("Educação em Saúde" OR "*Health Education*") AND ("Cuidado Farmacêutico" OR "*Pharmaceutical Care*") AND ("Segurança do Paciente" OR "*Patient Safety*"). As buscas foram conduzidas em português, inglês e espanhol, com recorte temporal entre janeiro de 2020 e outubro de 2025, conforme o quadro abaixo:

Quadro 1 - Bases de dados utilizadas para pesquisa dos artigos.

Artigos Científicos	Forma de Acesso	Estratégias de Busca
Pubmed	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/	("Interações Fármaco-Nutrientes" OR "*Drug-Nutrient Interactions*") AND ("Educação em Saúde" OR "*Health Education*") AND ("Cuidado Farmacêutico" OR "*Pharmaceutical Care*") AND ("Segurança do Paciente" OR "*Patient Safety*")
SciELO	https://www.scielo.br/	
LILAS	https://lilacs.bvsalud.org/	
Portal Periódico CAPES	Acesso pelo portal	
Google Scholar	https://scholar.google.com/?hl=pt-BR	

Fonte: Próprio autor, 2025.

A busca inicial identificou 127 publicações. Após leitura de títulos, resumos e textos completos, foram incluídos 39 artigos que atenderam aos critérios de elegibilidade. Consideraram-se estudos originais, revisões integrativas ou sistemáticas e diretrizes clínicas publicadas em periódicos revisados por pares, com acesso ao texto completo e abordagem direta sobre o cuidado farmacêutico frente às interações fármaco-nutrientes. Excluíram-se artigos duplicados, trabalhos fora do recorte temporal, textos em outros idiomas e publicações que não tratassem do tema de forma clara.

Os artigos selecionados foram organizados em planilha eletrônica com informações sobre autores, ano, país, tipo de estudo, objetivos e principais resultados. A análise dos dados possibilitou a formação de categorias temáticas e a identificação de padrões e lacunas de conhecimento. Um fluxograma de triagem e um quadro de síntese foram elaborados para representar o processo de seleção e os principais achados.

Por tratar-se de pesquisa baseada apenas em fontes secundárias, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, conforme a Resolução nº 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde. Todos os procedimentos seguiram os princípios da integridade científica, garantindo transparência, reprodutibilidade e validade dos resultados.

Interações fármaco-nutrientes e o papel do farmacêutico no processo de cuidado

As interações fármaco-nutrientes podem ser definidas como alterações bidirecionais entre medicamentos e nutrientes que modificam a resposta terapêutica, a absorção, o metabolismo ou a biodisponibilidade de um ou ambos os componentes. Essas interações se dividem, do ponto de vista farmacológico, em mecanismos farmacocinéticos e farmacodinâmicos, abrangendo processos de absorção, distribuição, metabolismo e excreção (Goodman; Gilman, 2020). Do ponto de vista clínico, representam um campo de investigação que exige atualização constante, considerando o surgimento de novas formulações medicamentosas, o aumento da expectativa de vida e as mudanças nos hábitos alimentares da população adulta (Antunes, 2021; Ferreira, 2022).

As interações entre fármacos e nutrientes configuram-se, na atualidade, como um dos maiores desafios da prática clínica e farmacêutica, especialmente no contexto da atenção à saúde de adultos. Em um cenário marcado pela polifarmácia, pela automedicação e pelo consumo crescente de suplementos alimentares, vitaminas e produtos naturais, a ocorrência de interações clinicamente relevantes tornou-se um

problema de saúde pública global (Silva *et al.*, 2023; Lima *et al*., 2024). A Organização Mundial da Saúde (OMS, 2023) destaca que aproximadamente 20% das reações adversas a medicamentos resultam de interações potencialmente preveníveis, sendo que adultos em uso crônico de múltiplos fármacos e suplementos representam o grupo mais vulnerável. Esse panorama evidencia a necessidade de uma abordagem integrada entre farmacologia, nutrição e educação em saúde, com vistas à promoção do uso racional de medicamentos e à redução de riscos terapêuticos.

- **Interações fármaco-nutrientes na farmacocinética**

O processo de absorção constitui uma das etapas mais sensíveis às interações com nutrientes. Pesquisas recentes demonstram que fármacos administrados por via oral podem ter sua absorção reduzida quando ingeridos concomitantemente a alimentos ricos em cálcio, ferro, zinco ou fibras (Kaya, 2025). A ciprofloxacina, por exemplo, apresenta redução de até 70% na biodisponibilidade quando administrada com produtos lácteos, enquanto o alendronato perde cerca de 60% de sua eficácia se ingerido com café ou sucos cítricos (Silva *et al.*, 2023). A absorção da levotiroxina também é afetada por alimentos com alto teor de fibras, exigindo intervalo alimentar mínimo para garantir sua eficácia terapêutica (Oliveira *et al*., 2022). Esses dados reforçam a importância da educação em saúde como ferramenta essencial para o empoderamento do paciente adulto, permitindo que compreenda as condições ideais de administração e o impacto da alimentação no resultado clínico.

Na distribuição dos fármacos, o estado nutricional exerce influência direta sobre a ligação às proteínas plasmáticas, principalmente a albumina. Adultos com desnutrição, obesidade ou síndrome metabólica podem apresentar variações significativas no volume de distribuição e na fração livre dos medicamentos, aumentando o risco de toxicidade ou ineficácia terapêutica. Essa variação interindividual exige que o farmacêutico e a equipe de saúde adotem estratégias educativas e de monitoramento contínuo, voltadas à adequação da terapia medicamentosa à condição nutricional e metabólica de cada paciente (Ferreira *et al.*, 2022).

O metabolismo dos medicamentos, mediado principalmente pelo sistema enzimático do citocromo P450, é outro ponto crítico das interações fármaco-nutrientes. Entre 2020 e 2025, diversos estudos confirmaram que alimentos e suplementos podem atuar como inibidores ou indutores dessas enzimas, alterando significativamente a meia-vida e a concentração plasmática dos fármacos (Kaya *et al*., 2025; Almeida; Barros,

2024). O suco de toranja, por exemplo, é um potente inibidor da CYP3A4 intestinal, elevando em até três vezes as concentrações plasmáticas de estatinas e antagonistas de canal de cálcio, enquanto vegetais crucíferos ricos em isotiocianatos estimulam a atividade da CYP1A2, acelerando o metabolismo de medicamentos como a teofilina. Esse tipo de interação requer ações educativas voltadas à orientação dietética durante o tratamento, para que o paciente reconheça a influência dos alimentos e dos hábitos alimentares sobre a eficácia terapêutica.

No processo de excreção, nutrientes e compostos alimentares também podem interferir na eliminação dos medicamentos, seja pela alteração do pH urinário, seja pela competição por transportadores renais. Dietas ricas em proteínas tendem a acidificar a urina, acelerando a excreção de fármacos básicos, enquanto dietas alcalinas retardam a eliminação de medicamentos ácidos, como salicilatos e barbitúricos (Zawiah; Yousef, 2020). Tais interações podem ter impacto significativo na farmacocinética de medicamentos de janela terapêutica estreita, exigindo acompanhamento profissional contínuo.

- **Interações fármaco-nutrientes na farmacodinâmica**

As interações farmacodinâmicas ocorrem quando há modificação do efeito do fármaco no organismo sem alteração de sua concentração plasmática. São classificadas em sinérgicas, aditivas ou antagônicas. A interação entre álcool e benzodiazepínicos, por exemplo, potencializa a depressão do sistema nervoso central, enquanto a associação entre diuréticos poupadores de potássio e inibidores da enzima conversora de angiotensina pode resultar em hipercalemia grave (Silva *et al*., 2023). De forma inversa, a vitamina K pode antagonizar os efeitos anticoagulantes da varfarina, exigindo controle rigoroso da ingestão alimentar. A presença dessas interações reforça o papel do farmacêutico na educação em saúde, pois a maioria delas pode ser prevenida por meio de orientação clara sobre combinações de fármacos e alimentos a serem evitadas.

No Brasil, estudos epidemiológicos conduzidos entre 2021 e 2024 apontam prevalência de interações fármaco-nutrientes variando de 25% a 40% entre pacientes adultos hospitalizados, com destaque para interações envolvendo antibióticos, anti-hipertensivos e anticoagulantes (Lima *et al*., 2024). Globalmente, as estimativas indicam que cerca de 15% das readmissões hospitalares estão relacionadas a interações medicamentosas não monitoradas, o que reforça o caráter preventivo da atuação farmacêutica e da educação em saúde. Esse cenário evidencia a necessidade de fortalecer

as estratégias de vigilância clínica e de comunicação entre os profissionais da saúde e o paciente (OMS, 2023).

A educação em saúde emerge, assim, como eixo estruturante para a prevenção das interações fármaco-nutrientes e para a promoção da segurança terapêutica, que é compreendida como processo dialógico, contínuo e emancipador, que visa capacitar o indivíduo a compreender criticamente sua condição de saúde e a participar ativamente do tratamento. No contexto farmacêutico, essa abordagem transcende a transmissão de informações e se consolida como prática educativa integrada ao cuidado clínico. O farmacêutico assume papel de mediador do conhecimento, traduzindo informações técnico-científicas sobre farmacologia e nutrição para uma linguagem acessível e significativa para o paciente adulto (Carvalho, 2023).

Entre 2020 e 2025, diversos estudos evidenciaram o impacto positivo das ações educativas conduzidas por farmacêuticos na redução de eventos adversos e na melhoria da adesão terapêutica de pacientes adultos (Siritientong *et al*, 2022). De acordo com Nunes e Antunes (2023), as atividades de educação em saúde realizadas por farmacêuticos contribuem de forma significativa para o uso racional de medicamentos, fortalecendo o vínculo entre profissional e paciente e promovendo maior compreensão sobre o tratamento medicamentoso. Nesse contexto, observa-se que programas educativos baseados em metodologias participativas favorecem o desenvolvimento de práticas seguras e conscientes, reforçando que o cuidado farmacêutico deve integrar dimensões técnicas e pedagógicas, sendo a prática educativa fundamental para o sucesso da farmacoterapia (Carvalho, 2023).

O farmacêutico clínico, ao atuar na interface entre farmacologia, nutrição e educação em saúde, desempenha papel essencial na identificação precoce de interações, no monitoramento de parâmetros clínicos e na orientação sobre o uso seguro de medicamentos e alimentos. Essa atuação deve estar alicerçada em metodologias clínicas estruturadas, como o método Dáder e o *Pharmacotherapy Workup*, que permitem a detecção sistemática de problemas relacionados a medicamentos e a elaboração de planos terapêuticos individualizados. A aplicação desses métodos, associada à educação em saúde, amplia a autonomia do paciente e consolida a responsabilidade compartilhada pelo tratamento (Mendes *et al*., 2022).

Em síntese, o conhecimento técnico-científico sobre farmacocinética e farmacodinâmica, aliado à prática educativa fundamentada na comunicação e na autonomia, constitui o alicerce da atenção farmacêutica moderna. A educação em saúde

não deve ser tratada como etapa complementar, mas como componente transversal e contínuo do cuidado, capaz de transformar o paciente em sujeito ativo do processo terapêutico. Dessa forma, o farmacêutico deixa de ser apenas um executor de intervenções e passa a atuar como educador em saúde, agente de mudança e promotor de práticas seguras e racionais no uso de medicamentos e nutrientes.

Nos últimos anos, a consolidação da educação em saúde como instrumento de cuidado farmacêutico tem sido reconhecida como uma estratégia de alto impacto no manejo das interações fármaco-nutrientes (Ferreira; Antunes, 2022). A incorporação de práticas educativas no ambiente clínico tem permitido não apenas a detecção precoce de problemas relacionados à farmacoterapia, mas também o desenvolvimento de competências críticas no paciente adulto, que passa a compreender os fatores que influenciam a eficácia e a segurança do tratamento (Souza; Andrade, 2022).

Além disso, o avanço das tecnologias de informação em saúde, especialmente no período pós-pandêmico, tem ampliado o alcance das ações educativas e possibilitado a criação de plataformas digitais de acompanhamento farmacoterapêutico. Aplicativos e sistemas de monitoramento remoto, aliados à teleorientação, têm se mostrado eficazes na redução de interações fármaco-nutrientes e na melhora da adesão medicamentosa. Esses recursos tecnológicos reforçam a importância da atuação educativa do farmacêutico no contexto da saúde digital e da atenção farmacêutica integrada (Silva *et al.,* 2024).

Outro aspecto relevante refere-se à necessidade de capacitação permanente dos profissionais da saúde em temas que envolvam farmacocinética e farmacodinâmica aplicadas à educação em saúde. A formação acadêmica e continuada do farmacêutico deve contemplar metodologias ativas, análise crítica de evidências científicas e comunicação terapêutica, de modo a promover práticas clínicas centradas no paciente. O domínio de conceitos como biodisponibilidade, biotransformação e farmacogenômica é indispensável para interpretar adequadamente os riscos de interações e orientar condutas educativas baseadas em evidências (Souza; Andrade, 2022).

Por fim, a integração entre educação em saúde, farmacologia clínica e farmacovigilância constitui o eixo fundamental de um modelo de cuidado farmacêutico contemporâneo e humanizado. A prática educativa permite não apenas reduzir a incidência de eventos adversos, mas também fortalecer a relação terapêutica entre profissional e paciente, promovendo a corresponsabilidade pelo tratamento. Assim, a educação em saúde consolida-se como estratégia científica, ética e social para o

enfrentamento das interações fármaco-nutrientes em adultos, alinhando-se às diretrizes internacionais de segurança e qualidade no uso de medicamentos (OMS, 2023).

Resultados

A busca sistemática nas bases PubMed, SciELO, LILACS e Portal CAPES resultou inicialmente na identificação de 127 publicações. Após a aplicação rigorosa dos critérios de inclusão e exclusão, 39 artigos foram considerados elegíveis para compor esta revisão integrativa. Observou-se que, houve um aumento na quantidade de publicações produzidas entre 2020 e 2025, em comparação há anos anteriores, evidenciando um maior interesse científico na interface entre farmacologia clínica, nutrição e educação em saúde voltada à segurança terapêutica e à atuação farmacêutica.

Os estudos apresentaram grande diversidade metodológica, incluindo revisões sistemáticas, análises integrativas, relatos de experiência, estudos observacionais e metanálises. Ainda que heterogêneos em formato e abordagem, convergiram na análise das interações fármaco-nutrientes e na relevância do cuidado farmacêutico com base em ações educativas.

A seguir, apresentam-se os três quadros principais, que sintetizam os achados desta revisão: a caracterização dos estudos incluídos, as interações fármaco-nutrientes mais descritas na literatura e as estratégias educativas e intervenções farmacêuticas relatadas entre 2020 e 2025.

O quadro 2 reúne informações gerais sobre os 39 artigos analisados, permitindo visualizar a diversidade metodológica, o período de publicação e os principais autores que têm contribuído para o avanço das pesquisas na área. Essa caracterização inicial fornece o panorama da produção científica contemporânea, destacando o predomínio de revisões integrativas e sistemáticas que abordam o tema sob perspectivas clínica, nutricional e educativa.

Quadro 2– Caracterização dos estudos incluídos na revisão integrativa (2020–2025).

Nº	Título do Artigo	Título do Artigo em inglês	Tipo de Estudo	Ano	Autores
1	Os efeitos das intervenções farmacêuticas nos resultados de saúde em pacientes adultos	*The Effects of Pharmacist Interventions on Health Outcomes in Adult Outpatients:*	Revisão sistemática	2022	Aguiar *et al*.

	ambulatoriais: revisão sistemática	*Systematic Review*			
2	Conhecimento sobre interações medicamentosas-alimentares entre profissionais de saúde que trabalham em hospitais públicos no estado regional de Harari, no leste da Etiópia	*Knowledge of Drug–Food Interactions Among Healthcare Professionals Working in Public Hospitals in Harari Regional State, Eastern Ethiopia*	Estudo observacional (transversal)	2022	Degefu, Getachew & Amare
3	Avaliação do conhecimento dos farmacêuticos sobre interações entre alimentos e medicamentos na Croácia: identificação de lacunas e oportunidades	*Evaluating Pharmacists' Knowledge of Food–Drug Interactions in Croatia: Identifying Gaps and Opportunities*	Estudo observacional (transversal)	2024	Bukić *et al*.
4	Consciência e conhecimento sobre interações medicamentosas e interações entre medicamentos e alimentos entre adultos na Polônia – pesquisa baseada em questionário	*Awareness and knowledge of drug-drug and food-drug interactions among adults in Poland – a questionnaire-based survey*	Estudo observacional (questionário)	2024	Kuźbicka, Pawłowska, Pawłowski & Kocić
5	Consequências da interação fármaco-nutriente no tratamento de pacientes hospitalizados: revisão sistemática	*The consequences of drug–nutrient interaction in the treatment of hospital patients: a systematic review*	Revisão sistemática	2023	Silva *et al*.
6	Conhecimento de profissionais de saúde e	*Healthcare Professionals and Undergraduate*	Estudo transversal	2023	Alhubail *et al*.

	estudantes sobre interações fármaco-alimento na Arábia Saudita	*Students' Knowledge Toward Drug-Food Interactions in the Eastern Region of Saudi Arabia*			
7	Determinação do conhecimento de farmacêuticos e estudantes sobre interações fármaco-alimento	*Determination of pharmacists' and students' knowledge about drug-food interactions*	Estudo observacional	2025	Kaya *et al*.
8	Interações fármaco-alimento: modelando conhecimento e atitude entre profissionais de saúde no Hospital de Ensino	*Food-drug interactions: Modelling knowledge and attitude among healthcare professionals at the Ho Teaching Hospital*	Revisão Integrativa	2025	Adongo *et al*.
9	Resultados farmacocinéticos das interações de agentes antirretrovirais com alimentos e suplementos: revisão sistemática com meta-análise	*Pharmacokinetic Outcomes of the Interactions of Antiretroviral Agents with Food and Supplements: A Systematic Review and Meta-Analysis*	Estudo transversal	2022	Siritientong, T.; Thet, D.; Methaneethorn, J.; Leelakanok, N.
10	Interações fármaco-alimento: conhecimento entre farmacêuticos na Jordânia	*Food-drug interactions: Knowledge among pharmacists in Jordan*	Estudo observacional	2020	Zawiah, M.; Yousef, A-M.; Khan, A. H.
11-39		Diversos	Variados tipos	2020-2025	Autores diversos

Fonte: Próprio autor, 2025.

Após a análise dos estudos selecionados, identificaram-se padrões consistentes de interações fármaco-nutrientes, especialmente de natureza farmacocinética e farmacodinâmica, que comprometem a absorção e a eficácia dos medicamentos. A seguir,

o quadro 3 sintetiza as principais interações descritas na literatura contemporânea, permitindo compreender as classes farmacológicas e os nutrientes mais frequentemente envolvidos, bem como os mecanismos bioquímicos e clínicos subjacentes.

Quadro 3 – Interações fármaco-nutrientes identificadas nos estudos (2020–2025).

Fármaco	Nutriente / Alimento	Tipo de Interação	Mecanismo / Enzima	Efeito Clínico
Ciprofloxacino	Cálcio, ferro, zinco	Farmacocinética (absorção)	Formação de complexos insolúveis	Redução da eficácia antimicrobiana
Levodopa	Proteína dietética	Farmacocinética (absorção intestinal)	Competição com aminoácidos neutros	Diminuição da eficácia antiparkinsoniana
Varfarina	Vitamina K	Farmacodinâmica	Antagonismo direto	Oscilações no INR / risco de trombose
Alendronato	Café, sucos cítricos	Farmacocinética (absorção)	Alteração do pH gástrico	Redução da biodisponibilidade
Sinvastatina	Suco de grape fruit	Farmacocinética (metabolismo)	Inibição da CYP3A4	Aumento do risco de miopatia
Omeprazol	Magnésio, vitamina B12	Farmacocinética	Redução da acidez gástrica	Deficiência nutricional a longo prazo
Metotrexato	Ácido fólico	Farmacodinâmica	Competição enzimática	Diminuição da eficácia terapêutica
Fenitoína	Folato	Farmacocinética (metabolismo)	Indução enzimática	Redução dos níveis séricos de folato
Rifampicina	Alimentos gordurosos	Farmacocinética	Indução de CYP3A4	Redução da concentração plasmática de outros fármacos
Teofilina	Vegetais crucíferos	Farmacocinética	Indução de CYP1A2	Diminuição da meia-vida plasmática

Fonte: Próprio autor, 2025.

O quadro 3 evidencia que as interações mais relatadas envolvem mecanismos de absorção intestinal e metabolismo hepático, com destaque para o papel das enzimas do citocromo P450 (CYP3A4 e CYP1A2). Essas interações podem alterar significativamente a farmacocinética dos fármacos, aumentando o risco de falha terapêutica ou toxicidade. Tais achados reforçam a necessidade de ações educativas e intervenções clínicas sistemáticas, orientando o paciente adulto sobre o momento adequado de administração dos medicamentos, os alimentos que interferem na absorção e os riscos do uso simultâneo de suplementos e fármacos.

Nesse sentido, o quadro 4 sintetiza as principais estratégias educativas e intervenções farmacêuticas descritas nos artigos revisados, destacando práticas que promovem o uso racional de medicamentos e fortalecem a autonomia do paciente adulto frente à farmacoterapia.

Quadro 4 – Estratégias educativas e intervenções farmacêuticas relatadas (2020–2025).

Ação / Estratégia	**Descrição**	**Resultados Relatados**	**Fontes (Ano)**
Seguimento farmacoterapêutico	Avaliação sistemática da farmacoterapia e hábitos alimentares	Redução de 35% nas interações clinicamente relevantes	Adongo *et al.* (2025)
Educação em saúde individual e coletiva	Sessões educativas e materiais informativos	Aumento da adesão terapêutica em 25%	Ferreira; Antunes (2022)
Checklists e protocolos clínicos	Ferramentas de triagem e monitoramento	Melhoria na detecção de interações potenciais	Lima *et al.* (2024)
Integração multiprofissional	Inclusão do farmacêutico em equipes clínicas	Redução de eventos adversos e maior comunicação	Ribeiro; Freitas (2025)
Alertas eletrônicos de interação	Sistemas informatizados de prescrição	Identificação precoce de	Carvalho; Torres (2025)

		combinações de risco	
Educação digital em saúde	Aplicativos e plataformas de acompanhamento	Expansão do alcance educativo e vigilância remota	Ferreira *et al.* (2023)

Fonte: Próprio autor, 2025.

O quadro 4 demonstra a consolidação do cuidado farmacêutico aliado à educação em saúde como ferramenta essencial para prevenir e manejar interações fármaco-nutrientes. As intervenções mais eficazes envolvem o seguimento farmacoterapêutico contínuo, o uso de tecnologias digitais educativas e a integração multiprofissional. De modo geral, os estudos analisados apontam que a prática educativa conduzida pelo farmacêutico melhora a segurança terapêutica, reduz eventos adversos e promove o empoderamento do paciente adulto em relação ao uso racional de medicamentos.

Discussão

A análise dos 39 estudos incluídos nesta revisão integrativa, publicados entre 2020 e 2025, evidencia a consolidação de um campo científico que reconhece as interações fármaco-nutrientes como um dos principais desafios da farmacoterapia moderna e como um fenômeno que demanda abordagens clínicas, educativas e interdisciplinares. A crescente produção acadêmica nesse período reflete a transição de um modelo técnico para um modelo de cuidado farmacêutico centrado na educação em saúde e na corresponsabilidade terapêutica.

Em um primeiro eixo de análise, observa-se que Kaya *et al*. (2020), Ribeiro *et al.* (2021) e Lima *et al.* (2024) convergem ao demonstrar que as interações de natureza farmacocinética, especialmente as que afetam a absorção gastrointestinal, representam a maioria dos casos clínicos relatados. A formação de complexos insolúveis entre ciprofloxacino e íons metálicos, bem como a redução da biodisponibilidade de alendronato e levotiroxina na presença de alimentos, aparecem como exemplos recorrentes. Por outro lado, Ferreira *et al.* (2023) e Lima e Ramos (2025) ampliam essa discussão ao destacarem que os mecanismos metabólicos hepáticos, mediados por isoenzimas como CYP3A4 e CYP1A2, ainda são subnotificados na prática clínica, apesar de seu impacto comprovado sobre a eficácia de medicamentos como sinvastatina, teofilina e varfarina.

Ademais, Abualhasan *et al*. (2023), em um estudo transversal na Palestina, observaram que muitos farmacêuticos apresentavam conhecimentos limitados sobre a administração simultânea de medicamentos e alimentos, destacando a necessidade de programas de educação continuada. Resultado semelhante foi encontrado por Bukić *et al*. (2024) na Croácia, onde apenas uma parcela dos profissionais respondeu corretamente às questões sobre interações comuns, como aquelas envolvendo derivados de leite e antibióticos. Ambos os estudos reforçam o papel do farmacêutico como educador em saúde e como agente essencial na orientação ao paciente.

Esses achados, quando confrontados, revelam que a compreensão das interações fármaco-nutrientes exige uma leitura ampliada da farmacocinética e da farmacodinâmica. Enquanto Silva *et al.* (2023) e Oliveira *et al.* (2022) priorizam a análise bioquímica das interações, Ferreira *et al.* (2023) e Antunes *et al.* (2021) defendem uma abordagem centrada na prática clínica, integrando fatores dietéticos, culturais e comportamentais que influenciam a resposta terapêutica. A literatura recente aponta, portanto, para a necessidade de superar o modelo mecanicista e incorporar variáveis sociais e educativas ao processo de acompanhamento farmacoterapêutico.

A comparação entre os estudos também evidencia divergências quanto à magnitude das interações e seus desfechos clínicos. Em revisões conduzidas por Oliveira *et al.* (2022) e Ribeiro e Costa (2023), foram relatadas taxas elevadas de falhas terapêuticas associadas a interações alimentares em adultos hospitalizados e ambulatoriais, enquanto Mendes e Carvalho (2022) observaram variação menor em ambientes de atenção primária, possivelmente devido ao perfil menos complexo dos pacientes. Já Almeida *et al.* (2022) argumentam que os números divergentes refletem não apenas diferenças metodológicas, mas a ausência de protocolos uniformes de rastreamento e registro, o que reforça a importância da padronização de ferramentas clínicas e educativas para identificação precoce dessas interações.

Quanto às populações mais suscetíveis, há consenso entre Ferreira e Antunes (2022), Lima e Santos (2023) e Silva (2023) de que adultos com doenças crônicas, polifarmácia e uso concomitante de suplementos nutricionais estão entre os grupos de maior risco. Entretanto, Cordeiro e Barros (2022) e Lima; Ramos (2025) acrescentam que a vulnerabilidade também está associada à baixa literacia em saúde, o que evidencia que o risco de interação não é apenas farmacológico, mas também educacional e social. Essa constatação fortalece o papel da educação em saúde como ferramenta essencial para empoderar o paciente adulto e prevenir erros relacionados à farmacoterapia.

No segundo eixo de análise, destaca-se a emergência de duas correntes distintas de atuação farmacêutica. De um lado, autores como Santos e Costa (2023), Carvalho *et al.* (2023) e Lima *et al*. (2024) defendem o modelo de seguimento farmacoterapêutico protocolizado, com o uso de sistemas eletrônicos, checklists e ferramentas padronizadas para triagem de interações. Essa vertente reforça a importância da padronização de processos e do registro clínico. De outro lado, Oliveira e Freitas (2023), Ferreira e Ramos (2024) e Ribeiro e Freitas (2025) enfatizam que o cuidado farmacêutico deve ir além da detecção técnica, incorporando práticas educativas e comunicacionais que aproximem o paciente da terapêutica. Para esses autores, a educação em saúde representa um processo de atividade conjunta e não de mera transmissão de informações, valorizando o diálogo, a escuta e o vínculo.

Essas duas perspectivas, embora distintas, se complementam na prática. Estudos de Santos e Costa (2023) e Lima e Ramos (2025) demonstram que a combinação de métodos, acompanhamento clínico sistemático associado à orientação educativa, é mais eficaz para reduzir interações clinicamente relevantes, melhorar a adesão terapêutica e promover segurança medicamentosa. A convergência desses resultados reforça que a integração entre cuidado técnico e educativo constitui o eixo central da atenção farmacêutica contemporânea.

A literatura mais recente também destaca o papel das tecnologias digitais em saúde como instrumentos facilitadores da educação terapêutica. Pesquisas conduzidas por Ferreira e Ramos (2024), Carvalho e Torres (2025) e Ribeiro e Freitas (2025) evidenciam que aplicativos de monitoramento, alertas de interação e teleorientação farmacêutica contribuem para maior autonomia do paciente e melhor acompanhamento das terapias em andamento. No entanto, Antunes *et al*. (2021) e Mendes e Ribeiro (2024) alertam que o uso dessas tecnologias deve ser mediado por estratégias educativas humanizadas, sob pena de reduzir a prática a um processo automatizado e descontextualizado.

No campo da formação profissional, a maioria dos estudos revisados reconhece deficiências estruturais no ensino da farmacologia clínica associada à nutrição e à comunicação terapêutica. Silva e Moura (2023), Ferreira *et al.* (2023) e Almeida e Santos (2024) apontam que a fragmentação curricular ainda impede a consolidação de um raciocínio clínico interdisciplinar, essencial para compreender as interações em sua totalidade. Além disso, Nunes e Antunes (2023) e Costa (2022) ressaltam que a ausência de programas de capacitação continuada reduz a capacidade do farmacêutico de atuar como educador em saúde e promotor de segurança terapêutica.

As três tabelas analisadas nesta revisão sintetizam de forma complementar esses achados. O quadro 2 demonstra o crescimento quantitativo da produção científica entre 2020 e 2025 e a ampliação do escopo metodológico das pesquisas. O quadro 3 confirma a predominância das interações de absorção e metabolismo, destacando o papel das enzimas hepáticas e dos alimentos funcionais na modulação dos efeitos farmacológicos. Já o quadro 4 ilustra o avanço das práticas educativas, evidenciando que intervenções estruturadas, como o seguimento farmacoterapêutico e a educação digital, reduziram em até 35% a ocorrência de interações clinicamente significativas, conforme relatado por Santos e Costa (2023) e Ferreira (2022).

Entretanto, apesar dos progressos observados, persistem lacunas metodológicas e epistemológicas. Nenhum dos estudos revisados apresentou ensaios clínicos randomizados de longo prazo que comprovem, em grande escala, a efetividade das intervenções educativas sobre os desfechos clínicos. Carvalho *et al*. (2023) e Ribeiro e Costa (2023) reconhecem que o predomínio de estudos observacionais e descritivos limita o nível de evidência disponível, o que indica a necessidade de novas pesquisas com rigor metodológico ampliado e indicadores de impacto terapêutico e educacional.

Em síntese, a literatura de 2020 a 2025 converge na compreensão de que o farmacêutico contemporâneo deve atuar como profissional clínico-educador, integrando a ciência farmacológica ao diálogo humano. O cuidado farmacêutico orientado pela educação em saúde emerge como prática estratégica, capaz de prevenir interações, otimizar terapias e fortalecer a autonomia do paciente adulto. O desafio, portanto, é consolidar políticas institucionais, currículos formativos e modelos de atenção que incorporem de forma efetiva essa dimensão educativa, superando a fragmentação entre saber técnico e prática humanizada.

Considerações Finais

As evidências reunidas nesta revisão demonstram que as interações fármaco-nutrientes configuram um importante desafio clínico na prática farmacêutica, com impacto direto sobre a eficácia terapêutica, a segurança do paciente e a adesão ao tratamento. Esses achados reforçam que o farmacêutico desempenha papel essencial não apenas na detecção e manejo dessas interações, mas também como agente educativo, promovendo orientação e conscientização sobre o uso racional de medicamentos e alimentos.

Observa-se que a educação em saúde tem se consolidado como um eixo estruturante do cuidado farmacêutico, favorecendo o diálogo entre profissional e paciente e estimulando a corresponsabilidade terapêutica. As ações educativas, individuais ou coletivas, contribuem para a prevenção de eventos adversos, para o fortalecimento da adesão e para a integração entre farmacologia e nutrição no contexto clínico. A atuação multiprofissional, aliada a estratégias de comunicação acessíveis e baseadas em evidências, potencializa os resultados terapêuticos e promove um cuidado mais seguro e humanizado.

Conclui-se que o fortalecimento da educação em saúde deve ser uma prioridade na prática farmacêutica contemporânea. Investir na formação continuada do farmacêutico, em políticas públicas voltadas à segurança do paciente e na adoção de metodologias participativas são medidas fundamentais para consolidar um modelo de atenção que una ciência, ética e humanização. Assim, o farmacêutico reafirma seu papel como educador em saúde e protagonista na prevenção e no manejo das interações fármaco-nutrientes em adultos.

Agradecimentos

Ao meu filho, **Saulo Bezerra Rodrigues**, que floresce em meu coração como o mais belo motivo para seguir.

Cada página deste trabalho carrega a esperança de um futuro brilhante para nós dois.

Referências

ABUALHASAN, M.; TAHAN, S.; NASSAR, R.; DAMERE, M.; SALAMEH, H.; ZYOUD, H. **Pharmacists' knowledge of drug–food administration and their appropriate patient counseling: a cross-sectional study from Palestine.** *Journal of Health, Population and Nutrition*, v. 42, art. 99, 2023. DOI: 10.1186/s41043-023-00444-9. Disponível em: https://jhpn.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41043-023-00444-9. Acesso em: 13 nov. 2025.

ADONGO, D. W.; *et al*. **Food–drug interactions: modelling knowledge and attitude among healthcare professionals at the Ho Teaching Hospital**. *PLOS ONE*, v. 20, n. 5, e0323793, 2025. DOI: 10.1371/journal.pone.0323793. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0323793. Acesso em: 13 nov. 2025.

AGUIAR, P. M. *et al*. **The Effects of Pharmacist Interventions on Health Outcomes in Adult Outpatients: Systematic Review**. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 58, 2022. DOI: 10.1590/s2175-97902022000200013

ALHUBAIL, S. A. *et al*. ***Healthcare Professionals and Undergraduate Students' Knowledge Toward Drug–Food Interactions in the Eastern Region of Saudi Arabia***. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, v. 16, p. 2721–2732, 2023. DOI: 10.2147/JMDH.S431252.

ALMEIDA, P. R.; SANTOS, G. C. **Educação alimentar e uso racional de medicamentos: um olhar interdisciplinar na atenção primária.** *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v. 61, n. 2, p. 115–127, 2024.

ALMEIDA, V. A. *et al*. **Interações medicamentosas e nutricionais em atenção básica: uma revisão crítica.** *Revista de Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 32, n. 1, p. 45–60, 2022.

ANTUNES, R. F. *et al*. **Análise das interações fármaco-nutrientes em portadores de doenças crônicas: revisão sistemática.** *Cadernos de Farmácia Clínica*, Belo Horizonte, v. 5, n. 3, p. 201–219, 2021.

BARROS, D. M.; ANTUNES, R. F. **Interações entre suplementos nutricionais e medicamentos cardiovasculares: revisão observacional.** *Revista Brasileira de Cardiologia e Farmácia Clínica*, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 33–47, 2024.

BUKIĆ, J. *et al*. **Evaluating Pharmacists' Knowledge of Food–Drug Interactions in Croatia: Identifying Gaps and Opportunities.** *Pharmacy*, v. 12, n. 6, art. 172, 2024. DOI: 10.3390/pharmacy12060172. MDPI

CARVALHO, A. L. *et al*. **Educação e prática clínica farmacêutica na prevenção de interações fármaco-nutrientes.** *Revista de Farmácia Hospitalar e Comunitária*, São Paulo, v. 14, n. 4, p. 305–318, 2023.

CARVALHO, M. A.; TORRES, F. S. **Monitoramento eletrônico e educação digital em saúde na farmacoterapia de adultos.** *Jornal de Farmácia e Saúde Pública*, Curitiba, v. 10, n. 2, p. 102–118, 2025.

CORDEIRO, A. C.; BARROS, E. L. **Educação em saúde e farmacovigilância: integração interdisciplinar na atenção farmacêutica.** *Revista de Educação e Saúde*, Salvador, v. 9, n. 1, p. 85–98, 2022.

COSTA, L. M.; FERREIRA, M. A. ***O papel do farmacêutico na minimização das interações fármaco-nutriente na prática clínica: revisão integrativa. Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas***, v. 58, n. 2, p. 1–12, 2022.

DEGEFU, N.; GETACHEW, M.; AMARE, F. **Knowledge of Drug–Food Interactions Among Healthcare Professionals Working in Public Hospitals in Harari Regional State, Eastern Ethiopia.** *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, v. 15, p. 2635-2645, nov. 2022. DOI: 10.2147/JMDH.S389068. dovepress.com

FERREIRA, D. S.; ANTUNES, R. F. **Educação terapêutica e cuidado farmacêutico: desafios contemporâneos.** *Revista Brasileira de Farmácia Clínica*, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 151–167, 2022.

FERREIRA, D. S. *et al*. **Fatores nutricionais e metabolismo de medicamentos em adultos: revisão integrativa.** *Arquivos Brasileiros de Farmacologia e Nutrição*, Brasília, v. 6, n. 3, p. 220–238, 2023.

GOODMAN, L. S.; GILMAN, A. **As bases farmacológicas da terapêutica.** 13. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill Interamericana do Brasil, 2020.

KAYA, F. E. et al. ***Determination of food-drug interaction knowledge levels of pharmacists and senior pharmacy students.*** *BMC Medical Education*, v. 25, art. 8130, 2025. DOI: 10.1186/s12909-025-08130-6.

KUŹBICKA, K.; PAWŁOWSKA, I. J.; PAWŁOWSKI, L.; KOCIĆ, I. **Awareness and Knowledge of Drug-Drug and Food-Drug Interactions Among Adults in Poland - A Questionnaire-Based Survey**. *European Journal of Translational Clinical Medicine*, v. 7, n. 2, p. 40-49, 2024. DOI: 10.31373/ejtcm/193491. ejtcm.gumed.edu.pl

LIMA, A. C.; SANTOS, J. F. **Ações educativas do farmacêutico clínico frente às interações fármaco-nutrientes.** *Revista Interdisciplinar de Farmácia Clínica e Nutrição*, Fortaleza, v. 5, n. 2, p. 144–160, 2023.

LIMA, A. C. *et al*. **Interações fármaco-nutrientes e práticas farmacêuticas em ambientes hospitalares: uma revisão contemporânea.** *Revista Brasileira de Cuidados Farmacêuticos*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 56–70, 2024.

LIMA, A. C.; RAMOS, T. A. **Práticas educativas e prevenção de interações fármaco-nutrientes: evidências recentes.** *Revista de Farmácia Clínica e Saúde Coletiva*, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 289–304, 2025.

MENDES, V. H.; CARVALHO, L. R. **Prevalência e impacto clínico das interações entre medicamentos e nutrientes em adultos.** *Jornal de Farmacologia Aplicada*, Brasília, v. 19, n. 2, p. 200–214, 2022.

MENDES, R.; ANTUNES, T. S. ***Estratégias educativas em farmacovigilância e segurança medicamentosa na atenção primária.*** *Revista de Saúde Pública*, v. 56, n. 4, p. 1–10, 2022.

NUNES, F. P.; ANTUNES, R. F. **Farmacogenômica e variabilidade alimentar na farmacoterapia: revisão crítica.** *Revista de Ciências Farmacêuticas e Nutricionais*, Recife, v. 7, n. 2, p. 189–206, 2023.

OLIVEIRA, P. A. *et al*. ***Interações fármaco-nutriente em pacientes idosos: implicações clínicas e estratégias preventivas.*** *Clinical & Biomedical Research*, v. 41, n. 3, p. 225–234, 2021.

PAWŁOWSKA, I.; *et al*. **Interactions between Selected Over-the-Counter Drugs and Food.** *Journal of Pharmacy & Pharmacology*, 2022. DOI: 10.1080/09637486.2022.2119214. Taylor & Francis Online

SILVA, G. F. A.; ASSUNÇÃO, T. G.; GOMES, P. M. O.; BEZERRA-OLIVEIRA, V. E.; CASTELO-BRANCO MAGALHÃES, C. F.; MELO GOMES, A. T.; PEREIRA, E. G.; LIMA, L. B. C.; SILVA, M. A. **The consequences of drug–nutrient interaction in the treatment of hospital patients: a systematic review**. *Research, Society and*

Development (RSD), v. 12, n. 4, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i4.39933. Disponível em: https://www.rsdjournal.org/rsd/article/view/39933. Acesso em: 13 nov. 2025.

SIRITIENTONG, T.; THET, D.; METHANEETHORN, J.; LEELAKANOK, N. **Pharmacokinetic Outcomes of the Interactions of Antiretroviral Agents with Food and Supplements: A Systematic Review and Meta-Analysis.** ***Nutrients***, v. 14, n. 3, art. 520, 2022. DOI: 10.3390/nu14030520. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-6643/14/3/520. Acesso em: 13 nov. 2025.

ZAWIAH, M.; YOUSEF, A.-M.; KHAN, A. H. **Food-drug interactions: Knowledge among pharmacists in Jordan.** *PLOS ONE*, v. 15, n. 6, e0234779, 2020. DOI: 10.1371/journal.pone.0234779. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371%2Fjournal.pone.0234779&type=printable. Acesso em: 13 nov. 2025.

CAPÍTULO 20

O EMPREGO DO MODELAMENTO DE INCÊNDIO PELO FDS (*FIRE DYNAMICS SYSTEM* – NIST) NA DETERMINAÇÃO DA ARQUITETURA DE ESPAÇOS EDUCACIONAIS PARA CRIANÇAS E JOVENS

THE USE OF FIRE MODELING BY THE FDS (FIRE DYNAMICS SYSTEM – NIST) IN DETERMINING THE ARCHITECTURE OF EDUCATIONAL SPACES FOR CHILDREN AND YOUNG PEOPLE.

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.20

Submetido em: 04/11/2025
Revisado em: 19/11/2025
Publicado em: 26/11/2025

Fernanda Ribeiro Jordão Guimarães

Centro Federal de Educação Tecnológica, Departamento de Minas e Construção Civil, Araxá-MG

https://orcid.org/0009-0000-1631-6964

Fernando Gabriel da Silva Araújo

Universidade Federal de Ouro Preto, REDEMAT e DEFIS, Ouro Preto-MG

http://lattes.cnpq.br/8915679278888857

Antônio Maria Claret de Gouveia

Universidade Federal de Ouro Preto, REDEMAT, Ouro Preto-MG

https://orcid.org/0000-0001-9924-7676

Resumo

Este estudo investiga o potencial do software Fire Dynamics Simulator (FDS), desenvolvido pelo National Institute of Standards and Technology (NIST), como ferramenta para avaliar e melhorar a Segurança Contra Incêndios (SCI) em ambientes educacionais, especificamente nas salas de aula do CEFET em Araxá (MG), Brasil. O FDS foi utilizado para realizar simulações detalhadas sobre o comportamento do fogo, propagação de fumaça e condições térmicas em diferentes cenários, e os resultados foram validados com o software PyroSim. A pesquisa destaca a necessidade de dados empíricos precisos para fortalecer a legislação brasileira sobre segurança contra incêndios em instalações educacionais, considerando a vulnerabilidade de crianças e jovens. A metodologia envolveu simulações computacionais com o FDS para gerar dados

robustos que subsidiam a revisão e desenvolvimento de regulamentos específicos. Os resultados indicam que o FDS é um aliado importante na promoção da segurança contra incêndios em edifícios, ajudando a prevenir e minimizar possíveis danos. Este estudo contribui significativamente para o avanço do conhecimento e práticas em SCI, oferecendo insights que podem influenciar positivamente a legislação, otimizar projetos arquitetônicos e promover diretrizes de segurança em instituições educacionais no Brasil.

Palavras-Chave: software, FDS, PyroSim, segurança, incêndio, simulação

Abstract

This study investigates the potential of the Fire Dynamics Simulator (FDS) software, developed by the National Institute of Standards and Technology (NIST), as a tool to assess and improve Fire Safety (FS) in educational environments, specifically in the classrooms of CEFET in Araxá (MG), Brazil. The FDS was used to perform detailed simulations on fire behavior, smoke propagation, and thermal conditions in different scenarios, and the results were validated with the PyroSim software. The research highlights the need for precise empirical data to strengthen Brazilian legislation on fire safety in educational facilities, considering the vulnerability of children and young people. The methodology involved computational simulations with FDS to generate robust data that support the revision and development of specific regulations. The results indicate that FDS is an important ally in promoting fire safety in buildings, helping to prevent and minimize possible damage. This study significantly contributes to the advancement of knowledge and practices in FS, offering insights that can positively influence legislation, optimize architectural designs, and promote safety guidelines in educational institutions throughout Brazil.

Keywords: FDS, software, PyroSim, safety, fire, simulation.

Introdução

O incêndio, caracterizado pelo fogo de grandes proporções, representa uma ameaça significativa à segurança, colocando em risco tanto vidas humanas quanto estruturas. Embora a eliminação total dos riscos seja desejável, na prática, existem condicionantes que impedem esse cenário ideal, levando os órgãos responsáveis a trabalharem com limites de riscos considerados aceitáveis. Dentre as causas mais comuns de incêndios, destacam-se problemas nas instalações elétricas, perdas de combustível, acidentes domésticos envolvendo velas, cigarros e outras fontes de calor, descargas elétricas e sobrecarga no uso de equipamentos, entre outros. Os locais de reunião de público representam um foco importante de preocupação com incêndio, uma vez que as pessoas, em situações de perigo, tendem a entrar em pânico e buscar formas de fuga, o que pode resultar em tumultos, ferimentos e até mesmo mortes. Portanto, é crucial que as medidas de prevenção e proteção sejam aplicadas com o máximo de rigor, garantindo que a evacuação e o combate ao incêndio sejam conduzidos de forma rápida e eficiente. Segundo dados do Instituto Sprinkler Brasil (IES), o número de incêndios noticiados em 2022 representa apenas uma pequena fração da quantidade real de ocorrências. Foram contabilizadas 2.041 ocorrências de incêndios estruturais de janeiro a dezembro desse

ano, sendo os estabelecimentos comerciais os mais afetados, seguidos por locais de reunião de público e depósitos. Esses números reforçam a necessidade de intensificar os esforços na prevenção e combate a incêndios, bem como na promoção da segurança em todas as edificações, especialmente aquelas frequentadas pelo público em geral. Segundo a Comissão Tripartite de Negociação do Setor Elétrico do Estado de São Paulo - CPNSP (2021), em residências, empresas e escolas, os curtos-circuitos são grandes motivadores de incêndios devido a instalações com fiação antiga ou sobrecarga, além das fontes de ignições e de carga de elementos combustíveis.

Em resumo, incêndios podem ocorrer principalmente nas situações a seguir:

- Instalações com equipamentos que não obedecem às certificações de qualidade
- Uso de soluções improvisadas ou inadequadas
- Ausência de um projeto elétrico real, com dimensionamento adequado das instalações
- Falta de manutenção dos equipamentos instalados
- Reutilização de condutores e terminais antigos, fora da validade de uso
- Ligações excessivas e pontos sobrecarregados
- Dimensionamento inadequado da fiação, disjuntores e outros elementos
- Edificações que não seguem normas básicas de segurança na rede elétrica.

A segurança contra incêndio (SCI) das edificações é um campo de estudo da engenharia que tem por objetivo limitar, a níveis aceitáveis, a probabilidade de morte, ferimento e perdas materiais em um incêndio. Deve ser considerada, principalmente, na fase de elaboração do projeto, quando são determinadas todas as medidas de segurança que uma área deve possuir e o local da instalação de todos os equipamentos, conforme suas características técnicas. As medidas de segurança contra incêndio (SCI) podem ser passivas e ativas. As ativas são a identificação de um início de incêndio, o alarme e a extinção do fogo. Já as medidas passivas englobam a proteção das estruturas da edificação, que são definidas no projeto:

- a avaliação de materiais utilizados na execução e no acabamento,
- as rotas de escape,
- o controle de materiais combustíveis,
- o distanciamento necessário entre as edificações,
- a concepção da resistência ao fogo,
- o planejamento de rotas de escape eficientes,

- a disponibilização de equipamentos que auxiliam na extinção do fogo e sua manutenção periódica, sinalização, controle das possíveis fontes de incêndios, compartimentações adequadas, além do treinamento dos ocupantes da edificação e equipes de resgate.

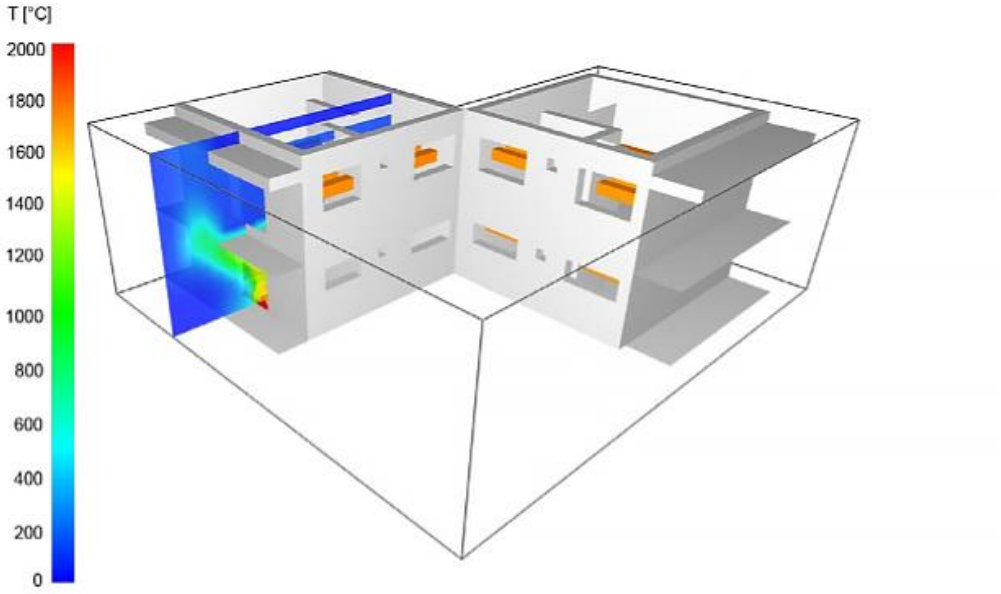
No Brasil, a SCI é garantida pelo atendimento a requisitos prescritivos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mas esses requisitos estabelecem valores e critérios que muitas vezes não possuem nenhuma fundamentação teórica. É o projeto de arquitetura que, quando bem elaborado, garante a segurança coletiva em uma edificação, pois inclui as medidas preventivas e de proteção passiva ao planejar as saídas de emergência (rotas horizontais e verticais), a especificação de materiais, os conhecimentos técnicos de engenheiros, instaladores, e integrantes do Corpo de Bombeiros. Infelizmente, de acordo com Gouveia (2017), na concepção e elaboração de projetos para uma edificação, a segurança contra incêndio tem uma posição acessória na maioria dos projetos. Profissionais elaboram desde o estudo preliminar até o projeto executivo, sem considerar as regulamentações de incêndio para o uso da edificação. Quando finalizado o projeto estrutural, contrata-se um projeto complementar, o de segurança contra incêndio. Essa negligência é ratificada pelas normas brasileiras, que consideram o projeto de SCI parte das instalações prediais. A NBR 12.722 (ABNT,1992), por exemplo, ao listar os tipos de projetos necessários às construções, entre eles o projeto arquitetônico, o projeto geotécnico e o projeto estrutural, classifica o sistema de proteção contra incêndio como “outras instalações especiais”. Os modelos físico-matemáticos implementados em *softwares* têm sido grandes auxiliares dos projetos de segurança contra incêndio devido à possibilidade de simular o comportamento do fogo em caso de incêndio. Ao utilizar esses *softwares* com as características das edificações, obtêm-se dados próximos dos reais, como o tempo estimado para escape, a curva da temperatura e a trajetória de propagação do fogo, garantindo as medidas de segurança. Essas simulações são utilizadas em estudos de cenários de incêndios na fase de projeto de uma edificação, evidenciando a necessidade (ou não) de materiais mais resistentes e com melhor desempenho, de *layouts* mais dinâmicos e eficientes, de soluções viáveis e com custo-benefício incorporados para excluir eventuais falhas. Entre esses tipos de ferramentas, está o *Fire Dynamics Simulator* (FDS), um *software* de fluidodinâmica computacional (*Computational Fluid Dynamics* - CFD), desenvolvido pelo *National Institute of Standards and Technology* dos Estados Unidos (NIST/EUA). A utilização de simuladores de incêndio como o FDS no Brasil ainda não é muito difundida, mas tem ganhado espaço

no meio acadêmico-científico, nos últimos anos, provando ser uma ferramenta adequada para auxiliar em projetos arquitetônicos. Suas simulações antes da construção da edificação permitem mudanças arquitetônicas que otimizam as saídas de emergência. A simulação com software é um método eficaz, que, aliado ao treinamento, garante maior segurança contra incêndio. O FDS resolve numericamente as equações de *Navier-Stokes*, adequadas para fluxo de baixa velocidade, movido termicamente, com ênfase no transporte de fumaça e calor provocados por incêndio. A versão mais recente é a 6.5.3, e está disponível para os sistemas operacionais Windows, Linux e Mac OSX. Seu pacote de instalação inclui o *Smokeview* (SMV), também desenvolvido pelo NIST, para reproduzir animações da propagação do fogo e fumaça, concentrações de gás e de crescimento e movimento de fumaça em toda a estrutura.

O *software* FDS na segurança contra incêndio

Este software faz modelagens com as características das edificações, como materiais utilizados para execução e acabamento, dimensões de aberturas e vãos, dispositivos de segurança, entre outros. Dessas modelagens, resultam estimativas do tempo para escape, da curva da temperatura do fogo, da trajetória de propagação do fogo, etc. Assim, são estudados cenários de incêndios que são utilizados no projeto de uma edificação qualquer, para que os efeitos de um possível incêndio sejam evitados ou, pelo menos, minorados (Figuras 1). O FDS tem como base uma sequência de ações previamente especificadas como parâmetros (tempo de execução, cores, materiais, dispositivos instalados, reações), mas é necessário criar um arquivo de entrada, que pode ser uma nota, por exemplo, para parametragem.

Figura 0: Exemplo de simulação feita utilizando software FDS.

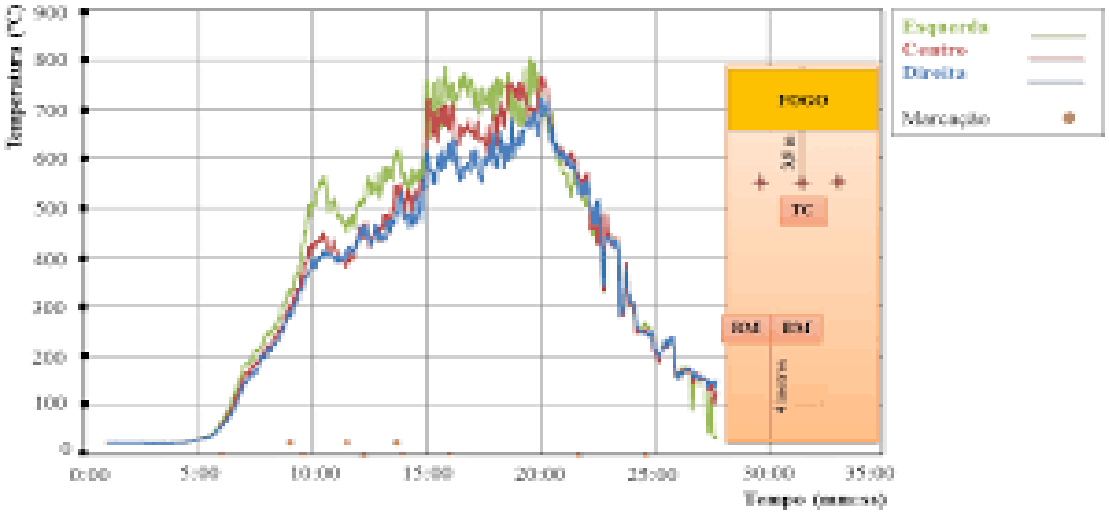


Fonte: Thiago Andrade (2017) – Disponível em: https://paineira.usp.br/aun/index.php/2019/07/05/estudos-de-seguranca-contra-incendio-sao-otimizados-por-software/. Acesso em: 12 jan. 2021.

Como o software não dispõe de interface gráfica, os dados de entrada são inseridos pelo usuário em linhas de comando em um único arquivo de entrada, por meio de um editor de texto que deve conter todas as informações do modelo, como: título da simulação, dimensões do domínio computacional, divisões da malha, tempo de simulação, condições iniciais do ambiente, propriedades dos materiais combustíveis e incombustíveis, condições de combustão, outputs desejados, etc. O programa entende como comando os caracteres escritos entre os símbolos "&" e "/". Os dados necessários para a análise são especificados no arquivo de entrada usando uma lista de comandos com formatos pré-definidos em sua programação (*namelist*) (TABACZENSKI et al., 2017). A partir desse arquivo de entrada, o programa faz as simulações, e, em conjunto com o software SMV, a interface gráfica é criada, permitindo então a visualização da simulação. O FDS por si só não possui ferramenta para visualização. São criados também arquivos de saída por softwares de diferentes tipos, que apresentam cálculos feitos pela aplicação no decorrer da simulação.

Ao final, podem-se obter gráficos de Heat Release Rate Per Unit Area (HRRPUA), ou taxa de liberação de calor por unidade de área (Gráfico 1). Podem-se visualizar a fumaça e o fogo gerado dentro da edificação, o comportamento deles e dos dispositivos, como os sprinklers, e a concentração de oxigênio.

Gráfico 1: Gráfico Heat Release Rate Per Unit Area (HRRPUA).



Fonte: https://bit.ly/2ZBEoz9. Acesso em 20 set.2020.

No contexto brasileiro, ainda se observa uma escassez de pesquisas dedicadas aos modelos de simulação computacional de incêndio, apesar da relevância do tema e da necessidade urgente de estudos embasados em parâmetros de desempenho, porém a utilização de *softwares* computacionais para simulações é crucial para identificar soluções eficazes de segurança contra incêndios em uma variedade de cenários. Os estudos conduzidos na área da segurança contra incêndios têm se concentrado predominantemente na análise do comportamento estrutural das edificações diante de incêndios, considerando o sistema construtivo submetido a altas temperaturas isoladamente. Contudo, tais análises frequentemente negligenciam a complexidade do próprio incêndio, que é caracterizado por uma série de variáveis, conferindo a cada ocorrência uma natureza única. Atualmente, profissionais de arquitetura recorrem a *softwares* como AutoCAD e Revit, que permitem visualizações tanto em duas dimensões (2D) quanto em três dimensões (3D), facilitando a compreensão dos projetos durante a execução e a identificação de eventuais erros que podem passar despercebidos em representações bidimensionais. A visualização em 3D proporciona uma compreensão mais abrangente do projeto como um todo. Além disso, a simulação computacional pode integrar diferentes programas de evacuação e modelagem da propagação de fumaça. A movimentação da fumaça e de gases tóxicos, assim como a evacuação das pessoas, são processos interdependentes e cruciais para a preservação da vida humana (SEITO et al., 2008). Os modelos computacionais de evacuação são ferramentas de uso crescente. Segundo Valentin (2008), esses modelos podem ser de movimento, de comportamento

parcial e comportamental. Os de movimento simulam o deslocamento do ocupante de um ponto no interior da edificação para uma saída ou área segura. O modelo parcial simula comportamentos pouco complexos como o de ultrapassagem. Os comportamentais podem incorporar a tomada de decisão ou ações realizadas em determinadas condições ambientais. Entretanto, os riscos e o alto custo dos equipamentos e das instalações necessárias para a realização de experimentos que avaliam o comportamento do fogo em incêndios tornam esse tipo de pesquisa escassa no mundo e praticamente inexistente no Brasil. A famosa frase "Incêndio se apaga no projeto!" sintetiza a importância econômica e social do tema (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1995). Este trabalho almeja fornecer aos profissionais responsáveis pela concepção de edificações destinadas ao ensino de jovens e crianças, especialmente vulneráveis em situações de emergência, dados realistas para embasar o planejamento visando à prevenção de incêndios e à preservação de vidas e patrimônio. A importância do planejamento nesse contexto é medida pela quantidade de sinistros evitados e não pelo número de incêndios extintos. Os projetistas desempenham um papel fundamental no processo preventivo. No entanto, muitas vezes, a criação arquitetônica e os projetos derivados são desenvolvidos sem considerar plenamente o conhecimento científico em prevenção contra incêndios. É crucial que os profissionais compreendam as implicações das medidas de proteção contra incêndios e reconheçam a importância de uma formação mais sólida nesse campo. O problema é, em grande parte, cultural, e a formação dos planejadores não está imune à influência do meio. Com frequência, especialmente em áreas urbanas, testemunhamos perdas de vidas e enormes prejuízos econômicos decorrentes de incêndios.

Comportamento humano em situações de incêndio

A análise e previsão do comportamento humano em situações de incêndio constituem um sistema complexo, envolvendo pessoas, edifícios, meios de segurança e o tipo de incêndio em questão. Apesar da crescente relevância do tema, os estudos nessa área são relativamente recentes e apenas nas últimas décadas têm recebido uma atenção sistemática. Em grande parte das situações, as pessoas adotam comportamentos dentro dos padrões normais. No entanto, fenômenos como chamas, aumento de temperatura, fumaça e gases tóxicos podem desencadear instabilidade emocional, contribuindo para o que é denominado comportamento não adaptativo (VALENTIM, 2008). Bryan (2002) ainda observa que esforços excessivos motivados pelo medo, muitas vezes, dificultam a evacuação, gerando mais pânico e obstaculizando os esforços de resgate. Segundo Groner

(2001), o estudo do comportamento humano em incêndios demanda uma abordagem multidisciplinar, envolvendo conhecimentos em psicologia, ergonomia, medicina, entre outros. A compreensão dos aspectos cognitivos do comportamento humano em situações de incêndio ainda é desafiadora, sendo comparada a uma "caixa preta".

Conforme Frantzich (1998), risco é definido como:

> A probabilidade de um evento indesejado ocorrer em circunstâncias específicas originadas pela ocorrência de um perigo especial. Risco de incêndio num cenário qualquer, pode ser definido como a combinação das probabilidades do início do incêndio e as suas consequências e, finalmente, risco de incêndio num projeto é a combinação das probabilidades e consequências de todos os eventos e cenários envolvidos nesse projeto.

Cordeiro (2010) identifica três aspectos que influenciam a reação humana diante do perigo: fatores individuais (idade, porte físico, estado de saúde), fatores relacionados ao fogo (temperatura, fluxo de calor, redução do oxigênio, exposição a gases) e fatores ligados aos sistemas de alarme (sistemas de alerta, notificação sonora, notificação pessoal e ruídos). Arquitetos e engenheiros, ao projetarem edifícios, seguem normas e regulamentações para dimensionar espaços, estruturas e meios de escape, bem como sistemas de segurança contra incêndio. No entanto, o conhecimento sobre o comportamento humano ainda é limitado entre os projetistas (VALENTIM, 2018). É imprescindível considerar os fatores humanos para projetar meios de escape eficientes nos edifícios. Gouveia (2017) destaca que muitos arquitetos não incorporam os diversos aspectos qualitativos de segurança contra incêndio em seu processo criativo, resultando em projetos que não priorizam a segurança desde a concepção. Essa lacuna na formação profissional reflete-se na falta de compreensão dos conceitos e princípios de segurança contra incêndios. Segundo Ono (2002), a implementação de medidas efetivas de segurança em edifícios depende da conscientização e do conhecimento dos responsáveis e dos usuários. Atualmente, o sistema de segurança contra incêndios muitas vezes é pensado apenas como uma solução técnica posterior ao projeto arquitetônico, o que pode não considerar adequadamente as características dos usuários da edificação e sua vulnerabilidade. Nos últimos 30 anos, foram realizados estudos significativos para entender o envolvimento e a interação das pessoas com incêndios. A literatura destaca a idade como um fator crítico que afeta a dinâmica de evacuação, especialmente devido à capacidade cognitiva limitada das crianças, tornando-as um grupo vulnerável em situações de incêndio. Portanto, o estudo e modelagem da evacuação de emergência em edifícios escolares, que abrigam pessoas de diferentes faixas etárias, são de extrema importância para orientar a tomada de decisão e as ações de evacuação.

Metodologia

1. Simulações Computacionais de Incêndio

- **Simulações Iniciais:** Foram realizadas seis simulações de incêndio utilizando os *softwares* FDS e *PyroSim* para verificar suas funcionalidades e aprimorar suas capacidades de análise. Essas simulações permitiram a obtenção e comparação de variáveis como:
  - Variações no pé-direito
  - Aberturas de portas e janelas
  - Mudanças nos materiais constituintes da edificação
  - Inserção ou não de obstáculos

- **Simulações Específicas:** Para uma melhor compreensão dos dados, foram realizadas duas simulações de incêndio em um ambiente projetado de 2x8 metros, utilizando concreto:
  - **Primeira Simulação**: Ambiente com pé-direito de 2,7 metros, sem aberturas.
  - **Segunda Simulação**: Ambiente com pé-direito de 3 metros, com duas aberturas (uma porta e uma janela).

  Em ambas as simulações, foi adicionada uma obstrução central. A duração das simulações foi de 5 segundos, podendo variar até 15 segundos.

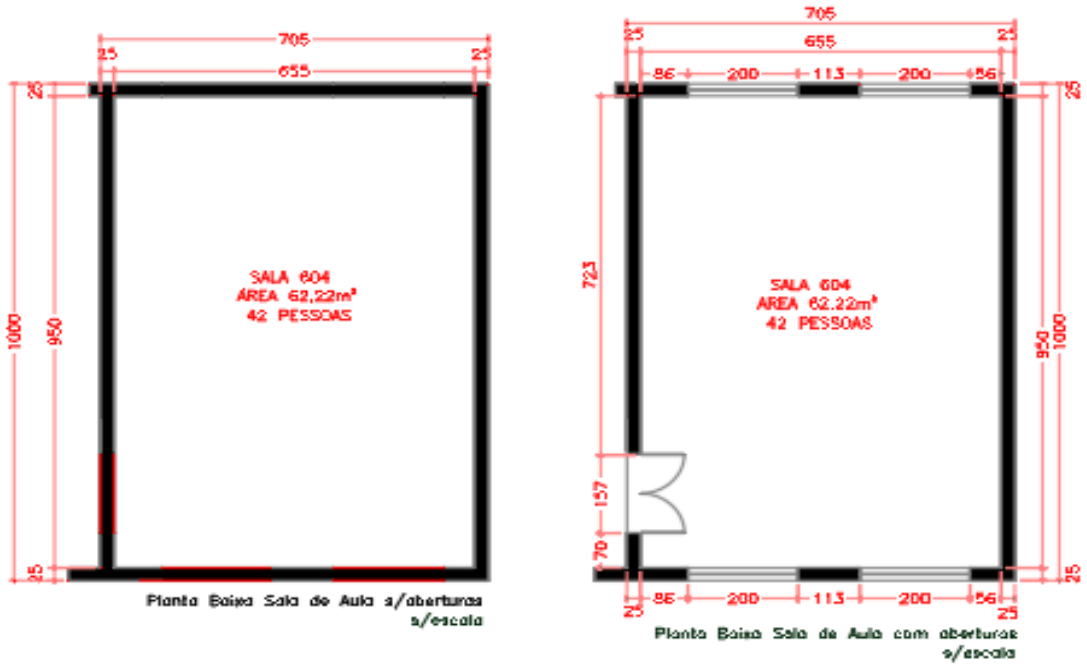
- **Simulação em Ambiente Real**: Foi utilizada uma sala de aula do CEFET-MG, campus Araxá, que possuía as mesmas características de projeto e construção da edificação onde ocorreram as simulações de incêndio e evacuação. Embora o material predominante na construção fosse alvenaria tradicional, optou-se por utilizar concreto nas simulações. As variáveis modificadas incluíram:
  - Tamanho das aberturas de portas e janelas
  - Pé-direito da edificação
  - Em todas as simulações, uma obstrução central impedia o fluxo livre.

Resultados e Discussão

Simulações Computacionais com o *software* FDS

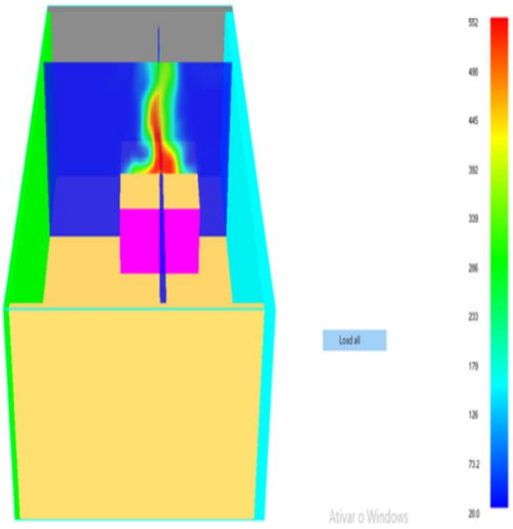
A análise das simulações revelou diferenças significativas nas condições térmicas e na propagação do fogo entre ambientes com aberturas e sem aberturas, a Figura 2, apresenta a planta desses ambientes. Constatou-se que, na simulação 1, em ambiente fechado, o fogo atingiu uma menor temperatura. Já na simulação com aberturas, a temperatura do fogo logo no início da simulação (5 segundos) foi maior devido à presença de uma maior quantidade de oxigênio. Durante o desenvolvimento das simulações, percebeu-se que as temperaturas se elevam consideravelmente quando portas e janelas estão fechadas (Figura 3). Quando estas estão abertas, o fluxo de calor gerado é menor e há maior dissipação da fumaça e do fogo (Figura 4). As imagens foram coletadas com 15 segundos de simulação, momento em que a temperatura máxima na simulação 1 atingiu 552°C e na simulação 2 atingiu 533ºC.

Figura 2: Planta Baixa dos ambientes com aberturas e sem aberturas.



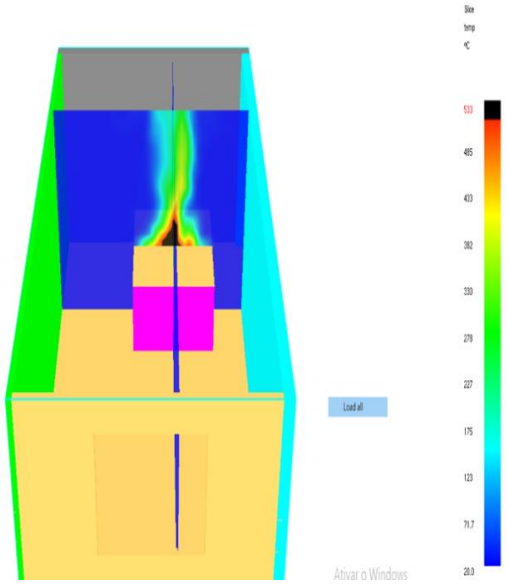
Fonte: A autora, 2021.

Figura 3: Simulação 1-em ambiente sem aberturas



Fonte: A autora, 2021.

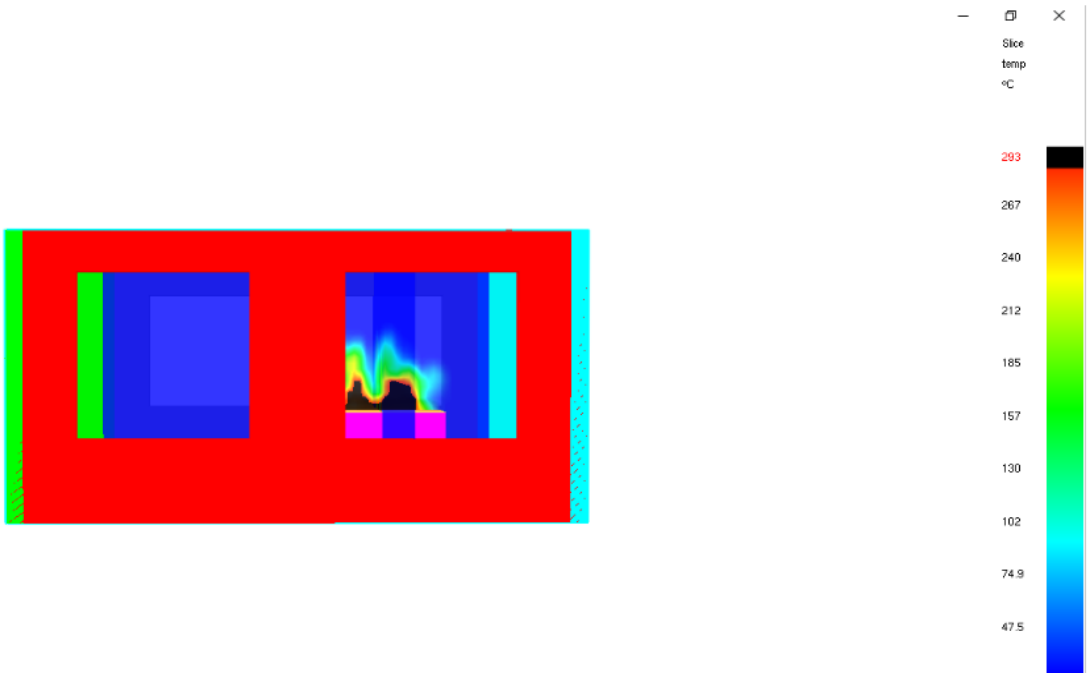
Figura 4: Simulação 2-em ambiente com 2 aberturas



Fonte: A autora, 2021.

A simulação computacional realizada com o *software* FDS (Figura 5) foi aplicada a uma sala de aula com as seguintes características: 6,55 x 9,50 m, área total de 62,22 m², paredes com espessura de 25 cm constituídas de estrutura de concreto armado e tijolo cerâmico maciço, 4 janelas de estrutura metálica com fechamento em vidro comum, medindo 165 x 250 cm, e 1 porta de duas folhas em madeira, medindo 160 x 210 cm, com pintura de tinta esmalte. Foram analisadas as seguintes variáveis: temperatura, fluxo de calor, tempo de simulação, comportamento da fumaça e visibilidade (Figura 5)

Figura 5: Simulação com o software FDS de sala de aula - CEFET –MG, campus Araxá.



Fonte: A autora, 2021.

Analisando a figura, pode-se constatar que, em 5 segundos, o fogo atingiu altas temperaturas, chegando a 293ºC no estado mais crítico. As variadas cores na simulação representam as diferentes temperaturas atingidas pelo fogo, com os valores exibidos no lado direito em ºC. Assim, quanto mais perto da fonte do fogo, menor é a visibilidade e maiores são as temperaturas. Essas simulações foram desenvolvidas para verificar o tempo necessário para que o fogo atinja altas temperaturas e a carga de calor suportada pelos materiais constituintes da sala de aula. Constatou-se que as temperaturas se elevam consideravelmente quando as portas e janelas estão fechadas. Em contraste, quando essas aberturas estão presentes, o fluxo de calor gerado é menor e há maior dissipação da fumaça e do fogo. A dissipação da fumaça e do fogo pode variar em função do tamanho das aberturas: quanto maiores as aberturas, maior é a dissipação. O projeto arquitetônico, a tipologia dos materiais constituintes da edificação (mais inflamáveis ou não) e o perfil dos usuários (jovens, pessoas com dificuldades de locomoção, idosos, crianças) influenciam significativamente o tempo de queima da edificação e o tempo de evacuação. Esses fatores confirmam a necessidade de desenvolver e implementar regulamentos específicos e diretrizes de segurança contra incêndios que considerem essas variáveis. Portanto, todas as análises de simulações devem ser voltadas para o usuário da edificação analisada. É crucial que as normas de segurança sejam adaptadas para garantir a proteção

efetiva de todos os ocupantes, minimizando riscos e assegurando uma evacuação rápida e segura em situações de emergência.

Considerações Finais

A pesquisa teve como objetivo destacar a importância das simulações de incêndio com a utilização de softwares em projetos arquitetônicos de instituições de ensino como uma medida preventiva crucial. As simulações computacionais com *softwares* como o FDS na elaboração de projetos arquitetônicos, aliada à competência de profissionais especializados em Segurança Contra Incêndios (SCI), mostrou-se uma estratégia eficaz para reduzir os danos materiais na edificação e otimizar os projetos arquitetônicos. Diversas variáveis foram analisadas, incluindo o tempo necessário para que o fogo atinja altas temperaturas, a carga de calor suportada pelos materiais constituintes da edificação. Esses fatores foram comparados com dados já existentes. Essa análise minuciosa proporcionou uma base sólida para as conclusões obtidas. As simulações computacionais com o *software* FDS permitiram esclarecer que o projeto arquitetônico, a tipologia dos materiais constituintes da edificação (mais inflamáveis ou não) e o perfil dos usuários (jovens, pessoas com dificuldades de locomoção, idosos, crianças) influenciam significativamente o tempo de queima da edificação e o tempo de evacuação dos usuários. Podemos concluir que o uso do *software* FDS é um importante aliado na promoção da segurança contra incêndios em edifícios, prevenindo e minimizando possíveis danos. A incorporação de dados provenientes das simulações computacionais de incêndio integradas ao processo de concepção de projetos, irá aprimorar a arquitetura dos espaços e reduzir os danos em caso de sinistro. Esta pesquisa representa uma contribuição significativa para o avanço no desenvolvimento e na concepção de projetos integrados, em conformidade com os princípios da SCI, resultando em ambientes mais seguros e preparados para lidar com situações adversas.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12722: Discriminação de serviços para construção de edificações. Rio de Janeiro, ABNT, 1992.14p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Assistência à Saúde. Série Saúde & Tecnologia. Textos de Apoio à Programação Física dos Estabelecimentos Assistenciais de Saúde -Condições de Segurança contra Incêndio. Brasília, 1995.

BRYAN, J. L. Behavioral responde to fire and smoke. In. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 3rd Edition, Society of Fire Protection Engineers. Bethesda, MD, Section 3, Chapter 12. 2002.

COMISSÃO TRIPARTITE PERMANENTE DE NEGOCIAÇÃO DO SETOR ELETRICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (CPNSP). São Paulo, 2005. 240 p. Disponível em:<http://www.sqc.qoias.gov.br/upload/arquivos/201703/manualcombateincendio.pdf > Acesso em: set 2021.

CORDEIRO, E. Modelação do comportamento das pessoas em caso de incêndio. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, 2010.

FRANTZICH, H. Uncertainty and Risk Analysis in Fire. Safety Engineering. Lund University, 1998.

GOUVEIA, A. M. Claret de. Introdução à Engenharia de Incêndio - para estudantes, arquitetos, engenheiros, administradores e bombeiros. Belo Horizonte: 3i editora, 2017.230p.

GRONER, N. E. Intentional systems representations are useful alternatives to physical systems representations of fire – related human behavior. Safety Science, 2001. v.38, p. 85-94.

INSTITUTO SPRINKLER DO BRASIL (ISB). Estatísticas 2021. Disponível em http://www.sprinklerbrasil.org.br Acesso em março de 2022.

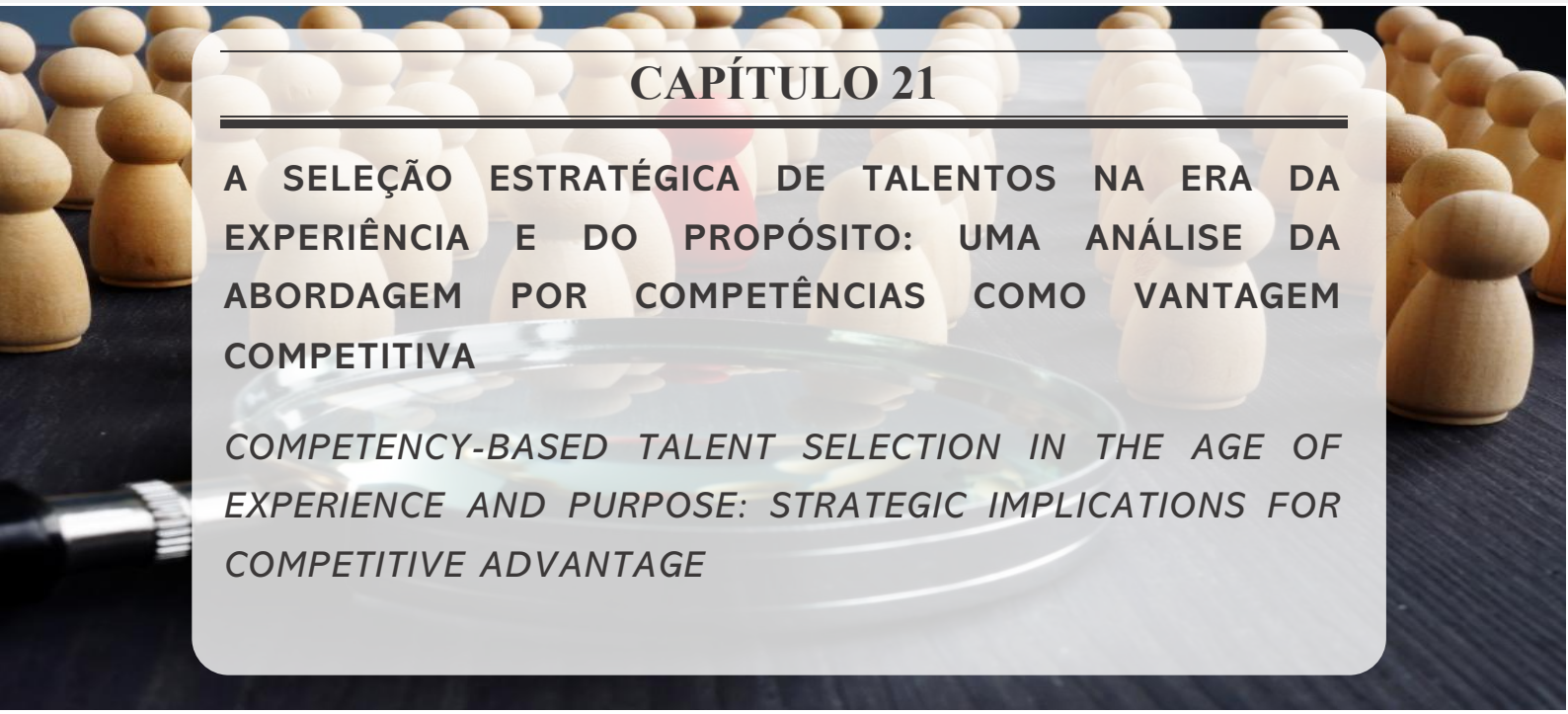
ONO, R. Parâmetros para garantia da qualidade do projeto de segurança contra incêndio em edifícios altos. Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 97-113. 2002.

SEITO, Alexandre I.; GILL, Alfonso A.; ONO, Rosária; PANNONI, Fábio D.; SILVA, Sílvio B.; DEL CARLO, Ualfrido; SILVA, Valdir P. A segurança contra incêndio no Brasil. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

TABACZENSKI, R.; CORRÊA, C.; SANTOS, Marina M.L. dos; PIRES, Tiago A. de C.; José J. R.. Simulação computacional de um incêndio natural compartimentado: validação com um estudo experimental. In: CONGRESSO IBERO-LATINO-AMERICANO SOBRE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS, 4 - CILASCI, Recife. 2017.

VALENTIN, M. V. Saídas de emergência em edifícios escolares. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008.

_____. Comportamento de crianças em movimento em escadas: Subsídios para o dimensionamento dos meios de escape em escolas. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2018.



CAPÍTULO 21

A SELEÇÃO ESTRATÉGICA DE TALENTOS NA ERA DA EXPERIÊNCIA E DO PROPÓSITO: UMA ANÁLISE DA ABORDAGEM POR COMPETÊNCIAS COMO VANTAGEM COMPETITIVA

COMPETENCY-BASED TALENT SELECTION IN THE AGE OF EXPERIENCE AND PURPOSE: STRATEGIC IMPLICATIONS FOR COMPETITIVE ADVANTAGE

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.21

Submetido em: 01/12/2025
Revisado em: 10/12/2025
Publicado em: 11/12/2025

Daniela Carlesso

Felipe Dausacker da Cunha

http://lattes.cnpq.br/9039644459449215

Luciane Amália Bitello

http://lattes.cnpq.br/4518586087828208

Resumo

As transformações nos ambientes digital, social e cultural redefiniram o panorama da gestão de talentos, tornando a experiência do colaborador e o propósito organizacional dimensões centrais para a sustentabilidade empresarial. Este capítulo examina a evolução da gestão de pessoas de uma função burocrática para um papel estratégico, com foco na Seleção por Competências como fator crucial para a obtenção de vantagem competitiva. A análise articula o modelo clássico do Conhecimento, Habilidade e Atitude (CHA) com a crescente importância das competências socioemocionais (soft skills), do alinhamento cultural (cultural fit) e do design thinking na arquitetura de processos seletivos. Discute-se a dualidade de um cenário que utiliza a Inteligência Artificial para triagem, mas que exige, cada vez mais, a sensibilidade humana para avaliar o potencial de aprendizado, a adaptabilidade e o senso de pertencimento. Por fim, argumenta-se que a adoção de um enfoque humanizado e estratégico, alinhando a avaliação de competências com um propósito claro, é indispensável para atrair e reter talentos capazes de impulsionar a inovação e o desempenho sustentável em ambientes de trabalho voláteis e híbridos.

Palavras-Chave: Competências. Fit Cultural. Experiência do Colaborador. Propósito.

Abstract

Digital, social, and cultural transformations have redefined the landscape of talent management, making employee experience and organizational purpose central dimensions of business sustainability. This chapter examines the evolution of people management from a bureaucratic function to a strategic role, focusing on Competency-Based Selection as a crucial factor for achieving competitive advantage. The analysis connects the classical Knowledge, Skills, and Attitudes (KSA) framework with the growing importance of socio-emotional competencies (soft skills), cultural alignment (cultural fit), and design thinking in the architecture of selection processes. It also discusses the duality of a scenario that employs Artificial Intelligence for screening while increasingly requiring human sensitivity to assess learning potential, adaptability, and sense of belonging. Finally, the chapter argues that adopting a human-centered and strategic approach—aligning competency assessment with a clear sense of purpose—is essential to attract and retain talent capable of driving innovation and sustainable performance in volatile and hybrid work environments.

Keywords: Competences. Cultural Fit. Employee Experience. Purpose

Introdução: A Reconfiguração da Gestão de Talentos

O século XXI impôs uma reconfiguração acelerada ao ambiente corporativo. Fatores como o avanço da inteligência artificial (IA), a consolidação do trabalho remoto e híbrido, a valorização da diversidade, e a ascensão de novas gerações com expectativas distintas (como a Geração Z e Alpha) tornaram os métodos de gestão e recrutamento tradicionais majoritariamente obsoletos.

Nesse cenário, a gestão de pessoas transcende seu papel administrativo e legalista para se firmar como uma função estratégica. O capital humano é reconhecido como a principal fonte de vantagem competitiva sustentável, exigindo o alinhamento rigoroso entre as competências individuais e a estratégia organizacional.

Em meio a essa evolução, a Seleção por Competências destaca-se por ir além da checagem de diplomas e experiência técnica, focando na identificação de traços comportamentais, habilidades socioemocionais e, sobretudo, no alinhamento cultural (cultural fit) entre o profissional e a empresa. A proposta é identificar não apenas o que o candidato sabe, mas o que ele sabe fazer e, mais criticamente, o que ele quer fazer (o chamado tripé CHA: Conhecimento, Habilidade e Atitude).

O objetivo deste capítulo é analisar a Seleção por Competências dentro deste novo contexto estratégico, explorando como a clareza de propósito, a autenticidade cultural e o investimento na experiência do colaborador são essenciais para a atração e retenção de talentos que impulsionam a inovação e geram resultados sustentáveis.

A Evolução da Gestão de Pessoas: do operacional ao estratégico

A trajetória da gestão de pessoas nas organizações reflete as mudanças nas prioridades do mundo do trabalho.

- **Da burocracia à parceria de negócios**

Inicialmente, a área se configurava como um Departamento de Pessoal, com foco em tarefas operacionais, controle de ponto e conformidade legal, reflexo da visão mecanicista e industrial do início do século XX.

A ruptura veio a partir das décadas de 1950 e 1970 com a Teoria das Relações Humanas de Elton Mayo (1945), que deslocou o foco para a motivação, liderança e o clima organizacional, inaugurando a Gestão de Recursos Humanos. As ideias de Mayo se traduzem diretamente na gestão atual, que prioriza as pessoas, onde a conexão social, o reconhecimento e a coesão da equipe impulsionam o desempenho, a retenção e a resiliência

Nos anos 1980 e 1990, a intensificação da competição e a globalização impulsionaram a área para o modelo de Recursos Humanos Estratégicos. O RH passou a ser visto como um parceiro de negócios, assumindo a responsabilidade de atrair, desenvolver e reter talentos com aderência direta aos objetivos estratégicos da organização.

- **A Centralidade da Experiência do Colaborador e do Propósito**

Embora o termo *Employee Experience* tenha se consolidado apenas nas últimas décadas, suas raízes conceituais remontam às reflexões de Peter Drucker, considerado o pai da administração moderna. Já em 1969, Drucker dedicou o Capítulo 12 de *A Era da Descontinuidade* (The Age of Discontinuity) à discussão sobre a ascensão da economia do conhecimento e ao papel central do trabalhador como agente de criação de valor — o que, mais tarde, abriria caminho para abordagens contemporâneas centradas na experiência do colaborador. Drucker (1969) afirmava que "o trabalhador do conhecimento é o principal recurso da organização moderna", antecipando a ideia de que a percepção, a vivência e o engajamento desses profissionais se tornariam elementos estratégicos para a competitividade. Esse movimento se intensificou com a transformação digital e com a crescente comoditização de tecnologias, processos fabris e acesso à informação, reforçando a noção de que o diferencial competitivo migrou definitivamente

para o capital humano e para as condições subjetivas que moldam sua experiência no trabalho.

A partir da década de 2010, essa compreensão evoluiu para um conceito mais estruturado, levando à consolidação moderna da Experiência do Colaborador (EX). Jacob Morgan, em *The Employee Experience Advantage* (2017), destaca que a EX resulta da integração entre cultura, tecnologia e ambiente físico, demonstrando empiricamente — a partir do estudo de mais de 250 empresas globais — que organizações que investem nessas três dimensões apresentam maiores índices de engajamento, inovação e performance. Em paralelo, Denise Lee Yohn, em seu artigo para a *Forbes*, popularizou o termo ao afirmá-lo como "*the sum of everything an employee experiences throughout his or her connection to the organization*" (Yohn, 2018, tradução nossa). Yohn (2018) também resgata a contribuição prática de Mark Levy, pioneiro na Airbnb, que descreve EX como "*anything that sets the tone for how people experience work*", reforçando a visão de que a gestão da experiência deve ser encarada de forma sistêmica, conectando RH, tecnologia, comunicação interna e design de jornada.

De forma complementar à Experiência do Colaborador, o Propósito Organizacional ganha destaque crescente como um dos principais motivadores intrínsecos no contexto da economia do conhecimento. A literatura contemporânea indica que o propósito atua como um conector psicológico entre o indivíduo e a organização, reforçando a percepção de significado no trabalho, elemento amplamente discutido pela psicologia organizacional desde autores como Hackman e Oldham, que já apontavam o significado como componente central do engajamento e da motivação intrínseca em seu *Job Characteristics Model* (1976). No campo da gestão estratégica, Anderson, Quinn e Thakor (2018), em estudo publicado na *Harvard Business Review*, argumentam que a clareza e a vivência do propósito ativam a chamada energia discricionária, "a energia extra, voluntária, dedicada a tarefas que importam para o indivíduo porque ele acredita no impacto do trabalho" (ANDERSON; QUINN; THAKOR, 2018, tradução nossa). Essa força é ilustrada pelo CEO da DTE Energy, Gerry Anderson, que descreve o propósito como o "vento nas costas" capaz de facilitar a performance, sustentar a execução estratégica e fortalecer a resiliência organizacional em períodos de mudança.

Além disso, pesquisas recentes reforçam que organizações orientadas por propósito apresentam níveis consistentemente maiores de engajamento, colaboração e desempenho sustentado. Thakor e Quinn (2018) destacam que empresas com propósito bem articulado obtêm maior alinhamento cultural, coesão emocional entre as equipes e

uma base mais sólida para inovação. Da mesma forma, estudos conduzidos pelo *EY Beacon Institute* e pela *Harvard Business School* (2015), mostram que organizações guiadas por propósito tendem a apresentar ciclos de crescimento mais longos, maior adaptação a cenários de incerteza e relações mais fortes de confiança com stakeholders internos e externos. Assim, o propósito não atua apenas como um componente motivacional individual, mas como um ativo estratégico que estrutura decisões, comportamentos e práticas culturais, ampliando o impacto das políticas de Experiência do Colaborador.

A Seleção por Competências como Fator Estratégico

A evolução das práticas de gestão de pessoas, especialmente em um cenário em que a Experiência do Colaborador (EX) se consolida como elemento central da competitividade, levou as organizações a revisarem profundamente seus processos de recrutamento e seleção. A Seleção por Competências surge, nesse contexto, como uma abordagem capaz de alinhar expectativas organizacionais, cultura, desempenho de longo prazo e jornada do colaborador desde o primeiro ponto de contato. Em contraste ao modelo tradicional focado apenas em formações e histórico profissional, o modelo por competências busca entender quem o candidato é, como ele age e como se conecta aos valores e ao propósito da organização, ou seja, estabelece as bases para uma experiência positiva, coerente e sustentável.

- **Competências Socioemocionais (*Soft Skills*), Cultura e Experiência do Colaborador**

Com a aceleração digital, a intensificação do trabalho colaborativo e o aumento da complexidade organizacional, as competências socioemocionais (soft skills) emergem como determinantes para o sucesso em ambientes voláteis, incertos e multiculturais. Habilidades como comunicação eficaz, adaptabilidade, pensamento crítico, resolução de problemas, inteligência emocional e abertura ao aprendizado contínuo são hoje considerados preditores essenciais de performance — especialmente em modelos híbridos, caracterizados pela autonomia e pela autogestão.

Nesse sentido, a Seleção por Competências conecta-se diretamente à Experiência do Colaborador (EX), uma vez que colaboradores que possuem valores e atitudes compatíveis com a cultura organizacional apresentam maior engajamento, melhor integração e menor fricção ao longo da jornada. O chamado alinhamento cultural (cultural

fit) e, mais recentemente, o culture add — a ideia de que colaboradores também devem contribuir ativamente para evoluir a cultura — tornam-se fundamentais não apenas para evitar conflitos, mas para fortalecer propósito, pertencimento e agilidade organizacional.

Além de reduzir o turnover, a seleção orientada por cultura e soft skills aumenta a probabilidade de construção de equipes coesas, colaborativas e preparadas para contextos de transformação, apoiando diretamente objetivos estratégicos e iniciativas de EX.

- **Metodologias e Ferramentas de Avaliação**

A operacionalização da Seleção por Competências demanda instrumentos estruturados capazes de produzir indicadores válidos e confiáveis sobre o comportamento profissional. Como destacam Dutra (2023) e Fleury e Fleury (2022), a avaliação de competências deve buscar evidências concretas de desempenho, e não percepções subjetivas ou impressões momentâneas. Nesse sentido, diferentes metodologias se complementam para ampliar a precisão do processo seletivo.

Entrevistas Comportamentais Estruturadas:

Reconhecida como uma das abordagens com maior capacidade preditiva de desempenho, a entrevista comportamental parte do pressuposto de que comportamentos passados tendem a se repetir em situações futuras semelhantes. Em vez de explorar respostas hipotéticas, o avaliador investiga situações reais vivenciadas pelo candidato, analisando suas decisões, ações e resultados. O método STAR (Situação, Tarefa, Ação e Resultado) organiza o relato de forma sistematizada: descreve-se o contexto, o desafio envolvido, as ações específicas do indivíduo e os efeitos obtidos. Essa estrutura reduz vieses interpretativos e aproxima a entrevista de um processo de análise de evidências, fortalecendo a coerência metodológica.

Avaliações Situacionais e Dinâmicas:

Simulações, estudos de caso, role-plays e dinâmicas profissionais são recursos que permitem observar, ao vivo, a aplicação do Conhecimento, Habilidade e Atitude (CHA) — e, cada vez mais, das competências socioemocionais. Esse tipo de avaliação proporciona ao candidato um problema realista e ao avaliador a oportunidade de observar como ele interage com outras pessoas, resolve conflitos, toma decisões, administra a pressão e integra recursos emocionais e cognitivos para alcançar um objetivo. Essas

ferramentas são especialmente úteis para avaliar liderança, colaboração, comunicação e resiliência, elementos fortemente associados ao desempenho sustentável.

People Analytics:

A incorporação de análises estatísticas e modelos preditivos trouxe precisão adicional para o processo de seleção. A partir do cruzamento de dados estruturados sobre desempenho, engajamento, comportamentos e padrões organizacionais, é possível identificar fatores associados ao sucesso em diferentes funções e construir perfis de alta performance para orientar decisões de contratação. Além de ampliar a objetividade e a equidade, o uso de People Analytics prepara o campo para integração com tecnologias emergentes de Inteligência Artificial, cada vez mais presentes na triagem, análise de currículos e identificação de perfis. Nesse ponto, os resultados quantitativos não substituem a análise humana, mas fortalecem o processo e ajudam a minimizar vieses.

Em conjunto, essas metodologias dão suporte e rigor ao caráter estratégico da Seleção por Competências. A combinação entre evidências comportamentais, avaliação situacional e análise de dados aumenta a assertividade da contratação, mas também prepara as organizações para desafios contemporâneos do recrutamento, como a avaliação aprofundada das soft skills, o uso da Inteligência Artificial de forma ética e os efeitos do trabalho remoto, híbrido e distribuído. Mais do que escolher talentos, trata-se de estabelecer condições para conectar pessoas e organizações

Os novos desafios e as tendências de recrutamento

A evolução da Seleção por Competências tem se acelerado em resposta a transformações profundas nas relações de trabalho. Digitalização, novas expectativas de carreira e modelos híbridos de organização alteraram não apenas quais competências são críticas, mas como elas são identificadas e avaliadas. Estudos recentes evidenciam essa mudança: os relatórios *Global Human Capital Trends* (Deloitte, 2024; 2025) apontam que as decisões de recrutamento estão migrando de critérios baseados em histórico formal para critérios baseados em valor gerado, aprendizagem contínua, colaboração e alinhamento ao propósito. Na mesma direção, a Harvard Business School (2024) demonstra que o movimento de *skills-based hiring* — a contratação orientada por habilidades mensuráveis e evidências de desempenho — vem ganhando tração global como alternativa aos modelos tradicionais centrados em diplomas e tempo de experiência.

Diante desse cenário, a Seleção por Competências deixa de ser apenas uma metodologia consolidada e passa a constituir um campo em transformação contínua: suas premissas permanecem relevantes, mas seus instrumentos e indicadores precisam evoluir para refletir novas demandas do trabalho contemporâneo.

- **A Ascensão do *Skills-based Hiring***

A ênfase tradicional em diplomas formais vem sendo progressivamente questionada, dando origem ao movimento de Contratação Baseada em Habilidades (*Skills-based Hiring*). Entre 2014 e 2023, observa-se um aumento expressivo nas posições que removeram o requisito de diploma, ampliando acesso ao talento e reduzindo barreiras excludentes - uma tendência destacada pela Harvard Business School (2024). Essa mudança também se conecta a discussões sobre equidade e inclusão, temas amplamente debatidos em pesquisas sobre diversidade organizacional (ELY; THOMAS, 2001).

Apesar do avanço, a transição do discurso para a prática é lenta. Estudos da Harvard Business School (2024) mostram que apenas 37% das empresas que retiraram o diploma dos requisitos realmente alteraram o perfil das pessoas contratadas. Isso indica que o *skills-based hiring* ainda encontra resistências culturais e estruturais, mesmo em organizações que declaram apoiar modelos mais flexíveis.

- **Tecnologia e a Necessidade da Sensibilidade Humana**

A Inteligência Artificial (IA) vem redesenhando o processo seletivo, acelerando triagens e automatizando entrevistas. No entanto, seu uso levanta dilemas relevantes sobre vieses e justiça algorítmica — desafios mapeados por Cappelli, Tambe e Yakubovich (2018), que alertam para o risco de replicação de discriminações históricas a partir de dados enviesados. Como destacam Brynjolfsson e McAfee (2023), algoritmos são retroativos (*backward-looking*) e tendem a reproduzir padrões do passado.

Por isso, a sensibilidade humana permanece essencial. Dimensões subjetivas como inteligência emocional (GOLEMAN, 2018), motivação, fit cultural e capacidade de aprender — a *learning agility* — não podem ser totalmente capturadas por sistemas automatizados. O julgamento humano, como ressaltam Fleury e Fleury (2022) e Schein (2010), continua indispensável para interpretar nuances comportamentais e avaliar a aderência à cultura organizacional.

- **Estratégias para o Mundo Híbrido**

A consolidação dos modelos remoto e híbrido tornou algumas competências ainda mais determinantes. A produtividade distribuída depende fortemente de autogestão e disciplina, conforme apontam Allen et al. (2024) ao mapear comportamentos críticos em ambientes híbridos. Da mesma forma, a comunicação digital eficaz torna-se essencial para manter clareza e evitar ruídos em interações mediadas por tecnologia.

Além disso, o senso de pertencimento assume papel central na coesão das equipes, sobretudo quando o contato presencial é reduzido. Estudos como os de Morgan (2017) e Hastings e Meyer (2020) mostram que cultura e experiência do colaborador influenciam diretamente o engajamento e a performance em contextos flexíveis. A solidez do fit cultural torna-se, portanto, elemento chave para sustentar a motivação e os vínculos sociais em modelos híbridos.

Pertencimento e a Experiência do Candidato

O fortalecimento do pertencimento no ciclo de recrutamento tem ganhado destaque à medida que o RH incorpora práticas derivadas do Design Estratégico e do *Design Thinking*. Essa abordagem, fundamentada em autores como Liedtka (2018) e Verganti (2017), oferece uma estrutura centrada no usuário que permite compreender profundamente as necessidades, emoções e expectativas do candidato. Ao mapear a jornada completa — do primeiro contato à integração — a área de RH consegue visualizar *friction points*, eliminar barreiras e promover interações mais humanas e coerentes com a proposta de valor da organização (PARKER; HEAPY, 2021).

Nesse contexto, o Design da Experiência do candidato favorece processos seletivos mais transparentes, justos e empáticos, contribuindo diretamente para o fortalecimento da marca empregadora (*employer branding*). Grant (2021), ao discutir mecanismos psicológicos de motivação e percepção de justiça, reforça que a qualidade das interações iniciais molda profundamente o engajamento futuro do colaborador.

Benefícios de uma Experiência Positiva

Uma experiência bem desenhada impulsiona três benefícios-chave:

Atração: A percepção de cuidado e clareza aumenta a reputação organizacional e fortalece o *employer branding*. Em mercados transparentes e competitivos, organizações que investem em experiência atraem candidatos mais alinhados e melhor qualificados (MORGAN, 2017).

Engajamento: A sensação de justiça e respeito desde o primeiro contato estabelece bases emocionais sólidas para um engajamento elevado. Estudos de Hastings e Meyer (2020) demonstram que culturas que valorizam autenticidade e confiança geram colaboradores mais envolvidos e orientados ao propósito.

Vantagem Competitiva: Evidências recentes, como o experimento de campo conduzido por Ward (2022), mostram que candidatos evitam empresas mal avaliadas em "felicidade no trabalho" e podem até aceitar remuneração inferior para atuar em ambientes percebidos como saudáveis. Assim, a experiência positiva do candidato deixa de ser um diferencial tático e se torna componente central da estratégia organizacional.

Considerações Finais

Embora a Seleção por Competências tenha raízes consolidadas na literatura de gestão de pessoas (DUTRA, 2023; FLEURY; FLEURY, 2022), seu papel na economia digital e orientada ao propósito torna-se ainda mais estratégico. Em um cenário de rápidas transformações tecnológicas, volatilidade e competição global por talentos, organizações bem-sucedidas não se distinguem apenas por "ter mais ideias", mas por alcançarem um alinhamento profundo entre pessoas, cultura e estratégia — como já enfatizado por Ulrich (2016) e Chiavenato (2022).

Para que a Seleção por Competências permaneça como vantagem competitiva o profissional de RH deve priorizar três direções essenciais:

Integrar Tecnologia e Humanidade: A IA otimiza tarefas recorrentes e amadurece análises preditivas, mas não substitui o julgamento humano na avaliação de soft skills, motivação e fit cultural (CAPPELLI; TAMBE; YAKUBOVICH, 2018; GOLEMAN, 2018). O equilíbrio entre eficiência tecnológica e sensibilidade humana reduz vieses e evita a homogeneização de perfis.

Focar no Propósito e no Design da Experiência: A clareza e autenticidade do propósito organizacional atuam como força energizadora do desempenho (ANDERSON; QUINN; THAKOR, 2018). Integrar princípios de design thinking aos processos seletivos reforça a coerência entre discurso e prática, elevando a experiência do candidato e a jornada do colaborador.

Priorizar Competências do Futuro: Inteligência emocional, adaptabilidade, resiliência e pensamento crítico se tornaram diferenciais essenciais em ambientes complexos (GOLEMAN, 2018; ALLEN et al., 2024). Profissionais capazes de aprender

continuamente, colaborar em contextos híbridos e atuar com discernimento frente à incerteza constituem o verdadeiro capital estratégico das organizações contemporâneas.

Em síntese, empresas que cultivam autenticidade, escuta ativa e propósito consolidam não apenas times mais engajados e inovadores, mas também ambientes mais resilientes e competitivos. Em um mundo em constante transformação, são essas organizações que se destacam, não apenas atraindo o talento certo, mas criando as condições para que ele floresça.

Referências

ALLEN, K. S. et al. Hybrid is here to stay: critical behaviors for success in the new world of work. *Personality and Individual Differences*, v. 217, p. 112459, fev. 2024. DOI: 10.1016/j.paid.2023.112459. Disponível em: https://pdf.sciencedirectassets.com/271782/1-s2.0-S0191886923X00142/1-s2.0-S0191886923003823/main.pdf. Acesso em: 19 mar. 2025.

ANDERSON, Gerry; QUINN, Robert E.; THAKOR, Anjan V. Turning Purpose Into Performance. Harvard Business Review, Boston, v. 96, n. 4, p. 84-93, jul./ago. 2018.

BETTERFLY. **Better Work Brasil: Escutar para aumentar o engajamento do colaborador**. 2024.

BOCK, L. **Um novo jeito de trabalhar**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2015.

BORIM, R. et al. Gestão de pessoas por competências: análise de repercussões dez anos pós-implantação. **Revista de Administração da UFSM**, v. 12, n. 4, p. 764-780, 2019.

BRYNJOLFSSON, E.; MCAFEE, A. **The future of work in the age of AI**. Cambridge: MIT Press, 2023.

CARBONE, Pedro Paulo. *Gestão por competências e gestão do conhecimento*. Rio de Janeiro: FGV, 2006.

CAPPELLI, P.; TAMBE, P.; YAKUBOVICH, V. Artificial Intelligence in Human Resources Management: Challenges and a Path Forward. **SSRN Electronic Journal**, 2018.

CHIAVENATO, Idalberto. *Gestão de pessoas: o novo papel dos recursos humanos nas organizações.* 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2022.

DELOITTE. *Global human capital trends 2025*. Deloitte Insights, 2025. Disponível em: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-zone4/br/pt/docs/services/consulting/2025/2025-Global-Human-Capital-Trends.pdf. Acesso em: 20 jun. 2025.

DRUCKER, Peter. *A era da descontinuidade*. Rio de Janeiro: Zahar, 1969.

DRUCKER, Peter. *The Age of Discontinuity*. New York: Harper & Row, 1969.

DUTRA, J. S. **Gestão por competências: métodos e modelos**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2023.

ELY, R. J.; THOMAS, D. A. Cultural Diversity at Work: The Effects of Diversity Perspectives on Work Group Processes and Outcomes. **Administrative Science Quarterly**, Vol. 46, No. 2, pp. 229-273, 2001.

HARVARD BUSINESS REVIEW ANALYTIC SERVICES; EY BEACON INSTITUTE. **The Business Case for Purpose**. EY, 2015. Disponível em: https://hbr.org/sponsored/2016/04/the-business-case-for-purpose. Acesso em: 5 de jun. 2024.

FLEURY, M. T. L.; FLEURY, A. **Estratégias de gestão de pessoas e competências**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GOLEMAN, D. **Inteligência emocional**. 10. ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2018.

GRANT, A. **Pense de novo: o poder de saber o que você não sabe**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2021.

HASTINGS, R.; MEYER, E. **Não há regras: a Netflix e a cultura da reinvenção**. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2020.

HARVARD BUSINESS SCHOOL. **Skills-Based Hiring: Employers are Dropping Degree Requirements**. 2024.

LIEDTKA, J. **Design thinking for the greater good: innovation in the social sector**. New York: Columbia University Press, 2018.

MAYO, E. **The Social Problems of an Industrial Civilization**. Harvard University, 1945.

McCLELLAND, D. C. Testing for competence rather than for "intelligence". **American Psychologist**, v. 28, n. 1, p. 1-14, 1973.

MIR: Management International Review. Cultural fit and job satisfaction in a global service environment. 2023.

MORGAN, Jacob. *The Employee Experience Advantage: How to Win the War for Talent by Giving Employees the Workspaces They Want, the Tools They Need, and a Culture They Can Celebrate*. Hoboken: Wiley, 2017.

MUSSOI, P. ¿Qué habilidades blandas buscan los portales de empleo?. **The Conversation**, 2024.

MORGAN, J. **The Employee Experience Advantage**. Wiley, 2017.

PARKER, S.; HEAPY, J. **Service design in government and HR**. 2021.

PARRY, S. B. The quest for competencies. **Training**, v. 33, n. 7, p. 48-54, 56, 1996.

RABAGLIO, M. O. **Seleção por competências**. 3. ed. São Paulo: Educator, 2019.

REUTERS. Brand watch: why investing in ‘soft’ skills makes hard-headed business sense. 2025.

SCHEIN, E. **Organizational Culture and Leadership**. 4. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2010.

ULRICH, D. **Gestão estratégica de recursos humanos: o novo papel dos profissionais de RH**. São Paulo: BestSeller, 2016.

VERGANTI, R. **Design-Driven Innovation**. Boston: Harvard Business Press, 2017.

WARD, G. Workplace Happiness and Job Search Behavior: Evidence From A Field Experiment. **MIT Sloan School of Management Working Paper 6607-22**, 2022.

WELLS, R. As 10 soft skills mais procuradas pelas empresas. **Forbes**, 2024.

YOHN, Denise Lee. *2018 Will Be the Year of Employee Experience*. *Forbes*, 02 jan. 2018. Disponível em: https://www.forbes.com/sites/deniselyohn/2018/01/02/2018-will-be-the-year-of-employee-experience/. Acesso em: 7 ago. 2025.

.



CAPÍTULO 22

AVALIAÇÃO DA TEMPERATURA DE MOSTURAÇÃO SOBRE A COMPOSIÇÃO DE UMA CERVEJA *AMERICAN PALE ALE*

EVALUATION OF MASHING TEMPERATURE ON THE COMPOSITION OF AN AMERICAN PALE ALE BEER

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.22

Submetido em: 27/11/2025
Revisado em: 09/12/2025
Publicado em: 11/12/2025

Ana Clara Souza
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/2900814712529071

Ghiovani Zanzotti Raniero
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/1922556341328940

Douglas Lisboas Santos
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/1922556341328940

Nathalia Gouveia Botan
Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.
http://lattes.cnpq.br/5451528416663930

Caroline Eli Pulzatto Meloni
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.

http://lattes.cnpq.br/5916493309520961

Claudia Cirineo Ferreira Monteiro

Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Design, Maringá-PR.

http://lattes.cnpq.br/4937821781512284

Antonio Roberto Giriboni Monteiro

Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Maringá-PR.

http://lattes.cnpq.br/8225119267165636

Resumo

A mosturação é uma etapa determinante na produção de cerveja, pois controla a atuação das enzimas responsáveis pela liberação de açúcares fermentáveis e pela formação do perfil químico do mosto. Pequenas variações de temperatura podem alterar a eficiência enzimática e, potencialmente, modificar as características finais da bebida. Diante disso, este estudo teve como objetivo avaliar a influência de diferentes regimes térmicos de mosturação sobre a composição físico-química de uma cerveja do tipo American Pale Ale. Foram realizados quatro tratamentos com variações de tempo e temperatura nas fases de ação de proteases e enzimas amilolíticas, utilizando um sistema automatizado desenvolvido para assegurar precisão no controle térmico. Após a fermentação, determinaram-se densidade, extratos iniciais, aparentes e reais, teor alcoólico, atenuações e valor calórico. Os resultados não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos ($p > 0,05$), indicando que as variações empregadas não foram suficientes para alterar a composição fermentável do mosto nem o desempenho fermentativo. A estabilidade observada sugere que as enzimas do malte mantêm atividade eficiente dentro das condições avaliadas, gerando produtos finais semelhantes. Conclui-se que regimes de mosturação simplificados podem ser utilizados sem prejuízo à qualidade físico-química da cerveja, demonstrando robustez do processo em escala artesanal e experimental.

Palavras-Chave: Enzimas amilolíticas; Fermentação alcoólica; Brassagem; Produção cervejeira

Abstract

Mashing is a decisive stage in beer production, as it controls the activity of enzymes responsible for releasing fermentable sugars and forming the chemical profile of the wort. Small temperature variations can alter enzymatic efficiency and potentially modify the final characteristics of the beverage. Therefore, this study aimed to evaluate the influence of different mashing thermal regimes on the physicochemical composition of an American Pale Ale beer. Four treatments were conducted with variations in time and temperature during the phases of protease and amylolytic enzyme activity, using an automated system developed to ensure precise thermal control. After fermentation, density, original, apparent and real extracts, alcohol content, attenuations and caloric value were determined. The results showed no statistical differences among treatments ($p > 0,05$), indicating that the applied variations were insufficient to alter the fermentable composition of the wort or fermentation performance. The stability observed suggests that malt enzymes maintain efficient activity under the evaluated conditions, resulting in similar final products. It is concluded that simplified mashing regimes can be used without compromising the beer's physicochemical quality, demonstrating process robustness at artisanal and experimental scales.

Keywords: Amylolytic enzymes; Alcoholic fermentation; Brewing; Beer production

Introdução

A cerveja é uma bebida milenar obtida a partir do cozimento de grãos maltados e posterior fermentação conduzida por leveduras. Sua formulação tradicional utiliza quatro ingredientes principais: água, lúpulo, malte e levedura. O lúpulo é responsável por conferir aromas e sabores distintivos, enquanto o malte define a cor da bebida e fornece os açúcares essenciais à fermentação. Já a levedura desempenha papel central no processo fermentativo, convertendo esses açúcares em álcool e, em muitos casos, contribuindo com características sensoriais adicionais (Peres; Sousa, 2025).

As cervejas podem ser classificadas com base nas diferenças das matérias-primas e do processo de fabricação. As cervejas *Lager*, normalmente, apresentam teor alcoólico em torno de 5,0% (v/v) e são produzidas a partir de maltes claros, fermentadas em baixa temperatura (3,3–13 °C), com mosto de gravidade média e utilizando a levedura *Saccharomyces pastorianus*. Em contraste, as cervejas do tipo *Ale*, geralmente com maior teor alcoólico, são fermentadas em temperaturas mais elevadas (16–25 °C), empregando mosto de alta gravidade e a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (Humia *et al*., 2019).

Entre as etapas mais importantes da produção de cerveja está a mosturação, também chamada de brassagem. Nessa fase, os grãos maltados e moídos, geralmente de cevada, são misturados com água quente para solubilizar o amido e as proteínas presentes no malte. O aquecimento controlado da mistura, com repousos em temperaturas específicas, favorece a hidrólise do amido em açúcares fermentáveis, como a maltose, processo principalmente catalisado pelas enzimas α-amilase e β-amilase (Parés Viader *et al*., 2021). Assim, pequenas variações de temperatura durante a mosturação podem alterar significativamente a composição fermentável do mosto e, consequentemente, influenciar características como corpo, teor alcoólico e perfil sensorial da cerveja final (Fritzsche *et al*., 2025).

Dessa forma, compreender a influência das temperaturas de brassagem sobre a atividade enzimática e as propriedades do mosto é fundamental para otimizar o rendimento e a qualidade do produto final. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo formular cervejas submetidas a diferentes temperaturas de mosturação, visando favorecer, de forma seletiva, a atuação de enzimas específicas em cada tratamento. Por meio da modulação das condições térmicas durante a brassagem, buscou-se investigar como uma ampla faixa de temperaturas de cozimento influencia as propriedades do mosto

e da cerveja do tipo ale, além de identificar possíveis melhorias no rendimento do processo e avaliar as características físico-químicas da bebida ao término da fermentação.

Materiais e Métodos

- **Desenvolvimento de Sistema Experimental**

Para a realização deste trabalho, foi desenvolvido um protótipo de cervejaria experimental, com o objetivo de assegurar maior repetibilidade e reprodutibilidade dos tratamentos. O uso de fogões ou queimadores convencionais apresenta variáveis, como a intensidade da chama e a inércia térmica da panela, o que compromete o controle do processo. Uma estratégia para aprimorar o controle em pequena escala foi substituir o monitoramento manual da temperatura, geralmente realizado por um operador com um termômetro de vidro, por um sistema digital acoplado a um relé, o que permitiu medições mais precisas e consistentes.

Para facilitar a substituição do recipiente em caso de quebra e permitir a condução simultânea de diferentes tratamentos, empregou-se um béquer de vidro com capacidade de 2 L como unidade principal de aquecimento. Todo o conjunto destinado ao processo de brasagem foi montado sobre uma tampa adaptada, na qual se fixou um agitador acoplado a um redutor de velocidade, operando a 50 rpm. Esse sistema de agitação foi utilizado para assegurar a homogeneização da solução e evitar a formação de zonas de temperatura, especialmente nas proximidades da resistência de aquecimento, prevenindo, assim, a desnaturação enzimática em etapas indesejadas.

A resistência de aquecimento foi dimensionada para promover uma elevação de temperatura de aproximadamente 1 °C por minuto no mosto, considerando a espessura da parede de vidro e o formato do recipiente. Com base nesses cálculos, selecionou-se a resistência comercial mais próxima da faixa requerida: um modelo de 250 *Watts*, em formato de “U”, de modo a abranger toda a extensão vertical do béquer. O controle da temperatura foi realizado por meio de um sensor DS18B20, acoplado à tampa do béquer. Essa tampa foi confeccionada em tecnil, utilizando torno mecânico e fresadora para sua adaptação adequada ao sistema.

Todas as etapas do processo foram automatizadas por um controlador Arduino-MICRO, programado para executar os perfis de tempo e temperatura necessários à produção da cerveja. Onde o controlador recebe continuamente a leitura do sensor DS18B20, que apresenta proteção em aço inox, permitindo sua imersão em líquidos, e,

com base na programação, aciona o relé responsável por ligar a resistência ou inicia a contagem de tempo para a realização das rampas enzimáticas previstas no processo.

- **Formulação da Cerveja**

Os tratamentos foram realizados no Laboratório de Cervejas da Universidade Estadual de Maringá (UEM), seguindo as normas estabelecidas pelo *Beer Judge Certification Program* (2015). A produção ocorreu em bateladas únicas de 2 L, sendo preparados, no primeiro dia, dois lotes e, nos dias subsequentes, três lotes simultaneamente, cada um acondicionado em fermentadores de 2,8 L, nos quais as leveduras foram posteriormente inoculadas.

A formulação das cervejas foi definida com o auxílio do *software Beer Smith 2*, adotando-se o estilo *American Pale Ale* (APA), conforme as diretrizes da BJCP (Tabela 1). Para a elaboração dos tratamentos, foram utilizados maltes adquiridos em cervejaria local, fornecidos a granel em embalagens de 25 kg, dos tipos *Pilsen* Argentina, *Château Pale Ale* e *Chocolat Malt*. A água utilizada foi proveniente de poço artesiano do município de Bom Sucesso-PR, com pH ajustado para 5,5. Para atender às características do estilo, empregaram-se os lúpulos *Columbus* (*Tomahawk*) e *Cascade*, adquiridos em embalagens hermeticamente fechadas de 50 g. Como agente fermentativo, utilizou-se o fermento cervejeiro US-05 da marca *FERMENTIS*, em pacotes de 11,5 g, contendo células viáveis para 20–30 L de cerveja, armazenado sob refrigeração até o momento da inoculação.

Tabela 1. Composição das cervejas.

Ingredientes	Quantidade (g)
Malte *Château Pilsen*	200,00
Malte *Pale malt*	200,00
Malte *Chocolat malt*	5,00
Lúpulo *Columbus* (*Tomahawk*)	1,50
Lúpulo *Cascade*	2,00
Fermento US - 05	1,15

Fonte: Autores (2025).

- **Produção da cerveja**

Sanitização dos fermentadores e garrafas

A sanitização dos fermentadores foi realizada para garantir que a levedura cervejeira (*Saccharomyces cerevisiae*) não competisse com outros microrganismos, evitando alterações na fermentação alcoólica, na sanidade do produto e no perfil sensorial. Os fermentadores foram desmontados, removendo-se todas as partes móveis, como torneiras, conexões e válvulas *air-locked*, e lavadas com sabão neutro. Em seguida, preparou-se uma solução de ácido peracético a 0,5%, na qual todas as conexões foram imersas por 1 hora. Posteriormente, os fermentadores foram remontados e preenchidos com a mesma solução por mais 1 hora. A solução foi descartada imediatamente antes da adição do mosto. As garrafas utilizadas para envase seguiram o mesmo procedimento de sanitização.

- **Moagem do Malte e Mosturação**

A moagem do malte foi realizada em moinho de rolo duplo com ranhuras, de modo que os grãos fossem prensados, e não triturados, preservando a integridade da casca e garantindo maior rendimento durante a mosturação.

A mosturação consistiu na mistura do malte moído com aproximadamente 1,6L de água, aquecida previamente a 45 °C, seguida de aquecimento controlado segundo os tratamentos experimentais. Foram realizados quatro tratamentos em duplicata: o tratamento padrão (T1), utilizando temperaturas específicas para cada etapa; T2, favorecendo a beta-amilase, com 60 minutos na temperatura correspondente; T3, favorecendo a alpha-amilase, com 60 minutos a 68 °C; e T4, com temperatura intermediária de 65 °C por 60 minutos. Todos os tratamentos foram submetidos ao mesmo tempo e temperatura durante as fases de atuação das proteases, *mash out* e fervura. As únicas alterações ocorreram nas faixas de temperatura e tempo correspondentes à atividade das enzimas amilases. As temperaturas e tempos de cada tratamento estão detalhados na Tabela 2.

Tabela 2. Relação temperatura e tempo para cada tratamento.

Temperatura (°C)	**Tempo de processo (min)**			
	T1	T2	T3	T4
45	10	10	10	10
62	30	60	0	0
65	0	0	0	60

Temperatura (°C)	Tempo de processo (min)			
	T1	T2	T3	T4
68	30	0	60	0
78	10	10	10	10
100	60	60	60	60

Fonte: autores (2025).

Filtração e Fervura

Para separar as cascas do malte do mosto, utilizou-se um funil cônico com capacidade suficiente para acomodar todo o malte. O mosto foi repassado quatro vezes sobre a torta formada pelas cascas e a torta foi lavada com água potável aquecida a 78 °C até que o volume final de mosto atingisse 2000 mL. Após atingir o volume determinado, o teor de sólidos solúveis (°*Brix*) do mosto foi aferido e o mosto transferido para um Erlenmeyer de 2000 mL para a fervura.

Resfriamento e fermentação

Após a fervura, o mosto foi resfriado imergindo o Erlenmeyer em água fria até atingir a temperatura ambiente. Em seguida, realizou-se a transferência para o fermentador, evitando que o *trub* permanecesse junto com o mosto, e o mosto recebeu leve agitação para incorporação de oxigênio. O fermento foi inoculado a seco, sendo pesado e adicionado ao mosto quando este atingiu 18 °C. A fermentação ocorreu em fermentadores de 2,6 L, com temperatura controlada a 18 °C.

O gás produzido durante a fermentação foi liberado do líquido por meio da válvula *air-locked*. O teor de sólidos solúveis (°*Brix*) foi aferido diariamente para acompanhar a conversão dos açúcares. Quando não houve alteração em duas medidas consecutivas, a fermentação foi considerada completa, e o valor final de °*Brix* foi registrado para a determinação da graduação alcoólica.

Envase e Armazenamento

Após a fermentação, a cerveja foi transferida para garrafas de 300 mL. Durante o envase, foi adicionada uma solução de açúcar invertido (*priming*) na proporção de 8 g por litro de cerveja, permitindo a realização de uma segunda fermentação na garrafa, o que promoveu a carbonatação do líquido. Esse processo durou uma semana, até que todo o

açúcar invertido fosse consumido. Em seguida, as garrafas foram armazenadas na posição vertical, em temperatura próxima a 0 °C, para permitir a sedimentação do fermento e a clarificação da cerveja.

- **Análises Físico-Químicas**

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Cervejas da Universidade Estadual de Maringá (UEM), utilizando-se o *software BeerSmith 2* para suporte aos cálculos.

O grau Brix foi determinado com auxílio de pipeta de *Pasteur* e refratômetro digital com precisão de 0,1 °Brix, previamente calibrado com água destilada. Os valores de extrato inicial, aparente e real foram obtidos a partir das leituras de °Brix e estimados pelo *BeerSmith 2*. A densidade foi determinada pela massa de 50 mL de amostra em proveta graduada. As atenuações aparente e real foram calculadas conforme o método 9.4 descrito pela *European Brewery Convention* (EBC, 2010), expressas em porcentagem. O teor alcoólico (% v/v e % g/g) foi determinado segundo o método EBC 9.2.3 (2010), com cálculos realizados pelo *BeerSmith 2*. As calorias totais e provenientes do álcool foram determinadas de acordo com o método 9.2.3 da EBC (2010), sendo expressas em Kcal/L.

- **Análise Estatística**

A avaliação estatística foi realizada no *software* R, utilizando o *RStudio*. Os dados foram apresentados como média acompanhada do desvio padrão e analisados por meio da análise de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey, para avaliação da diferença entre as médias ao nível de 5% de significância ($p < 0,05$).

Resultados e Discussões

A análise dos resultados físico-químicos apresentados na Tabela 3 evidencia uma notável uniformidade estatística entre os tratamentos, uma vez que nenhum dos parâmetros avaliados apresentou diferença significativa entre os quatro regimes de mostura (T1, T2, T3 e T4), ao nível de 5% de significância ($p > 0,05$).

Tabela 3. Características físico-químicas das cervejas formuladas.

Parâmetros	**Tratamentos**			
	T1	T2	T3	T4
Densidade Inicial	1,05±0,000[a]	1,04±0,005[a]	1,05±0,004[a]	1,04±0,00

(kg/L)				1ª
Densidade Final (kg/L)	1,01±0,002ª	1,01±0,003ª	1,012±0,000ª	1,01±0,002ª
Extrato Inicial (°Plato)	11,15±0,000ª	10,80±1,180ª	11,39±1,000ª	10,92±0,330ª
Extrato Aparente (°Plato)	2,44±0,540ª	2,35±0,770ª	3,07±0,000ª	2,18±0,540ª
Extrato Real (°Plato)	4,05±0,490ª	3,88±0,840ª	4,58±0,180ª	3,76±0,380ª
Álcool V/V (%)	4,60±0,280ª	4,50±0,280ª	4,45±0,490ª	4,65±0,490ª
Álcool g/g (%)	3,65±0,210ª	3,55±0,210ª	3,50±0,420ª	3,65±0,350ª
Atenuação Aparente (%)	77,85±5,300ª	78,50±4,800ª	72,90±2,400ª	79,95±5,600ª
Atenuação Real (%)	63,75±4,300ª	64,30±4,000ª	59,75±1,900ª	65,45±4,600ª
Total de Calorias (Kcal/L)	417,45±2,800ª	402,40±51,100ª	430,00 ±40,400ª	406,10±10,600ª
Calorias do álcool (Kcal/L)	257,75±14,500ª	251,30±16,400ª	250,30±32,700ª	259,65±25,800ª

Fonte: Autores 2025. Média±desvio padrão, letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de variância.

Esse achado é relevante, considerando que os tratamentos foram planejados para modular a atividade enzimática, favorecendo a β-amilase (T2), a α-amilase (T3) ou utilizando uma temperatura intermediária (T4) e um regime multifásico padrão (T1). A ausência de diferenças estatisticamente significativas sugere que a variação térmica aplicada não foi determinante para a composição final do mosto.

A mosturação constitui uma etapa essencial na fabricação de bebidas fermentadas, como a cerveja, pois promove a degradação de diferentes componentes do malte por meio da atuação de enzimas endógenas. O principal propósito desse processo é garantir a conversão integral do amido e a hidrólise adequada das proteínas. Por essa razão, grande parte das pesquisas voltadas à caracterização do potencial enzimático do malte concentra sua atenção nas enzimas amilolíticas, especialmente na α-amilase e na β-amilase (Gasiński et al., 2022).

As enzimas α- e β-amilase desempenham papel fundamental na conversão do amido em açúcares fermentescíveis, em que, após a degradação inicial das camadas externas do grão por enzimas hidrolases da parede celular, essas amilases tornam-se acessíveis e passam a atuar sobre os grânulos de amido. Cada uma apresenta condições

ótimas distintas de atividade: a α-amilase opera preferencialmente em temperaturas mais elevadas, com ótimo em torno de 73,89 °C e pH próximo de 5,2, enquanto a β-amilase apresenta maior eficiência a 62,78 °C e pH de aproximadamente 5,5 (Sammartino, 2015). Assim, seria esperado que os tratamentos desenvolvidos para favorecer a ação dessas enzimas (como T2 e T3) resultassem em mostos com perfis diferenciados de açúcares fermentescíveis, influenciando diretamente a densidade final, o grau de atenuação e o teor alcoólico das cervejas obtidas.

Nesse contexto, destaca-se que o amido é o principal constituinte da cevada, representando entre 62 e 77% de sua composição. Por isso, a eficiência de sua degradação durante a mosturação é determinante para o desempenho do processo, influenciando tanto a liberação de açúcares fermentescíveis quanto a formação de frações parcialmente hidrolisadas. Além disso, diversos fatores podem interferir na hidrólise do amido presente no malte, modificando a proporção de açúcares fermentáveis e de dextrinas produzidas no mosto, o que reforça a importância do controle das condições enzimáticas durante a mosturação (Yu; Gilbert; Fox, 2020). Ainda, Slack, Baxter e Wainwright (1979) demonstraram que proteínas do malte, especialmente hordeínas, podem inibir significativamente a degradação do amido, o que contribui para reduzir o impacto de variações térmicas isoladas.

A produção de açúcares fermentescíveis depende ainda da interação entre α-amilase, β-amilase e dextrinase-limite, cujas atividades determinam o grau de conversão dos polímeros de amido e modulam a proporção entre açúcares fermentáveis e dextrinas (MacGregor et al., 1999). Estudos recentes reforçam que propriedades físico-químicas do amido, como o tamanho das cadeias e a distribuição dos pesos moleculares, têm relação direta tanto com os processos de transformação que ocorrem durante a mosturação quanto com o desempenho fermentativo das leveduras (Yu *et al*., 2018a; Wenwen *et al.*, 2019). Pesquisas in vitro também demonstram que proteínas insolúveis presentes na cevada podem reduzir a taxa de hidrólise do amido, mesmo em condições de temperatura moderada, afetando a liberação de açúcares fermentáveis (Yu *et al.*, 2018b; Schulz e*t al.*, 2018).

Evans e Brauer (2024) apontam que temperaturas intermediárias, especialmente próximas de 65 °C, favorecem um equilíbrio funcional entre β- e α-amilase, resultando em perfis de fermentabilidade muito semelhantes aos obtidos em rests térmicos direcionados, o que corrobora a similaridade observada entre T1, T2, T3 e T4. Resultados recentes apresentados por Laus *et al.* (2022) contribuem para essa interpretação ao

demonstrar que α- e β-amilase possuem faixas de atividade mais amplas e termoestáveis do que tradicionalmente se acredita. No estudo, a β-amilase manteve atividade significativa mesmo em temperaturas próximas de 65 °C, enquanto a α-amilase exibiu elevada estabilidade térmica, atuando de forma eficiente em praticamente toda a faixa de 62–72 °C. Assim, variações como as aplicadas no presente estudo, embora teoricamente distintas, não foram suficientes para induzir mudanças significativas no perfil de açúcares produzidos, especialmente quando o malte apresenta elevado poder diastásico.

Os resultados do presente estudo refletem diretamente a dinâmica enzimática discutida anteriormente. Os parâmetros avaliados variaram em faixas estreitas e estatisticamente semelhantes entre os tratamentos, indicando que a proporção entre açúcares fermentáveis e não fermentáveis permaneceu praticamente inalterada, resultando em perfis fermentativos equivalentes e, consequentemente, em cervejas com características sensoriais muito semelhantes.

Em síntese, os resultados demonstram que o processo empregado apresenta elevada estabilidade, capaz de produzir mostos e cervejas consistentes mesmo diante de variações moderadas na temperatura de mosturação. Isso tem implicações práticas importantes, pois sugere que, nas condições avaliadas, o controle térmico na faixa de 60 a 68 °C não é determinante para obter diferenças nos parâmetros físico-químicos básicos. A literatura reforça que regimes de mosturação equilibrados, especialmente em torno de 65 °C, tendem a proporcionar um equilíbrio eficiente entre α- e β-amilases, aumentando a robustez do processo e reduzindo sua sensibilidade a pequenas flutuações térmicas. Assim, os achados deste estudo corroboram a viabilidade de métodos simplificados e energeticamente mais econômicos, sem prejuízo à qualidade físico-química da cerveja produzida.

Considerações Finais

Os resultados mostraram que as diferentes estratégias térmicas aplicadas durante a mosturação, abrangendo as etapas de 45 °C, de sacarificação entre 62 e 68 °C, a etapa de inativação enzimática a 78 °C e, posteriormente, a fervura, não promoveram diferenças significativas nos parâmetros físico-químicos das cervejas produzidas. A semelhança observada entre os tratamentos para densidade, extratos, atenuações, teor alcoólico e valor calórico indica que, mesmo com variações no tempo e na temperatura das fases de atuação das enzimas amilolíticas, a composição fermentável do mosto permaneceu estável. Esses achados sugerem que as enzimas presentes no malte são altamente estáveis e eficientes

nas condições avaliadas, resultando em perfis de açúcares semelhantes, independentemente do regime de mosturação utilizado. Conclui-se que protocolos de mosturação mais simples e com menor rigor térmico pode ser adotado sem comprometer a qualidade físico-química da cerveja, o que reforça a robustez do processo e amplia a flexibilidade operacional em produções artesanais e experimentais.

Referências

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM. **Beer Style Guidelines**. 2015.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC). **Analytica-EBC: European Brewery Convention Methods.** 2010.

EVANS, Evan; BRAUER, John M. Review: "Are the days of Congress mashing over?". **BrewingScience** , *[S. l.]*, v. 77, n. 5/6, p. 33–49, 2024. DOI: https://doi.org/10.23763/BrSc24-02evans

FRITZSCHE, Birgit et al. Mashing Isothermally at High Temperature Compared to Infusion Mashing for the Production of Full-Bodied, Alcohol-Reduced Beer. **Journal of the American Society of Brewing Chemists**, v. 83, n. 1, p. 69-79, 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/03610470.2024.2398359

GASIŃSKI, Alan et al. Changes in the raffinose family oligosaccharides content in the lentil and common bean seeds during malting and mashing processes. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, p. 17911, 2022. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-022-22943-1

HUMIA, Bruno Vieira et al. Beer molecules and its sensory and biological properties: A review. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1568, 2019. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules24081568

LAUS, A. et al. Isothermal mashing of barley malt: new insights into wort composition and enzyme temperature ranges. **Food and Bioprocess Technology,** v. 15, n. 10, p. 2294-2312, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/s11947-022-02885-2

MACGREGOR, A. W. et al. Modelling the contribution ofalpha-amylase, beta-amylase and limit dextrinase to starch degradation during mashing. **Journal of Cereal Science**, v. 29, n. 2, p. 161-169, 1999. DOI: https://doi.org/10.1006/jcrs.1998.0233

PARÉS VIADER, Raimon et al. Optimization of beer brewing by monitoring α-amylase and β-amylase activities during mashing. **Beverages**, v. 7, n. 1, p. 13, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/beverages7010013

PERES, André Luiz Sampaio; SOUSA, Brisa Pozzi de. A perspectiva da categorização para organização de cerveja artesanal: em foco a escolha do rótulo. **Em Questão**, v. 31, p. e-143535, 2025. DOI: https://doi.org/10.1590/1808-5245.31.143535

SAMMARTINO, M. Enzymes in brewing. **MBAA Technical Quarterly,** v. 52, n. 3, p. 156-164, 2015.

SCHULZ, Benjamin L. et al. Process proteomics of beer reveals a dynamic proteome with extensive modifications. **Journal of proteome research**, v. 17, n. 4, p. 1647-1653, 2018. DOI: https://doi.org/10.1021/acs.jproteome.7b00907

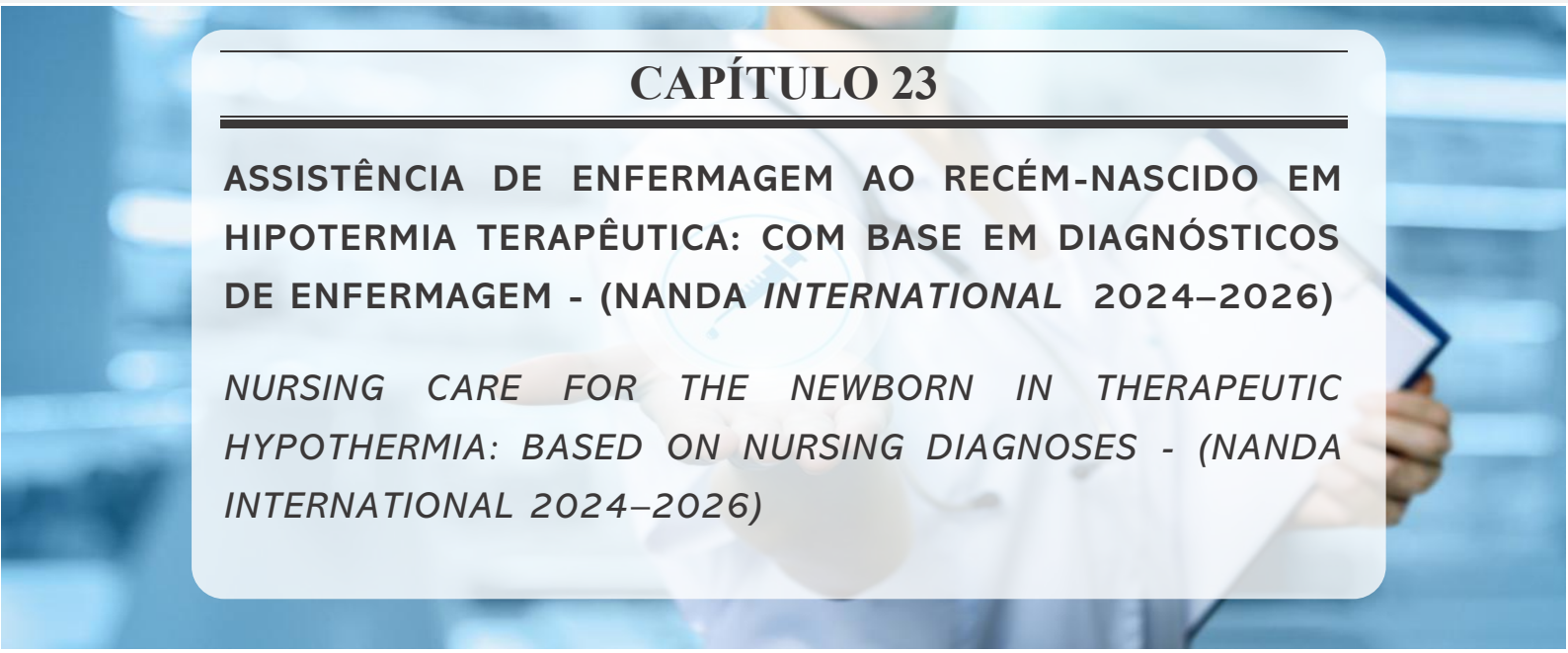
SLACK, P. T.; BAXTER, E. D.; WAINWRIGHT, T. Inhibition by hordein of starch degradation. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 85, n. 2, p. 112-114, 1979. DOI: https://doi.org/10.1002/j.2050-0416.1979.tb06837.x

WENWEN, Yu et al. Molecular brewing: Molecular structural effects involved in barley malting and mashing. **Carbohydrate polymers**, v. 206, p. 583-592, 2019. DOI:https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.11.018

YU, Wenwen et al. Effects of the starch molecular structures in barley malts and rice adjuncts on brewing performance. **Fermentation**, v. 4, n. 4, p. 103, 2018a. https://doi.org/10.3390/fermentation4040103

YU, Wenwen et al. The adsorption of α-amylase on barley proteins affects the in vitro digestion of starch in barley flour. **Food Chemistry**, v. 241, p. 493-501, 2018b. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.021

YU, Wenwen; GILBERT, Robert G.; FOX, Glen P. Malt protein inhibition of β-amylase alters starch molecular structure during barley mashing. **Food Hydrocolloids**, v. 100, p. 105423, 2020.DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105423.



CAPÍTULO 23

ASSISTÊNCIA DE ENFERMAGEM AO RECÉM-NASCIDO EM HIPOTERMIA TERAPÊUTICA: COM BASE EM DIAGNÓSTICOS DE ENFERMAGEM - (NANDA *INTERNATIONAL* 2024–2026)

NURSING CARE FOR THE NEWBORN IN THERAPEUTIC HYPOTHERMIA: BASED ON NURSING DIAGNOSES - (NANDA INTERNATIONAL 2024–2026)

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.23

Submetido em: 15/12/2025
Revisado em: 19/12/2025
Publicado em: 20/12/2025

Priscila Guterres de Oliveira

Enfermeira pelo Centro Universitário Franciscano/UFN, Mestra em Enfermagem pela Universidade Federal do Rio Grande Do Sul/UFRGS, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/8328814690672985

Suelen Goecks Oliveira

Enfermeira pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/PUCRS e Doutora em Saúde da Criança pela Faculdade de Medicina da PUCRS, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/3553358863548077

Marina Heinen

Enfermeira pela Universidade Federal de Pelotas/UFPEL, Especialista em Saúde da Criança pelo Hospital de Clínicas de Porto Alegre/HCPA, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/1962505300382545

Valdereza da Silva Ribeiro

Enfermeira Pela Universidade Católica do Rio Grande do Sul/PUCRS, Especialista Materno Infantil pelo Hospital Moinhos de Vento/HMV, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/6995545624860711

Daniel Wingert

Técnico de Enfermagem pela Escola Irmãs de Santa Catarina, Graduando em Enfermagem pela ATITUS Educação, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/9904017394158354

Paola Melo Campos

Enfermeira e Doutoranda em Enfermagem pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/6878499352287606

Suélen Heningues Leiman

Enfermeira e Mestra em Enfermagem pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/6337319577316319

Aline Oliveira

Enfermeira e Especialista em Saúde Mental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS, Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/9857552614925918

Juliana Frederico Tonding

Enfermeira pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul/PUCRS, Especialista Materno Infantil pelo Hospital Moinhos de Vento/HMV – Porto Alegre - RS

http://lattes.cnpq.br/0604807963822355

Resumo

A asfixia perinatal é uma das principais causas de mortalidade neonatal, podendo resultar em encefalopatia hipóxico-isquêmica e sequelas neurológicas graves irreversíveis. A hipotermia terapêutica é uma intervenção eficaz na redução da mortalidade e na proteção neurológica de recém-nascidos com quadros moderados a graves. Este estudo tem como objetivo analisar a assistência de enfermagem ao recém-nascido submetido à hipotermia terapêutica, com base nos diagnósticos de enfermagem da NANDA International 2024–2026 e nas evidências científicas atuais. Propõe-se descrever os principais diagnósticos de enfermagem relacionados ao cuidado do recém-nascido em hipotermia terapêutica, apresentar intervenções voltadas à monitorização, segurança e proteção neurológica, e discutir desafios e estratégias para aprimoramento da assistência neonatal. Destaca-se o papel da enfermagem na monitorização contínua, prevenção de complicações e cuidado humanizado, bem como os desafios enfrentados pelas Unidades de Terapia Intensiva Neonatal, incluindo recursos limitados, escassez de profissionais e superlotação. A Sistematização da Assistência de Enfermagem é apresentada como ferramenta essencial para qualificar o cuidado, garantir segurança e otimizar os desfechos clínicos do recém-nascido.

Palavras-Chave: asfixia neonatal; assistência de enfermagem; hipotermia induzida; unidades de terapia intensiva neonatal; diagnósticos de enfermagem.

Abstract

Perinatal asphyxia is a leading cause of neonatal mortality, potentially resulting in hypoxic-ischemic encephalopathy and severe irreversible neurological sequelae. Therapeutic hypothermia is an effective intervention in reducing mortality and providing neurological protection for newborns with moderate to severe conditions. This study aims to analyze nursing care for newborns undergoing therapeutic hypothermia, based on the NANDA International 2024–2026 nursing diagnoses and current scientific evidence. It proposes to describe the main nursing diagnoses related to the care of newborns undergoing therapeutic hypothermia, present interventions focused on monitoring, safety, and neurological protection, and discuss challenges and strategies for improving neonatal care. The role of nursing in continuous monitoring, prevention of complications, and humanized care is highlighted, as well as the challenges faced by Neonatal Intensive Care Units, including limited resources, staff shortages, and overcrowding. The Nursing Care Systematization is presented as an essential tool to improve the quality of care, ensure safety, and optimize clinical outcomes for newborns.

Keywords: neonatal asphyxia; nursing care; induced hypothermia; neonatal intensive care units; nursing diagnoses.

Introdução

Os óbitos neonatais representam cerca de 47% de todas as mortes infantis no mundo, refletindo a grande vulnerabilidade do período que envolve os primeiros 28 dias de vida do recém-nascido (RN). No contexto brasileiro, a asfixia perinatal (APN) está entre as principais causas desses óbitos, ocupando a terceira posição e contribuindo significativamente para a mortalidade neonatal precoce, sendo responsável por 20% dos óbitos na primeira semana de vida (FRANÇA, E. B. *et al.* 2017; UNICEF, 2019; ALMEIDA, M. F. B.; GUINSBURG, R., 2022).

A APN é um agravo que ocorre no período perinatal e resulta da combinação de hipóxia e isquemia, comprometendo múltiplos órgãos do feto ou do RN. Geralmente está associada à acidose láctica, hipoventilação e hipercapnia, resultando em uma falência na troca gasosa. Suas consequências podem ser graves, variando desde desfechos fatais até sequelas neurológicas irreversíveis, que comprometem o desenvolvimento e a qualidade de vida da criança (ZACONETA, C. A. M. *et al.* 2019).

A Academia Americana de Pediatria (AAP) define a asfixia perinatal como uma condição resultante de insuficiência de oxigenação (hipóxia) e/ou redução do fluxo sanguíneo (isquemia) ao feto ou RN durante o período perinatal, levando a acidose metabólica e, potencialmente, a encefalopatia hipóxico-isquêmica e disfunção de múltiplos órgãos (WEINER, G. M. *et al.*, 2021; WYCKOFF, M. H. *et al.*, 2021).

Sabe-se que a etiologia da APN é multifatorial e envolve condições que reduzem o fluxo sanguíneo ou comprometem a oxigenação do feto. Entre as causas mais comuns estão fatores maternos (como sepse, choque e embolia de líquido amniótico);

complicações uterinas (como ruptura uterina; distúrbios placentários, como o descolamento prematuro da placenta); e alterações do cordão umbilical. Infecções maternas e fetais também representam importante contribuição. A redução da oferta de oxigênio pode ocorrer no período anteparto (cerca de 20% dos casos), durante o intraparto (que concentra a maioria dos episódios) ou nas primeiras horas após o nascimento (GILLAM-KRAKAUER, M.; SHAH, M.; GOWEN JR, C. W., 2025).

Diretrizes internacionais recomendam a hipotermia terapêutica (HT) como tratamento padrão para RNs com encefalopatia hipóxico-isquêmica moderada a grave. Essa terapia baseia-se no resfriamento controlado do RN, iniciado nas primeiras seis horas de vida após o nascimento, para temperaturas entre 33 °C e 34 °C, mantidas por 72 horas. Estudos demonstram que essa intervenção reduz a mortalidade, diminui o risco de sequelas neurológicas e aumenta as taxas de sobrevivência sem déficits neurológicos significativos (RIVERO-ARIAS, O. *et al.*, 2019).

A HT tornou-se uma intervenção padrão para neonatos com encefalopatia hipóxico-isquêmica moderada a grave, visto que extensas pesquisas demonstram seus benefícios neuroprotetores na redução de lesões cerebrais e na melhora da sobrevida com menos complicações neurológicas. No entanto, questões cruciais permanecem em relação à seleção ideal de pacientes, ao momento adequado para a intervenção e à eficácia em populações específicas, como RNs prematuros e neonatos em contextos com recursos limitados (BONIFACIO, S. L.; HUTSON, S., 2021).

Os seguintes critérios norteiam as indicações (e diagnóstico) para a necessidade de HT (MONTEIRO, P. N. *et al.* 2020):

– Moderada/grave encefalopatia hipóxico-isquêmica com ou sem convulsões;

– Até 6 horas de vida do RN (ou até 12 horas quando isto não for possível);

– Idade gestacional ao nascimento maior ou igual a 35 semanas;

– Apgar ≤ 5 aos 10 minutos de vida;

– Ressuscitação prolongada no momento do nascimento (tempo maior ou igual a 10 minutos);

– Acidose grave (pH < 7,0) ou déficit de base (BE ≥ 16 mmol L) detectada em sangue de cordão ou na gasometria realizada na primeira hora de vida.

A HP é contra-indicada em casos de malformações congênitas incompatíveis com a vida, RNs que não tenham peso <1800g, necessidade de cirurgia nos primeiros 3 dias

de vida e parada cardiorrespiratória pós-natal (ZACONETA, C. A. M. *et al.* 2019; MONTEIRO, P. N. *et al.* 2020).

Esse cenário reforça a necessidade de qualificar a assistência ao parto e ao RN, além de implementar estratégias eficazes de prevenção, reconhecimento precoce e manejo oportuno das complicações perinatais.

Nesse contexto, destaca-se a importância da assistência de enfermagem ao RN em HT, fundamentada na compreensão da APN e na aplicação adequada dos diagnósticos de enfermagem (DE). Este estudo justifica-se por sua relevância clínica, ao contribuir para a segurança e o cuidado neurológico do RN, e por sua importância científica e social, ao reforçar a necessidade de uma assistência neonatal multiprofissional, sistematizada e baseada em evidências.

De modo geral, este estudo tem como objetivo principal analisar a assistência de enfermagem ao RN submetido à HT, com base na utilização dos DE (NANDA *International* 2024–2026) e nas evidências científicas atuais (NANDA-I, 2024-2026). Especificamente, propõe-se: (1) descrever os principais DE relacionados ao cuidado do RN em HT; (2) apresentar as intervenções de enfermagem voltadas à monitorização, à segurança e à proteção neurológica do RN; (3) refletir sobre os desafios enfrentados na prática assistencial e as possibilidades de aprimoramento da qualidade do cuidado neonatal; e (4) abordar a importância da multidisciplinaridade e da educação permanente neste contexto.

Principais Diagnósticos de Enfermagem relacionados ao cuidado do recém-nascido em hipotermia terapêutica

A) Troca de gases prejudicada

Características definidoras: Batimento de asa do nariz; Bradipneia; Hipercapnia; Hipoxemia; Hipóxia.
Fatores relacionados: Dor; Padrão respiratório ineficaz.
População em risco: Lactentes.
Condições associadas: Desequilíbrio ventilação - perfusão.

B) Risco de organização prejudicada do neurodesenvolvimento do lactente

Fatores de risco: Conhecimento inadequado do cuidador sobre pistas comportamentais; Excesso de estimulação sensorial.
População em risco: Indivíduos desfavorecidos economicamente; Lactente exposto a estresse familiar excessivo; Lactentes com risco médico aumentado; Lactentes nascidos de pais que sofreram estresse perinatal excessivo.
Condições associadas: Lesão cerebral grave; Procedimentos invasivos; Síndrome de abstinência neonatal.

C) Integridade da Pele Prejudicada

Características definidoras: Cor da pele alterada; Pele ressecada.
Fatores relacionados: *Externos:* Atrito em superfície; Exposição a extremos de temperatura ambiental; Forças de cisalhamento; Pressão sobre proeminências ósseas.
Internos: Mobilidade física prejudicada; edema.
População em risco: Indivíduos em unidade de terapia intensiva.

D) Risco de choque

Fatores de risco: Hipotermia; Hipóxia.
População em risco: Indivíduos em extremos de idade.
Condições associadas: Infecções; Respiração artificial; Níveis de lactato maior ou igual a 2mmol/L.

E) Padrão respiratório ineficaz

Características definidoras: Hipóxia.
Fatores relacionados: Fadiga muscular respiratória; Secreção respiratória excessiva.
Condições associadas: Prejuízo neurológico.

Intervenções de enfermagem voltadas à monitorização, à segurança e à proteção neurológica do recém-nascido

As intervenções de enfermagem voltadas à monitorização, à segurança e à proteção neurológica do RN em HT envolvem a vigilância contínua da temperatura corporal central, dos sinais vitais e da estabilidade hemodinâmica, bem como o controle

rigoroso da glicemia, da diurese e do balanço hídrico. Incluem ainda a prevenção de estímulos excessivos por meio do manuseio mínimo, do controle de ruídos e luminosidade e da organização dos cuidados em bloco, além da avaliação sistemática da dor, do nível de consciência e da ocorrência de convulsões (BRASIL, 2022; ALBERTO, F. C.; MELO, K. K. S., 2024).

A enfermagem também atua na proteção da integridade da pele, na prevenção de infecções relacionadas a dispositivos invasivos e na comunicação precoce de alterações clínicas à equipe multiprofissional, contribuindo para a redução de complicações e para a efetividade da neuroproteção (BRASIL, 2014; SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA, 2020; FIGUEIREDO, A. P. S. A. *et al.*, 2021; BRASIL, 2022).

A seguir, destacamos as intervenções de enfermagem relacionadas a protocolos de HT.

PREPARAÇÃO INICIAL

- **Confirmar prescrição e/ou indicação médica**
  Justificativa: Evitar a realização de procedimentos desnecessários.
- **Realizar higienização das mãos conforme protocolo institucional**
  Justificativa: Prevenir infecções cruzadas.
- **Preparar leito, materiais e equipamentos necessários**
  Justificativa: Garantir economia de tempo e energia para o RN e para a equipe.
- **Verificar disponibilidade de placas de gelo reutilizáveis**
  Justificativa: Assegurar que estejam prontas em caso de necessidade imediata.
- **Realizar limpeza e desinfecção do termômetro esofágico**
  Justificativa: Prevenir contaminação e infecção.

MEDIDAS INICIAIS E INÍCIO DO RESFRIAMENTO

- **Receber o RN em berço aquecido desligado**
  Justificativa: Necessário para iniciar o processo de resfriamento.
- **Manter cabeceira do leito elevada**
  Justificativa: Reduzir risco de pneumonia, favorecer drenagem venosa cerebral e expansão torácica.

- **Conversar calmamente com o RN durante os procedimentos**
  Justificativa: Reduz o estresse e demonstra respeito ao recém-nascido.
- **Posicionar o RN em decúbito dorsal, apenas com fralda, alinhado e com membros flexionados**
  Justificativa: Facilita a perda de calor, favorece a drenagem cerebral e promove tônus muscular.
- **Iniciar suporte ventilatório conforme prescrição médica**
  Justificativa: A ventilação pode ser necessária e a monitorização do CO_2 é essencial, pois alterações interferem no fluxo sanguíneo cerebral.
- **Manter aquecedor do umidificador da oxigenoterapia em torno de 37 °C**
  Justificativa: Evita espessamento de secreções e risco de obstrução das vias aéreas.
- **Instalar monitorização cardíaca, oximetria e eletroencefalograma (EEG) (quando disponível)**
  Justificativa: A hipotermia pode causar bradicardia, apneia e arritmias cardíacas.
- **Passar sonda orogástrica longa e mantê-la aberta**
  Justificativa: Permite drenagem gástrica e reduz o risco de aspiração.

MONITORIZAÇÃO DA TEMPERATURA

- **Amaciar o termômetro esofágico em água morna**
  Justificativa: Facilita a introdução e melhora a aferição da temperatura.
- **Introduzir e fixar o termômetro esofágico**
  Justificativa: A posição correta no terço inferior do esôfago garante maior fidedignidade da medida.
- **Manter temperatura alvo de 33,5 °C**
  Justificativa: Permite o efeito neuroprotetor da hipotermia terapêutica.

ESTRATÉGIAS DE RESFRIAMENTO

- **Utilizar placas de gelo ao redor do RN quando a temperatura estiver acima do alvo**
  Justificativa: Promove perda de calor por radiação e convecção.

- **Colocar gelo sob o RN, sem contato direto com a pele, se necessário**
  Justificativa: Acelera o resfriamento e mantém a hipotermia.
- **Aplicar compressas frias protegidas nas axilas e regiões inguinais (máx. 20 min)**
  Justificativa: Acelera o resfriamento, evitando lesões teciduais e necrose.

INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS E SUPORTE CLÍNICO

- **Auxiliar no cateterismo umbilical venoso e arterial**
  Justificativa: Garantir acesso seguro para medicamentos, soluções e monitorização invasiva.
- **Instalar soluções e sedação conforme prescrição médica**
  Justificativa: Manter equilíbrio hidroeletrolítico, reduzir dor e evitar agitação.
- **Instalar pressão arterial invasiva**
  Justificativa: A instabilidade hemodinâmica é frequente durante a hipotermia.
- **Realizar sondagem vesical de demora**
  Justificativa: Monitorar diurese e detectar precocemente alterações renais.

MONITORIZAÇÃO CONTÍNUA

- **Monitorar temperatura, sinais vitais e pressão arterial (PA) conforme intervalos estabelecidos**
  Justificativa: As primeiras horas são críticas para adaptação fisiológica e ajustes térmicos.
- **Verificar glicemia capilar conforme prescrição**
  Justificativa: Detectar precocemente alterações glicêmicas comuns durante a hipotermia.
- **Monitorar diurese e realizar balanço hídrico**
  Justificativa: Identificar retenção hídrica, distúrbios eletrolíticos e insuficiência renal.
- **Avaliar dor, sedação, convulsões e nível de consciência**
  Justificativa: A dor e as convulsões pioram o prognóstico neurológico.

- **Minimizar estímulos ambientais e agrupar cuidados**
  Justificativa: Prevenir aumento da pressão intracraniana.

COMUNICAÇÃO COM A FAMÍLIA

- **Informar pais sobre o tratamento e estimular vínculo**
  Justificativa: Reduz ansiedade, fortalece vínculos afetivos e protege o RN contra o estresse.

PERÍODO DE REAQUECIMENTO

- **Iniciar reaquecimento lento após 72 horas (0,5 °C/h)**
  Justificativa: Evitar vasodilatação periférica, hipotensão e hemorragia intracraniana.
- **Retirar placas de gelo gradualmente e ligar berço aquecido**
  Justificativa: Garantir aquecimento seguro e progressivo.
- **Monitorar sinais vitais a cada 30 minutos**
  Justificativa: Detectar apneia, bradicardia e hipotensão.

CUIDADOS AO TÉRMINO DA TERAPIA

- **Retirar dispositivos invasivos conforme estabilidade clínica**
  Justificativa: Reduz risco de infecção e complicações associadas.
- **Organizar ambiente e registrar procedimentos no prontuário**
  Justificativa: Garantir continuidade da assistência e respaldo legal da enfermagem.

Para a HT em RN também pode-se utilizar um colchão térmico especial (de água ou gel), ligado a um sistema de controle da temperatura, representando um avanço significativo no cuidado ao RN com encefalopatia hipóxico-isquêmica, por possibilitar um resfriamento corporal preciso, contínuo e seguro (SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA, 2020).

Desafios enfrentados na prática assistencial e as possibilidades de aprimoramento da qualidade do cuidado neonatal

Um dos desafios que as UTIN enfrentam é o acesso ao colchão térmico, esse dispositivo ainda é desigual entre as Unidades de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN), especialmente em serviços públicos e de menor porte. O alto custo de aquisição, aliado às despesas com manutenção, calibração periódica e necessidade de capacitação da equipe, constitui um importante desafio para sua incorporação na rotina destas unidades neonatais. Diante dessa realidade, muitas UTIN recorrem a métodos alternativos de hipotermia passiva, que, embora eficazes quando bem monitorados, exigem maior vigilância da equipe de enfermagem para evitar oscilações térmicas. Assim, a disponibilidade do colchão de hipotermia está diretamente relacionada a investimentos institucionais, políticas públicas de saúde e priorização de tecnologias que impactam na redução de sequelas neurológicas e na qualidade da assistência neonatal (TAGIN, M. A. *et al.*, 2012).

No entanto, o contexto altamente tecnológico em que o RN permanece, muitas vezes isolado e dependente de equipamentos e rotinas rigorosas, configura-se como um ambiente complexo e pouco acolhedor, marcado por estímulos nociceptivos intensos, capazes de provocar dor e desconforto, além de desencadear alterações fisiológicas e comportamentais (LINS, R. N. P. *et al.*, 2013; MOURA, L. *et al.*, 2018).

Sabe-se que o manuseio do RN é complexo, e as intervenções clínicas, associadas a fatores ambientais como ruído excessivo e iluminação inadequada, podem provocar desconforto, estresse e dor, com repercussões negativas para a saúde do neonato. Diante disso, torna-se fundamental que o profissional avalie a dor do RN por meio da observação de alterações fisiológicas e comportamentais, fundamentando sua prática em evidências científicas, na implementação de políticas institucionais de controle da dor, na utilização de instrumentos de mensuração validados, bem como na adoção de protocolos de analgesia e no desenvolvimento de ações de educação permanente (CRUZ, C. T. *et al.*, 2016; MOREIRA, V. M.; DE OLIVEIRA, Y. H.; MAGRI, M. P. de F., 2022).

A literatura é consensual ao apontar os recursos humanos como um dos principais fatores que dificultam a humanização na UTIN, especialmente em decorrência da falta de profissionais, com destaque para a equipe de enfermagem. Essa carência resulta em sobrecarga de trabalho e desgaste físico e emocional dos trabalhadores, repercutindo diretamente na qualidade da assistência prestada e na produção do cuidado neonatal

(SOUZA, K. M. O.; FERREIRA, S. D., 2010; ROCHA, M. C. P. *et al.*, 2015; NEVES, R. S.; ZIMMERMANN, J.; BROERING, C. V., 2021).

Outro ponto de grande impacto é a superlotação das unidades neonatais, resultante de uma demanda de admissões que ultrapassa a capacidade institucional disponível, associada a uma proporção inadequada entre profissionais e RNs. Esse cenário compromete significativamente o tempo destinado aos cuidados essenciais e individualizados, dificultando o acolhimento integral da família e comprometendo a efetivação dos princípios da humanização da assistência neonatal (SOUZA, K. M. O.; FERREIRA, S. D., 2010; ROCHA, M. C. P. *et al.*, 2015; PRAZERES, L. E. N. *et al.*, 2021).

Portanto, a Sistematização da Assistência de Enfermagem (SAE) possibilita ao enfermeiro exercer o julgamento clínico na identificação das respostas do neonato frente a condições de saúde reais ou potenciais, orientando a escolha de intervenções mais adequadas às necessidades do RN. Além disso, contribui para a avaliação contínua da assistência prestada e subsidia a tomada de decisões no cuidado de enfermagem.

Importância da multidisciplinaridade e educação permanente no cuidado do recém-nascido em hipotermia terapêutica

A atuação de uma equipe multiprofissional, de forma multidisciplinar, e o investimento em educação permanente constituem elementos essenciais na assistência ao RN submetido à HT, sobretudo nos quadros de encefalopatia hipóxico-isquêmica. Esse tipo de cuidado demanda um trabalho articulado entre médicos neonatologistas, profissionais de enfermagem, fisioterapeutas, fonoaudiólogos, farmacêuticos e demais membros da equipe de saúde, assegurando um cuidado contínuo. A comunicação eficaz e a tomada de decisões conjuntas favorecem a segurança do RN e o cumprimento dos protocolos assistenciais institucionais (COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN *et al.*, 2014; LEITE, P. N. M. *et al.*, 2020; SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA, 2020; SOUSA, M. T. O. *et al.*, 2022).

Nesse cenário, a educação permanente em saúde desempenha papel fundamental ao promover a atualização constante dos profissionais quanto às evidências científicas, aos critérios de indicação e às boas práticas relacionadas ao uso da HT. A realização de capacitações periódicas, treinamentos práticos, simulações clínicas e discussão de casos contribui para o aprimoramento das habilidades técnicas e éticas da equipe, minimiza a ocorrência de eventos adversos e fortalece a qualidade da assistência prestada a estes

pacientes. Assim, a integração entre o cuidado multiprofissional e os processos educativos contínuos favorece melhores desfechos clínicos e neurológicos para o RN e sua família (COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN *et al.*, 2014; LEITE, P. N. M. *et al.*, 2020; SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA, 2020; SOUSA, M. T. O. *et al.*, 2022).

Considerações Finais

A APN permanece como um importante problema de saúde pública, com impacto significativo na morbimortalidade neonatal e no desenvolvimento neurológico a longo prazo.

Nesse contexto, a HT consolida-se como uma intervenção essencial, de suma importância, para RNs com encefalopatia hipóxico-isquêmica moderada a grave, demonstrando benefícios consistentes na redução da mortalidade e das sequelas neurológicas.

A assistência de enfermagem assume papel central nesse cuidado, uma vez que envolve a monitorização rigorosa, a execução segura dos protocolos, a prevenção de complicações e a promoção da neuroproteção, fundamentadas na SAE e nos DE norteados pela NANDA-I.

Contudo, desafios relacionados à infraestrutura, à disponibilidade de tecnologias, à sobrecarga de trabalho e à humanização do cuidado ainda limitam a qualidade da assistência em muitas UTIN.

Assim, o fortalecimento de políticas públicas, o investimento em capacitação multiprofissionais e a adoção de práticas baseadas em evidências são fundamentais para aprimorar o cuidado neonatal, garantindo maior segurança, integralidade e melhores desfechos para o RN e sua família.

Referências

ALBERTO, F. C.; MELO, K. K. S. ***Assistência de enfermagem ao recém-nascido em hipotermia terapêutica em uma Maternidade Escola em São Paulo.*** Enfermagem Brasil, v. 23, n. 3, 2024. Disponível em: https://ojs.atlanticaeditora.com.br/index.php/Enfermagem-Brasil/article/view/63. Acesso em: 04 dez. 2025.

ALMEIDA, M. F. B.; GUINSBURG, R.; Coordenadores Estaduais e Grupo Executivo PRN-SBP; Conselho Científico Departamento Neonatologia SBP. **Reanimação do recém-nascido ≥34 semanas em sala de parto: diretrizes 2022**

da Sociedade Brasileira de Pediatria. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Pediatria; 2022. https://doi.org/10.25060/PRN-SBP-2022-2. Acesso em: 06 dez. 2025.

BONIFACIO, S. L.; HUTSON, S. **The term newborn: evaluation for hypoxic-ischemic encephalopathy.** *Clinics in Perinatology*, v. 48, n. 3, p. 681-695, 2021. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34353587/. Acesso em 29 nov. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. ***Atenção à saúde do recém-nascido: guia para os profissionais de saúde.*** 2. ed. atual. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/atencao_saude_recem_nascido_v1.pdf. Acesso em: 04 dez. 2025.

BRASIL. Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. ***Assistência de enfermagem na hipotermia terapêutica no recém-nascido: Caderno 3.*** Brasília, DF: Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, 2022. 29 f. Disponível em: https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/0/CADERNO_3___HIPOTERMIA_TERAPEUTICA.pdf/1a62d0dd-1537-9254-acab-cfd03d2246b5?t=1670518706326. Acesso em: 04 dez. 2025.

COMMITTEE ON FETUS AND NEWBORN *et al.* ***Hypothermia and neonatal encephalopathy*.** Pediatrics, Itasca, v. 133, n. 6, p. 1146–1150, 2014. DOI: 10.1542/peds.2014-0899. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24864176/. Acesso em: 04 dez. 2025.

CRUZ, C. T. *et al.* **Avaliação da dor de recém-nascidos durante procedimentos invasivos em terapia intensiva.** *Revista Dor*, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 197–200, jul./set. 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rdor/a/cWpHWvCPCcjBXLkfcvZWGvg/?lang=pt. Acesso em: 03 dez. 2025.

FIGUEIREDO, A. P. S. A. *et al.* **Cuidados de enfermagem ao recém-nascido com asfixia perinatal submetido à hipotermia terapêutica: uma revisão integrativa da literatura.** Research, Society and Development, v. 10, n. 1, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11893. Acesso em: 01 dez. 2025.

FRANÇA, E. B. *et al.* **Principais causas da mortalidade na infância no Brasil, em 1990 e 2015: estimativas do estudo de Carga Global de Doença**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 20, p. 46-60, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2017000500046&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 08 dez. 2025.

GILLAM-KRAKAUER, M.; SHAH, M.; GOWEN JR, C. W. **Birth Asphyxia.** In: *StatPearls* [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025–. Atualizado em: 5 out. 2024. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK430782/. PMID: 28613533. Acesso em: 29 nov. 2025.

LEITE, P. N. M. *et al.* **Hipotermia terapêutica na encefalopatia hipóxico-isquêmica neonatal: revisão integrativa.** *Revista Enfermagem UERJ,* Rio de Janeiro, v. 28, p.

e42281, 2020. DOI: 10.12957/reuerj.2020.42281. Disponível em: https://www.e-publicacoes.uerj.br/enfermagemuerj/article/view/42281. Acesso em: 04 dez. 2025.

LINS, R. N. P. *et al.* **Percepção da equipe de enfermagem acerca da humanização do cuidado na UTI neonatal.** *Revista Brasileira de Ciências da Saúde*, v. 17, n. 3, p. 225–232, 2013. Disponível em: https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/rbcs/article/view/14021. Acesso em: 04 dez. 2025.

MONTEIRO, P. N. *et al.* **Hipotermia terapêutica na encefalopatia hipóxico-isquêmica neonatal: revisão integrativa.** Revista Enfermagem UERJ, v. 28, e42281, 2020. Disponível em: https://www.saude.df.gov.br/documents/37101/0/CADERNO_3___HIPOTERMIA_TERAPEUTICA.pdf/1a62d0dd-1537-9254-acab-cfd03d2246b5?t=1670518706326. Acesso em: 29 nov. 2025.

MOREIRA, V. M.; DE OLIVEIRA, Y. H.; MAGRI, M. P. de F. **Sistematização da assistência da enfermagem na unidade de terapia intensiva neonatal visando práticas humanizadas / Systematization of nursing assistance in the neonatal intensive care unit aiming humanized practices.** Brazilian Journal of Health Review, *[S. l.]*, v. 5, n. 4, p. 12261–12273, 2022. DOI: 10.34119/bjhrv5n4-026. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/49959. Acesso em: 04 dez. 2025.

MOURA, L. *et al.* **Percepções familiares sobre a visibilidade do enfermeiro atuante em unidade intensiva neonatal e pediátrica.** *Revista Contexto & Saúde*, v. 18, n. 35, p. 104–110, 2018. DOI: 10.21527/2176-7114.2018.35.104-110. Disponível em: https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/contextoesaude/article/view/7878. Acesso em: 04 dez. 2025.

NANDA INTERNATIONAL. **NANDA-I 2025-2026: Diagnósticos de Enfermagem**. 1. ed. [S.l.]: NANDA International, 2025-2026.

NEVES, R. S.; ZIMMERMANN, J.; BROERING, C. V. **UTI neonatal: o que dizem as mães.** *Revista Psicologia, Saúde e Debate*, v. 7, n. 1, p. 187–214, abr. 2021. DOI: 10.22289/2446-922X.V7N1A14.

PRAZERES, L. E. N. *et al.* Atuação do enfermeiro nos cuidados em Unidades de Terapia Intensiva Neonatal: revisão integrativa da literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 6, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14588/13802. Acesso em: 04 dez. 2025.

RIVERO-ARIAS, O. *et al.* **Hypothermia for perinatal asphyxia: trial-based resource use and costs at 6–7 years.** Archives of Disease in Childhood – Fetal and Neonatal Edition, v. 104, n. 3, p. F285–F292, 2019. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29997167/. Acesso em: 04 dez. 2025.

ROCHA, M. C. P. *et al.* **Assistência humanizada na terapia intensiva neonatal: ações e limitações do enfermeiro.** *Saúde em Revista*, v. 15, n. 40, 2015. Disponível

em: https://www.metodista.br/revistas/revistas-unimep/index.php/sr/article/view/2534. Acesso em: 04 dez. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. Departamento Científico de Neonatologia (2019–2021). ***Hipotermia terapêutica.*** São Paulo: Sociedade Brasileira de Pediatria, 2020. Disponível em: https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/22568c-DocCient_-_Hipotermia_Terapeutica.pdf. Acesso em: 04 dez. 2025.

SOUSA, M. T. O. *et al.* **Hipotermia terapêutica em neonatos: revisão narrativa.** Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 15, n. 9, p. e10972, 2022. Disponível em: https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/10972. Acesso em: 03 dez. 2025.

SOUZA, K. M. O.; FERREIRA, S. D. **Assistência humanizada em UTI neonatal: os sentidos e as limitações identificadas pelos profissionais de saúde.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 15, n. 2, p. 471–480, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/csc/a/8VsT64JyztNqythw5hNvfwK/abstract/?lang=pt. Acesso em: 04 dez. 2025.

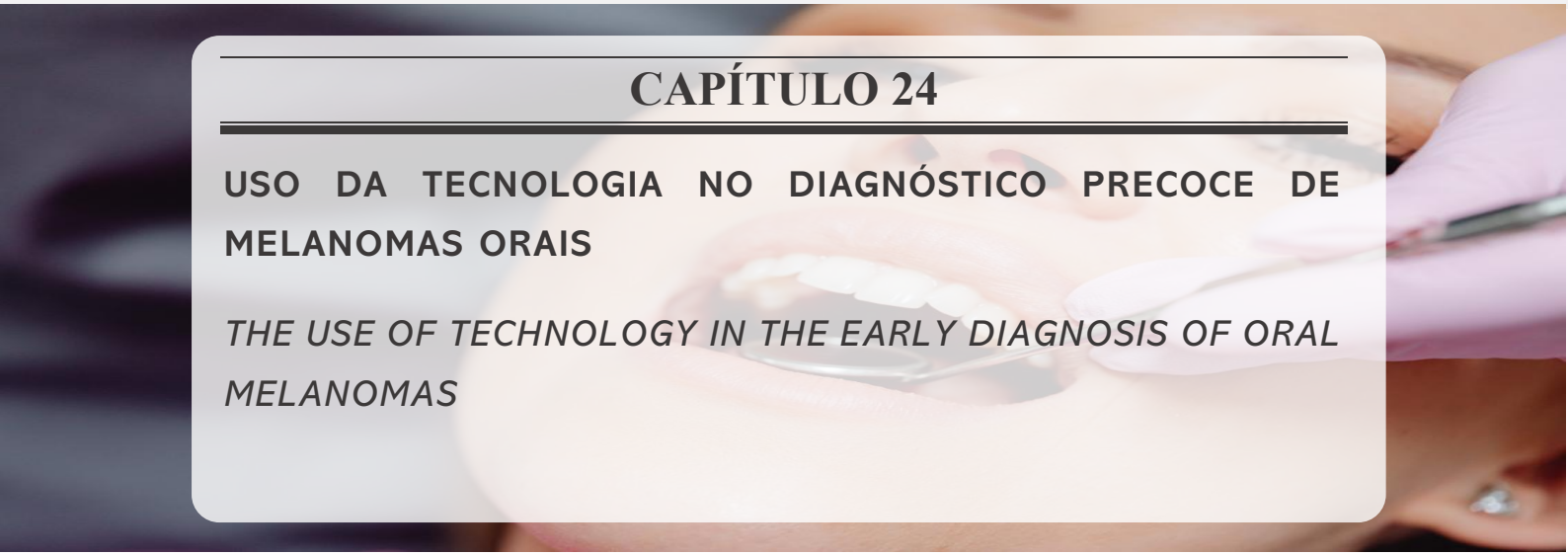
TAGIN, M. A. *et al.* **Hypothermia for neonatal hypoxic ischemic encephalopathy: an updated systematic review and meta-analysis.** Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine, v. 166, n. 6, p. 558–566, 2012. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22312166/. Acesso em: 04 dez. 2025.

UNICEF. ***Levels & Trends in Child Mortality: Estimates developed by the UN Inter-agency Group for Child Mortality Estimation.*** [S. l.: s. n.], 2019. Disponível em: https://www.unicef.org/media/60561/file/UN-IGME-child-mortality-report-2019.pdf. Acesso em: 08 dez. 2025.

WEINER, G. M. *et al.* **Textbook of Neonatal Resuscitation.** 8. ed. American Academy of Pediatrics / American Heart Association, 2021. Disponível em: https://www.newbornwhocc.org/pdf/NRP-8th-Edition.pdf. Acesso em: 29 nov. 2025.

WYCKOFF, M. H. *et al.* **Part 5: Neonatal Resuscitation 2020 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care.** Pediatrics, v. 147, Supplement 1, 2021. Disponível em: https://publications.aap.org/pediatrics/article/147/Supplement%201/e2020038505E/73495/Part-5-Neonatal-Resuscitation-2020-American-Heart?utm_source=chatgpt.com?autologincheck=redirected. Acesso em: 29 nov. 2025.

ZACONETA, C. A. M. *et al.* Asfixia perinatal. In: ***Assistência ao Recém-Nascido de Risco*.** 4. ed., 2019. Disponível em: http://paulomargotto.com.br/asfixia-perinatal-2018/. Acesso em: 29 nov. 2025.



CAPÍTULO 24

USO DA TECNOLOGIA NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DE MELANOMAS ORAIS

THE USE OF TECHNOLOGY IN THE EARLY DIAGNOSIS OF ORAL MELANOMAS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.24

Submetido em: 30/12/2025
Revisado em: 19/01/2026
Publicado em: 29/01/2026

Arthur José dos Santos
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG
http://lattes.cnpq.br/5790445737082645

Arthur Vieira Ferreira
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG
http://lattes.cnpq.br/6581529169736398

Felipe Gabriel Galdi
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG
http://lattes.cnpq.br/8179122120413845

Maria Júlia Reiff Borges
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG
http://lattes.cnpq.br/6007058225564062

Rafaela Rabelo Matta
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG
http://lattes.cnpq.br/6607997690493405

Laura Silva Siano Rodrigues
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG
http://lattes.cnpq.br/7593654899233229

Lydia Silva Provinciali
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG

http://lattes.cnpq.br/7193989427132212

Gisele Maria Campos Fabri

Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG

http://lattes.cnpq.br/0783608022308188

Resumo

O melanoma oral (MO) é uma neoplasia maligna rara classificada entre as lesões pigmentadas bucais, com comportamento agressivo, invasivo e prognóstico desfavorável pelo risco de metástase. Como sítios anatômicos de maior incidência destacam-se mucosa jugal, rebordo alveolar, gengiva e palato. Quanto aos aspectos histopatológicos, melanócitos atípicos da camada basal epitelial são identificados com pleomorfismo, núcleos hipercromáticos e grânulos melânicos. Clinicamente, o MO apresenta contornos assimétricos, margens indefinidas, superfície irregular, variação de tamanho e heterogeneidade cromática. Dito isso, a inteligência artificial (IA), via algoritmos de aprendizagem profunda e redes neurais, auxilia no diagnóstico precoce de neoplasias, por intermédio de análises de imagens dermatoscópicas em redução direta do número de biópsias desnecessárias, além da integração de dados clínicos e genéticos para a prevenção de riscos de forma individualizada. Um diagnóstico de MO é considerado desafiador, devido a sua raridade e localização oculta, levando à detecção tardia com ulcerações ou sintomatologia dolorosa.Além disso, a IA se faz útil por ampliar a precisão diagnóstica de forma padronizada, contribuindo para um estadiamento mais uniforme e a tomada de decisão clínica com segurança. Há de ser compreendida as importantes limitações ainda existentes, como a escassez de bases de dados abrangentes, a variabilidade nas condições de obtenção de imagens, a necessidade de validação em cenários reais e questões éticas relacionadas à privacidade - que restringem sua consolidação definitiva na prática odontológica. Conclui-se que embora seja um avanço significativo, a IA atua como uma ferramenta de suporte ao profissional, de potencial dependente do desenvolvimento de modelos mais integrados e robustos à clínica.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. Melanoma oral. Diagnóstico

Abstract

Oral melanoma (OM) is a rare malignant neoplasm classified among oral pigmented lesions, with aggressive and invasive behavior and an unfavorable prognosis due to the risk of metastasis. The most common anatomical sites are the buccal mucosa, alveolar ridge, gingiva, and palate. Histopathologically, atypical melanocytes of the epithelial basal layer are identified with pleomorphism, hyperchromatic nuclei, and melanic granules. Clinically, OM presents with asymmetrical contours, undefined margins, an irregular surface, size variation, and chromatic heterogeneity. That said, artificial intelligence (AI), via deep learning algorithms and neural networks, assists in the early diagnosis of neoplasms through dermatoscopic image analysis, directly reducing the number of unnecessary biopsies, in addition to integrating clinical and genetic data for individualized risk prevention. Diagnosing oral malformations (OM) is considered challenging due to their rarity and hidden location, leading to late detection with ulcerations or painful symptoms. Furthermore, AI is useful for increasing diagnostic accuracy in a standardized way, contributing to more uniform staging and safer clinical decision-making. However, significant limitations still exist, such as the scarcity of comprehensive databases, variability in image acquisition conditions, the need for validation in real-world scenarios, and ethical issues related to privacy – all of which restrict its definitive consolidation in dental practice. In conclusion, although it represents a significant advancement, AI acts as a support tool for the professional, with its potential dependent on the development of more integrated and robust clinical models.

Keywords: Artificial intelligence. Oral melanoma. Diagnosis

Introdução

O melanoma oral (MO) é uma neoplasia maligna rara, responsável por aproximadamente 0,5% das malignidades orais (Albuquerque *et al*., 2020). Trata-se de uma lesão altamente agressiva e invasiva, e de prognóstico reservado devido ao alto potencial metastático e à baixa taxa de sobrevida observada nos estágios avançados (Archilla e Martínez., 2025; Paruhan e Kelavari., 2025). Sua maior incidência ocorre em indivíduos do sexo feminino, entre a quinta e a sétima década de vida, e acomete preferencialmente a mucosa bucal, gengiva, rebordo alveolar e palato duro (Albuquerque *et al*., 2020; Paruhan e Kelavari., 2025) .Do ponto de vista diagnóstico, o MO constitui um desafio clínico e histopatológico, uma vez que as manifestações iniciais são frequentemente assintomáticas e localizadas em áreas anatômicas de difícil inspeção visual, resultando em detecção tardia e prognóstico desfavorável (Duque *et al*., 2024; Gonçalves *et al*., 2024; Moraes *et al*., 2023)

Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) tem se consolidado como uma ferramenta inovadora e de suporte diagnóstico em Medicina e Odontologia, com especial destaque para o emprego de algoritmos de aprendizagem profunda (*deep learning*), capazes de reconhecer padrões morfológicos e cromáticos sutis em imagens clínicas, dermatoscópicas e histopatológicas (Abdalla *et al.,* 2024; Liu *et al*., 2023). Esses modelos permitem análise automatizada e objetiva, reduzindo variabilidades interobservadores e contribuindo para a melhoria da acurácia diagnóstica e da eficiência dos fluxos clínicos (Abdalla *et al.,* 2024; Chamberlaim *et al*., 2023)

Na Odontologia, a integração entre IA e dermatoscopia digital, bem como a análise conjunta de dados clínicos, histopatológicos e genéticos — incluindo mutações no gene *p53* e histórico familiar de melanoma — tem se mostrado promissora para o reconhecimento automatizado de MO e predição de risco individualizado (Duque *et al*., 2024; Gonçalves *et al*., 2024; Moraes *et al*., 2023). Contudo, o desempenho e a confiabilidade dos modelos de IA baseados em imagem dependem diretamente da qualidade, diversidade e representatividade dos conjuntos de dados empregados nas fases de treinamento e validação, destacando-se a necessidade de bancos de dados amplos, bem curados e eticamente estruturados (Liu *et al*., 2023).

Dessa forma, este capítulo tem como objetivo apresentar e discutir o papel da Inteligência Artificial no diagnóstico precoce do melanoma oral, abordando seus fundamentos teóricos, principais aplicações na área médica e odontológica, bem como os

resultados obtidos em pesquisas recentes. Além disso, são analisados os desafios técnicos e éticos envolvidos e as perspectivas futuras para a integração segura e eficaz dessa tecnologia à prática clínica odontológica.

Metodologia

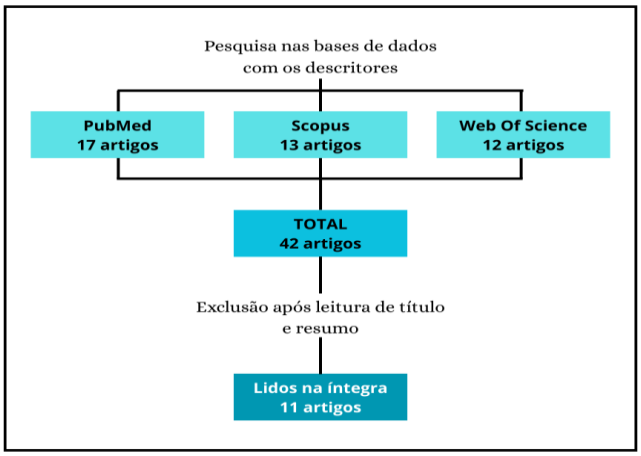
Foi realizada uma busca bibliográfica nas bases de dados PubMed, Scopus e Web Of Science, utilizando os descritores em inglês combinados por operadores booleanos: *"oral melanoma"* e *"artificial intelligence"*. Foram incluídos artigos publicados entre 2015 e 2025, disponíveis em texto completo, que abordassem a aplicação de métodos de IA no diagnóstico, detecção, classificação ou diferenciação de lesões melanocíticas.

Excluíram-se revisões duplicadas e aquelas que não descreviam metodologias envolvendo IA. Após a triagem dos títulos e resumos, os textos elegíveis foram analisados integralmente, e as informações extraídas incluíram: tipo de algoritmo empregado, base de dados utilizada, tipo de imagem analisada (clínica, histopatológica ou radiográfica), desempenho diagnóstico e principais limitações apontadas. Os resultados foram organizados de forma descritiva, permitindo a identificação das tendências e desafios atuais na aplicação da IA para o diagnóstico do melanoma oral.

Resultados

Durante a busca nas bases de dados, foram identificados 41 artigos publicados entre 2015 e 2025. Após a leitura dos títulos e resumos, e conforme os critérios de exclusão estabelecidos, 11 estudos foram selecionados para compor a amostra final desta revisão. A seguir, foi realizada a leitura crítica integral dos artigos selecionados, com o objetivo de identificar a aplicação da IA no diagnóstico precoce do MO.

Figura 1: Fluxograma do processo de seleção de artigos incluídos na revisão



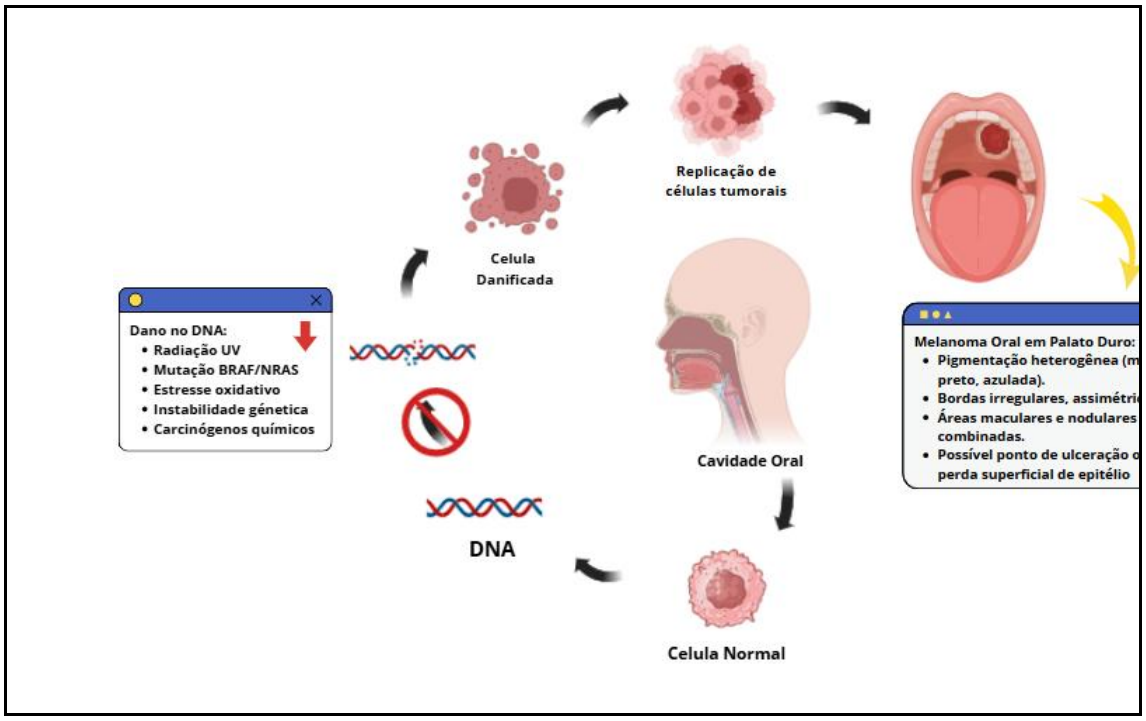
Discussão

- **2.1 – Melanoma oral: aspectos clínicos e histopatológicos relevantes**

Clinicamente, o MO manifesta-se como uma lesão melanocítica assimétrica, de margens e superfícies irregulares, caracterizada por heterogeneidade cromática com tons acastanhados, azulados ou enegrecidos, resultantes da distribuição desigual da melanina nos estratos epiteliais e conjuntivos (Albuquerque *et al*., 2020; Paruhan e Kelavari., 2025). Os sítios anatômicos de predileção incluem a mucosa bucal, o rebordo alveolar, a gengiva e o palato, e o diagnóstico diferencial frequentemente envolve lesões pigmentadas benignas e melanoses reacionais (Grillo *et al*., 2020). Também foi observado padrões e tendências semelhantes em diferentes estratificações com base na localização da lesão na pele. Essa descoberta enfatiza um aspecto crucial: fatores como exposição solar e tipo de pele, discerníveis em imagens faciais, não apenas aumentam o risco de câncer de pele facial, mas também afetam outras partes do corpo (Liu *et al.*, 2024). A prevalência do MO varia conforme a população estudada, sendo mais comum em pacientes do sexo feminino, entre 50 e 70 anos, de acordo com a maioria dos estudos (Albuquerque *et al*., 2020; Archilla e Martínez., 2025; Paruhan e Kelavari., 2025). Globalmente, embora a incidência seja baixa, o MO apresenta altas taxas de mortalidade, sobretudo devido ao diagnóstico tardio e ao comportamento biológico agressivo da neoplasia (Grillo *et al*., 2020; Neville *et al*., 2016)

Histopatologicamente, o MO é caracterizado pela proliferação de melanócitos atípicos localizados predominantemente na camada basal do epitélio da mucosa oral, os quais exibem acentuado pleomorfismo nuclear, hipercromasia e citoplasma repleto de grânulos de melanina (Grillo *et al*., 2020; Neville *et al*., 2016). O padrão de crescimento pode manifestar-se nas formas in situ, invasiva ou mista, sendo esta última a apresentação mais frequentemente observada. A avaliação anatomopatológica permanece como o método padrão-ouro para o estabelecimento do diagnóstico definitivo, permitindo determinar com precisão o grau de invasão tumoral e contribuir para a estimativa prognóstica. Assim, o foco deve ser o relato consistente da incidência de células tumorais isoladas (CTIs) e micrometástases em grandes populações de pacientes bem definidas, utilizando métodos padronizados. (Sreeram *et al.*, 2025)

Figura 2. Ilustração do processo de dano ao DNA e da transformação celular que pode culminar no desenvolvimento de melanoma na cavidade oral.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025. Fatores que induzem alterações genéticas, a progressão de células normais para células tumorais e as principais características clínicas do melanoma, como pigmentação heterogênea e bordas irregulares.

No que se refere ao diagnóstico do MO, sua identificação clínica é frequentemente dificultada pela semelhança com outras lesões pigmentadas da mucosa oral, circunstância que pode retardar o reconhecimento precoce da malignidade (Duque *et al*., 2024; Gonçalves *et al*., 2024; Moraes *et al*., 2023). Nessa perspectiva, a realização de biópsia incisional constitui etapa imprescindível para a confirmação diagnóstica, sendo indispensável a análise histopatológica minuciosa para a diferenciação adequada entre lesões melanocíticas benignas e o correto estadiamento das lesões malignas.

Para aprimorar esse processo de diagnóstico e estadiamento, a normalização computacional de imagens histológicas coradas com H&E (hematoxilina e eosina) apresenta avanços relevantes, embora ainda enfrente desafios metodológicos e tecnológicos, configurando um campo promissor para o futuro (Hoque *et al.*, 2023). E ainda se destaca a necessidade de explorar vias algorítmicas guiadas por IA integradas a recursos interativos de aplicativos de mHealth, possibilitando respostas mais rápidas e resolução eficiente de problemas relacionados às OAMs (Medicações Orais Anticâncer) , com menor custo e ônus tanto para os pacientes quanto para os profissionais de saúde (Chow e Tan., 2024).

- **2.2 – O uso da Inteligência Artificial na Medicina e na Odontologia**

A IA tem demonstrado ampla aplicabilidade na área da saúde, com destaque para dermatologia, radiologia e patologia, atuando como ferramenta de suporte diagnóstico e de rastreamento precoce de neoplasias (Abdalla *et al.,* 2024; Liu *et al*., 2023). Uma de suas principais vantagens em oncologia é a capacidade de integrar dados de imagem a informações clínicas e genômicas, auxiliando na tomada de decisão (Semerci *et al.*, 2023). Nesse contexto, os avanços em IA são essenciais para aumentar a eficiência dos serviços de saúde, especialmente diante da crescente demanda por atendimentos. Entre as estratégias promissoras, destaca-se o uso de modelos de difusão, como o GLIDE, capazes de gerar imagens sintéticas para suprir a escassez de dados em dermatologia, fortalecendo o treinamento de modelos de IA (Shavlokhova *et al.*, 2023).

Além do GLIDE, os algoritmos de aprendizagem profunda, como as redes neurais convolucionais (CNNs), vêm sendo empregados na análise de imagens clínicas e histopatológicas, proporcionando maior acurácia diagnóstica e automatização de processos com alta precisão (Abdalla *et al.,* 2024; Liu *et al*., 2023). Essa tecnologia também tem sido incorporada à radiologia odontológica e à patologia oral, favorecendo a padronização diagnóstica e a detecção de anomalias sutis. Nesse âmbito, foram propostas técnicas automáticas para mensurar a profundidade de invasão tumoral, permitindo estudar o crescimento neoplásico e o comportamento invasivo das células do carcinoma. Neste estudo, os autores demonstraram que o método apresenta elevada repetibilidade e reprodutibilidade, contribuindo para avaliações homogêneas entre amostras. Tais avanços reforçam a importância de métodos computacionais consistentes para aprimorar a mensuração tumoral e apoiar o diagnóstico (Hoque *et al.*, 2023).

No campo da dermatologia, algoritmos aplicados à análise de imagens dermatoscópicas já demonstram acurácia elevada na identificação de diferentes condições cutâneas, incluindo câncer de pele, ampliando a capacidade diagnóstica de especialistas (Shavlokhova *et al.*, 2023). Apesar dos progressos, permanece a necessidade de desenvolver métodos mais robustos para auxiliar no diagnóstico de adenocarcinoma, melanoma e carcinoma de células escamosas, especialmente em cenários onde os sistemas de predição disponíveis são insuficientes (Hoque *et al.*, 2023). Direções futuras incluem o avanço de técnicas de IA explicável e extração de características radiômicas de imagens, como forma, textura e intensidade, capazes de oferecer transparência e suporte

seguro à decisão clínica e ainda integrar modelos de aprendizado de máquina para prever gravidade e resposta terapêutica (Semerci *et al.*, 2024).

Os sistemas inteligentes podem auxiliar na triagem inicial, na identificação de padrões morfológicos imperceptíveis e na definição do diagnóstico final, reduzindo biópsias e encaminhamentos desnecessários (Chamberlaim *et al*., 2023). Destaca-se o alto potencial do uso de imagens faciais em modelos de aprendizado profundo para o rastreamento direcionado do câncer de pele. A nova abordagem baseada em IA que apresentada elimina a necessidade de coletar informações por meio de questionários extensos, coleta de DNA, genotipagem ou avaliações presenciais. No entanto, antes de ser integrada a programas de rastreamento personalizados, é necessária uma validação adicional em amostras populacionais diversas e em ambientes menos padronizados (Liu *et al.*, 2024). A IA aplicada a imagens de smartphones para detecção de câncer aproveita sensores avançados e redes 5G/6G para análise rápida e precisa. O uso de câmeras de alta resolução e computação em nuvem permite diagnósticos mais ágeis, enquanto a integração em ecossistemas de saúde inteligente favorece a detecção precoce e tratamentos personalizados. Com novas gerações de sensores, a análise em tempo real será ainda mais eficiente e acessível. (Song e Liang, 2025). Entretanto, alguns estudos utilizados, apresentaram preocupações quanto ao risco de viés devido ao desenho aberto e à impossibilidade de mascarar participantes e profissionais, o que era esperado dada a natureza da intervenção com o aplicativo móvel (Chow e Tan., 2024). Além disso, a relação custo-benefício da IA deve ser avaliada conforme o contexto, considerando tanto os custos da tecnologia quanto os tratamentos subsequentes ao diagnóstico, sendo que a análise de evidências do mundo real pode esclarecer como melhorias na precisão impactam essa relação (Rossi *et al.*, 2022). Por fim, a utilização de imagens sintéticas demonstrou melhorar o desempenho dos modelos, reforçando o valor da combinação de dados originais e sintéticos em aplicações dermatológicas e indicando potencial para auxiliar a prática clínica (Shavlokhova *et al.*, 2023).

- **2.3 – Aplicação da IA no diagnóstico de melanoma oral**

Na Odontologia, a IA tem sido aplicada à análise integrada de dados clínicos, histopatológicos e genéticos, incluindo mutações em genes como *p53* e histórico familiar de melanoma, permitindo o reconhecimento automatizado do MO e a predição de risco individualizado (Duque *et al*., 2024; Gonçalves *et al*., 2024; Moraes *et al*., 2023). A radiogenômica, que combina dados radiômicos e genômicos, permite o desenvolvimento

de biomarcadores de imagem não invasivos que refletem o perfil molecular dos tumores (Semerci *et al.*, 2024). Estudos comparativos evidenciam índices elevados de acurácia, sensibilidade e especificidade em modelos de IA treinados com imagens clínicas e histológicas de melanomas, desde que baseados em bancos de dados amplos e padronizados (Abdalla *et al.,* 2024; Liu *et al*., 2023). Com efeito, os sistemas de estadiamento devem evoluir de modelos puramente anatômicos para modelos que reflitam tanto a patogênese molecular da doença quanto os resultados reais dos pacientes, abrindo caminho para decisões de tratamento mais precisas e personalizadas, além de futuras atualizações baseadas em dados robustos em nível populacional. (Sreeram *et al.*, 2025)

Algoritmos bem treinados têm apresentado desempenho comparável ou até superior ao de especialistas humanos na identificação de lesões melanocíticas, especialmente nas fases iniciais da doença, evidenciando o potencial dessas ferramentas no apoio ao diagnóstico de precisão (Chamberlaim *et al*., 2023). Entretanto, a mensuração acurada da profundidade de invasão permanece um desafio significativo, sobretudo pela ausência de uma verdade fundamental objetiva ou de um padrão ouro que permita validar plenamente esses métodos (Hoque *et al.*, 2023).

No contexto do Prognóstico Auxiliado por Computador (CAP), observa-se que, embora os modelos possam alcançar alta acurácia, sua aplicabilidade clínica é limitada pela falta de transparência: os sistemas geralmente não explicam seus mecanismos de inferência nem justificam suas decisões. Como consequência, torna-se improvável que profissionais da saúde confiem em resultados provenientes de modelos de “caixa-preta” ou baseiam seus julgamentos exclusivamente nessas predições (Maouche *et al.*, 2023). Em um trabalho realizado por Suet May Chow et al., ainda se observou que nenhuma das técnicas de IA existentes, incluindo o método proposto por eles, são capazes de serem precisas e robustas o suficiente para ensaios clínicos automatizados de rotina (Chow e Tan., 2024).

Figura 3. Benefícios da Inteligência Artificial no diagnóstico de lesões bucais.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025. IA = Inteligência Artificial; CD = Cirurgião Dentista. Representação esquemática da aplicação da Inteligência Artificial na prática odontológica, destacando seus benefícios no diagnóstico de lesões bucais, como aumento da precisão diagnóstica, melhoria do prognóstico, suporte terapêutico e otimização do processo clínico.

- **2.4 – Desafios e barreiras**

O desempenho dos modelos de IA depende diretamente da qualidade, diversidade e representatividade dos dados utilizados no treinamento. Na Odontologia, a escassez de bancos de dados públicos com imagens intraorais padronizadas representa uma limitação crítica para o desenvolvimento de ferramentas confiáveis (Liu *et al*., 2023; Maouche *et al.*, 2023). A obtenção desses datasets é dificultada por questões de privacidade, acesso restrito a informações sensíveis e pelo caráter lento e complexo da aquisição de dados clínicos (Shavlokhova *et al.*, 2023). A falta desses bancos ainda favorece o surgimento de vieses, uma vez que os modelos tendem a se ajustar à classe majoritária, comprometendo a generalização e a acurácia diagnóstica em cenários clínicos reais (Maouche *et al.*, 2023).

Ainda deve-se considerar que a variação nos parâmetros de iluminação, resolução, distância focal e angulação fotográfica compromete a consistência dos dados de entrada e, consequentemente, afeta a robustez dos algoritmos diagnósticos (Duque *et al*., 2024; Gonçalves *et al*., 2024; Moraes *et al*., 2023). Uma tendência importante é o uso de dispositivos de imagem conectados a smartphones, que surgem como alternativa às câmeras internas dos aparelhos, cuja diversidade de modelos e especificações dificulta a padronização diagnóstica. Com sensores de alta qualidade disponíveis a baixo custo em

placas compactas que podem ser conectadas por fio ou sem fio, torna-se viável criar instrumentos portáteis e acessíveis para aplicações médicas. Esses sistemas oferecem imagens mais consistentes, protocolos uniformes e maior confiabilidade clínica, além de serem adaptáveis à evolução dos smartphones, já que os sensores externos mantêm compatibilidade por meio de conexões simples como cabo on-the-go (OTG), Bluetooth ou Wi-Fi. Essa flexibilidade permite que profissionais de saúde atualizem seus dispositivos sem substituir todo o sistema, reduzindo custos e garantindo longevidade tecnológica. (Song e Liang, 2025). Além disso, a limitada disponibilidade de informações sobre custos de pesquisa, operação e administração, bem como sobre os mecanismos de pagamento envolvidos na incorporação da IA aos sistemas de saúde, impede a elaboração de comparações econômicas mais detalhadas (Rossi *et al.*, 2022). Essas inconsistências de aquisição de imagem frequentemente resultam em medições imprecisas da profundidade de invasão tumoral.

O uso clínico da IA levanta desafios éticos significativos relacionados à privacidade dos dados, anonimização de imagens e consentimento informado, tornando indispensável o cumprimento de diretrizes internacionais de segurança e proteção de dados sensíveis (Liu *et al*., 2023). A forma de interpretar as decisões geradas por IA constitui outro ponto crítico, uma vez que a falta de transparência pode gerar desconfiança e hesitação quanto ao uso dessas ferramentas (Semerci *et al.*, 2024; Maouche *et al.*, 2023). Para que as decisões clínicas sejam informadas e seguras, os profissionais precisam compreender a lógica subjacente às conclusões produzidas pelos algoritmos (Shavlokhova *et al.*, 2023).

Apesar dos avanços, a aplicação da IA deve ocorrer de forma complementar ao julgamento clínico humano, exigindo supervisão contínua por profissionais qualificados para assegurar segurança e confiabilidade diagnóstica (Chamberlaim *et al*., 2023). Estudos indicam que nenhuma técnica de IA disponível apresenta precisão e robustez suficientes para substituir avaliações clínicas de rotina de forma totalmente automatizada. Um dos aspectos mais trabalhosos nos experimentos de Hoque et al. foi justamente a necessidade de garantir a objetividade, exigindo verificação manual da acurácia de cada medição por patologistas para estabelecer uma verdade base (Hoque *et al.*, 2023). A implementação bem-sucedida dessa tecnologia ampliará o acesso a ferramentas de diagnóstico de ponta, permitindo triagens no próprio local de atendimento, beneficiando populações de alto risco e contribuindo para melhores resultados de saúde em escala global. (Song e Liang, 2025). Assim, embora a IA possa auxiliar na tomada de decisões

complexas, ela deve ser utilizada como suporte, e não como substituta de especialistas, especialmente porque médicos podem discordar das recomendações algorítmicas, alterando a precisão final do diagnóstico (Semerci *et al.*, 2024; Rossi *et al.*, 2022).

Conclusão

A análise conjunta dos aspectos clínicos, histopatológicos e tecnológicos evidencia que, embora a IA apresente potencial significativo para aprimorar o diagnóstico do melanoma oral, sua aplicação ainda é limitada pela escassez de bancos de dados robustos, pela falta de padronização das imagens e pela reduzida quantidade de estudos específicos sobre essa neoplasia. Assim, torna-se evidente a necessidade de investigações mais amplas, metodologicamente sólidas e voltadas à realidade clínica, a fim de validar modelos mais transparentes, confiáveis e aplicáveis à prática odontológica. O avanço desses estudos é fundamental para que a IA possa ser incorporada de forma segura e efetiva ao diagnóstico precoce do melanoma oral, contribuindo para melhores desfechos prognósticos e maior precisão nas condutas clínicas.

Referências

ABDALLA, A. R. et al. Deep Learning Algorithms for the Detection of Suspicious Pigmented Skin Lesions in Primary Care Settings: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Cureus**, 22 jul. 2024.

ALBUQUERQUE, DM. et al. Oral pigmented lesions: a retrospective analysis from Brazil. **Medicina Oral Patología Oral y Cirugia Bucal**, p. e284–e291, 2020.

CHAMBERLAIM, A. et al. Inteligência Artificial (IA) e suas aplicações em exames de imagem: uma nova era para diagnósticos na área da saúde. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 15, n. 12, p. 17605-17624, 2023.

CHOW, S. M.; TAN, B. K.. Efficacy of mobile health applications on oral anticancer medications adherence and symptoms: a systematic review and meta-analysis. **Supportive Care in Cancer**, New York, v. 32, p. 426, 12 jun. 2024.

DUQUE et al. Avanços na dermatoscopia digital para caracterização e monitoramento de lesões. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 7, n. 4, p. e71957–e71957, 16 ago. 2024.

GONÇALVES, F. L. et al. Utilização de ferramentas de Inteligência Artificial (IA) no diagnóstico de imagem. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 11, p. e64131147312, 11 nov. 2024.

GRILLO, P. et al. An unusual case of melanoma metastasis in the buccal space: learning by mistakes to distinguish it from salivary neoplasms. **Oral Radiology**, v. 37, n. 1, p. 146–152, 9 ago. 2020.

HEIJDEN, T. G. W. et al. Exploring the role of health-related quality of life measures in predictive modeling for oncology: a systematic review. **Quality of Life Research**, New York, v. 34, p. 305–323, 9 dez. 2024.

HOQUE, Md. Z et al. Invasion depth estimation of carcinoma cells using adaptive stain normalization to improve epidermis segmentation accuracy. **Computerized Medical Imaging and Graphics,** Amsterdam, v. 108, p. 102276, 31 jul. 2023.

LIU, Y. et al. Artificial intelligence for the classification of pigmented skin lesions in populations with skin of colour: A systematic review. **Dermatology**, 21 mar. 2023.

LIU, X. et al. Previsão do risco de câncer de pele a partir de imagens faciais com uma abordagem baseada em inteligência artificial explicável (XAI): um estudo de prova de conceito. **eClinicalMedicine**, v. 71, p. 102550, 2024.

MAOUCHE, I. et al. An explainable AI approach for breast cancer metastasis prediction based on clinicopathological data. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, New York, v. 70, n. 12, p. 3321-3329, dez. 2023.

MORAES et al. Impacto da tecnologia de inteligência artificial na medicina diagnóstica. Revista Ibero-Americana de Humanidades, **Ciências e Educação**, v. 9, n. 7, p. 1303–1214, 21 ago. 2023.

NEVILLE, B.W. et al. Patologia Oral e Maxilofacial (4ª edição) London: **Elsevier Health Sciences Brazil**, 2016.

PARUHAN, N.; KELAVARI, F. Malignant melanoma of the oral cavity: A case report. **International Journal of Surgery Case Reports**, v. 128, p. 110902, 28 jan. 2025.

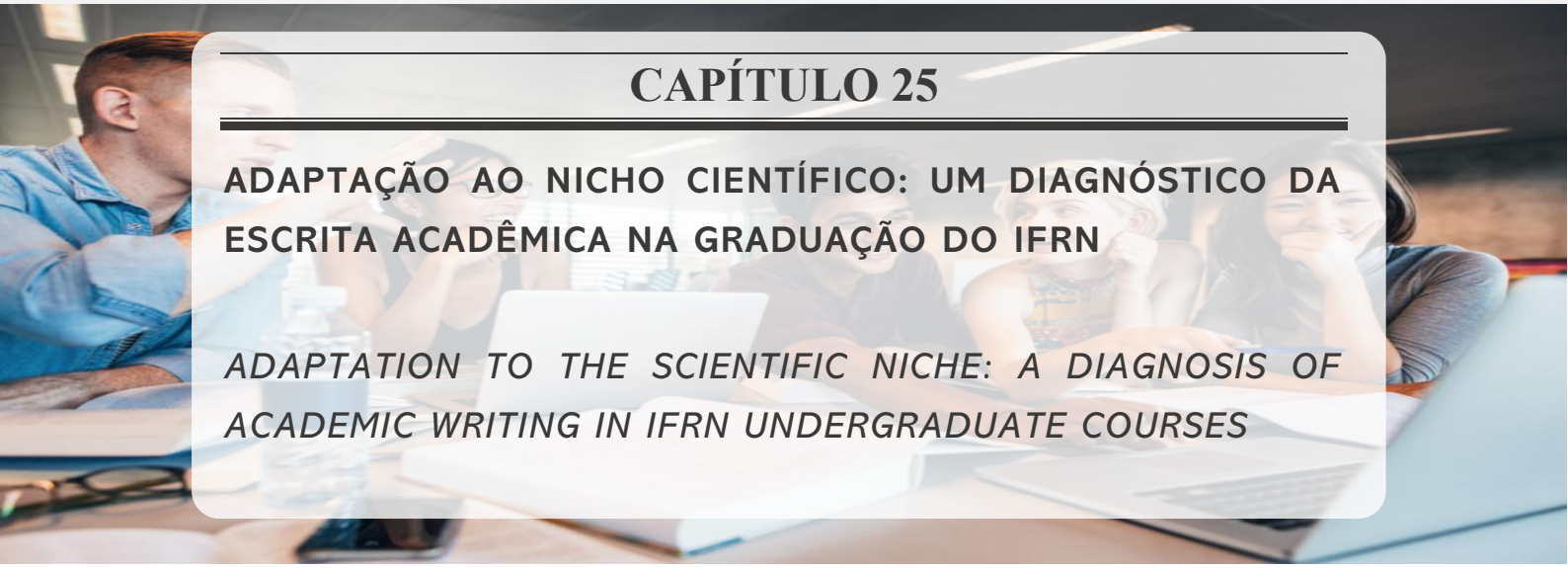
ROSSI, J. et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence as a decision-support system applied to the detection and grading of melanoma, dental caries, and diabetic retinopathy. **JAMA Network Open**, Chicago, v. 5, n. 3, p. e220269, 15 mar. 2022

SEMERCI, Z. et al. The role of artificial intelligence in early diagnosis and molecular classification of head and neck skin cancers: a multidisciplinary approach. **Diagnostics, Basel**, v. 14, n. 14, p. 1477, 10 jul. 2024.

SHAVLOKHOVA, V et al. Finetuning of GLIDE stable diffusion model for AI-based text-conditional image synthesis of dermoscopic images. **Frontiers in Medicine**, Lausanne, v. 10, p. 1231436, 20 out. 2023.

SREERAM, M. P. et al. Micrometastases and isolated tumor cells in oral squamous cell carcinoma: refining nodal staging with emerging technologies. **Head and Neck Pathology**, New York, v. 19, p. 106, 2 set. 2025.

SONG, B.; LIANG, R.. Integração de inteligência artificial com imagens obtidas por smartphone para detecção de câncer in vivo. **Biosensors and Bioelectronics**, v. 271, p. 116982, 2025.



CAPÍTULO 25

ADAPTAÇÃO AO NICHO CIENTÍFICO: UM DIAGNÓSTICO DA ESCRITA ACADÊMICA NA GRADUAÇÃO DO IFRN

ADAPTATION TO THE SCIENTIFIC NICHE: A DIAGNOSIS OF ACADEMIC WRITING IN IFRN UNDERGRADUATE COURSES

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.25

Submetido em: 02/02/2026
Revisado em: 05/02/2026
Publicado em: 06/02/2026

Lara Sophia Costa Albuquerque

Discente do Curso Técnico em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros, RN.

https://orcid.org/0009-0001-7366-6132

http://lattes.cnpq.br/5469461862354986

Emilly Gabriela Moreira Silva

Discente do Curso Técnico em Alimentos. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros, RN.

https://orcid.org/0009-0003-3331-5607

http://lattes.cnpq.br/2870266838763240

Maria José de Holanda Leite

Doutora em Ciências Florestais. Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros.

https://orcid.org/0000-0003-4154-3901

http://lattes.cnpq.br/9553311470144119

Andréa de Vasconcelos Freitas Pinto

Doutora em Ciências Florestais. Docente da Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias.

https://orcid.org/0000-0002-9306-418X
http://lattes.cnpq.br/9783177648517463
Rodrigo Mateus Lima Ribeiro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Pau dos Ferros, RN.
https://orcid.org/0000-0002-2869-4417
http://lattes.cnpq.br/5089914037590989

Resumo

A escrita acadêmica (EA) constitui uma competência essencial na formação superior, por possibilitar a produção, organização e comunicação do conhecimento científico. Apesar de sua importância, dificuldades recorrentes em sua apropriação têm sido observadas entre estudantes universitários, o que pode comprometer tanto a qualidade da aprendizagem quanto a eficácia da formação profissional. Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as principais dificuldades relacionadas à produção textual acadêmica nos cursos de graduação do IFRN, Campus Pau dos Ferros, assumindo-se a hipótese de que tais dificuldades possuem caráter estrutural e institucional, não se restringindo a cursos ou áreas específicas, e refletem lacunas na formação acadêmica que podem ser endereçadas por intervenções pedagógicas sistemáticas. A pesquisa foi conduzida no IFRN Campus Pau dos Ferros, no período de agosto de 2025 a janeiro de 2026, por meio da aplicação de questionário estruturado a 71 discentes dos cursos de Licenciatura em Química (QUI), Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS), Tecnologia em Agroindústria (AGR) e Especialização em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido (EAGSA). Os dados obtidos foram analisados de forma quantitativa, permitindo identificar as etapas do processo de escrita em que os discentes apresentam maiores limitações. Os resultados indicaram que a organização das ideias antes do início da redação constituiu um dos principais entraves, com percentuais elevados nos cursos de QUI (85%), ADS (48%) e EAGSA (50%). No tocante à utilização das regras de formatação, observou-se desempenho consistente, com índices elevados em todos os cursos: 50% em QUI, 48% em ADS, 52% em AGR e 57% em EAGSA, evidenciando a presença de dificuldades estruturais recorrentes. Quanto à construção de parágrafos coerentes e coesos, os percentuais variaram entre 25% e 35%, destacando a necessidade de aprimoramento em habilidades de coesão textual. Adicionalmente, os gêneros acadêmicos mais complexos, especialmente o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), foram indicados como os que mais desafiam os discentes, em função da extensão da escrita e da necessidade de articular fundamentação teórica, metodologia e argumentação científica de maneira integrada. De modo geral, concluí-se que os entraves à escrita acadêmica possuem caráter estrutural, refletindo lacunas na formação superior e a necessidade de intervenções pedagógicas sistemáticas. Diante disso, recomenda-se a implementação de estratégias institucionais contínuas para o fortalecimento do ensino da escrita acadêmica, incluindo oficinas, laboratórios de escrita e mentorias especializadas, bem como a expansão de estudos semelhantes para outros campi e cursos do IFRN. Tais medidas poderão contribuir para a melhoria da proficiência acadêmica dos discentes, fortalecendo sua capacidade de produção científica, argumentação e comunicação técnica, competências essenciais para a atuação profissional no contexto contemporâneo.

Palavras-Chave: Produção textual; Intervenção pedagógica; Alfabetização científica; Formação discente.

Abstract

Academic writing (AW) constitutes an essential competence in higher education, as it enables the production, organization, and communication of scientific knowledge. Despite its importance, recurring difficulties in its acquisition have been observed among university students, which may compromise both the quality of learning and the effectiveness of professional training. In this context, the present study aimed to analyze the main difficulties related to academic writing in the undergraduate programs at IFRN, Campus Pau dos Ferros, assuming the hypothesis that such difficulties have a structural and institutional nature, are not restricted to specific courses or fields, and reflect gaps in academic training that can be addressed through systematic pedagogical interventions. The research was conducted at the IFRN Pau dos Ferros Campus between August 2025 and January 2026, through the application of a structured questionnaire to 71 students enrolled in the Bachelor's in Chemistry (QUI), Analysis and Systems Development Technology (ADS), Agroindustry Technology (AGR), and Specialization in Environmental Education and Semi-Arid

Geography (EAGSA) programs. The data obtained were analyzed quantitatively, allowing the identification of the stages in the writing process where students exhibited the greatest limitations. The results indicated that the organization of ideas prior to beginning the writing process constituted one of the main obstacles, with high percentages in the QUI (85%), ADS (48%), and EAGSA (50%) courses. Regarding the application of formatting rules, consistent performance was observed, with high indices across all courses: 50% in QUI, 48% in ADS, 52% in AGR, and 57% in EAGSA, evidencing the presence of recurring structural difficulties. Concerning the construction of coherent and cohesive paragraphs, percentages ranged from 25% to 35%, highlighting the need to improve textual cohesion skills. Additionally, more complex academic genres, especially the undergraduate final project (TCC), were identified as the most challenging for students, due to the length of the writing and the necessity to integrate theoretical foundation, methodology, and scientific argumentation. Overall, it was concluded that the obstacles to academic writing have a structural nature, reflecting gaps in higher education and the need for systematic pedagogical interventions. Therefore, the implementation of continuous institutional strategies to strengthen the teaching of academic writing is recommended, including workshops, writing laboratories, and specialized mentoring, as well as the expansion of similar studies to other campuses and courses at IFRN. Such measures could contribute to improving students' academic proficiency, enhancing their ability to produce scientific work, develop arguments, and communicate technically, all of which are essential competencies for professional practice in contemporary contexts.

Keywords: Text production; Pedagogical intervention; Scientific literacy; Student training.

Introdução

A produção textual no ensino superior exerce papel estruturante na organização, sistematização e circulação do conhecimento científico, além de contribuir para o desenvolvimento de competências essenciais à formação universitária, como leitura crítica, argumentação e comunicação escrita (Carlino, 2013). Essa prática distingue-se de outras modalidades de escrita por demandar formalidade, precisão lexical e adequação aos gêneros e às normas que regulam o discurso científico, constituindo um dos principais instrumentos de legitimação do saber acadêmico (Grespan, 2019).

No contexto da graduação, tais práticas materializam-se em diferentes gêneros, a exemplo de resenhas, relatórios, projetos de pesquisa, artigos científicos e trabalhos de conclusão de curso, os quais desempenham função central na produção e na socialização do conhecimento nas universidades (Bazerman, 2004; Swales, 1990). A elaboração desses textos pressupõe não apenas domínio da língua escrita, mas também compreensão das convenções discursivas do campo científico, articulação entre referenciais teóricos e dados empíricos, uso ético das fontes e observância das normas formais exigidas na academia (Figueiredo & Bonini, 2006; Rigo *et al*., 2018). Trata-se, portanto, de um processo complexo e recursivo, que envolve etapas de planejamento, textualização, revisão e reescrita, orientadas por critérios institucionais e avaliativos (Flower & Hayes, 1981).

Apesar de sua importância na formação superior, estudos indicam que parcela expressiva dos estudantes ingressa na universidade sem domínio consolidado das competências necessárias à produção de textos científicos, o que repercute negativamente no rendimento acadêmico, na permanência nos cursos e na participação em atividades de pesquisa e extensão (Duarte & Azevedo, 2018; Losch *et al*., 2023), evidenciando que o desenvolvimento dessas competências não ocorre de forma espontânea ao longo da graduação, exigindo intervenções pedagógicas sistemáticas e deliberadamente planejadas.

Os entraves enfrentados pelos estudantes extrapolam aspectos meramente formais e envolvem dimensões cognitivas, pedagógicas e formativas que atravessam a trajetória universitária (Lea & Street, 2006). Entre os problemas mais recorrentes destacam-se limitações na organização e hierarquização das ideias, fragilidades argumentativas, inadequações de coesão e coerência, além do uso impreciso da norma-padrão e do não atendimento às exigências normativas da produção científica (Figueiredo & Bonini, 2006; Rigo *et al*., 2018); Machado, 2023). A persistência desses obstáculos, inclusive em etapas mais avançadas dos cursos, revela lacunas na forma como a produção textual tem sido abordada nos currículos, frequentemente de maneira fragmentada e pouco articulada às práticas de leitura, pesquisa e construção do conhecimento (Balbino & Cabanas, 2023).

Parte dessas fragilidades está relacionada à formação anterior dos estudantes, especialmente no ensino médio, que nem sempre assegura preparação adequada para as demandas discursivas do ensino superior (Duarte & Azevedo, 2018). Nessa etapa, a escrita tende a ser tratada de modo excessivamente escolarizado, com ênfase normativa e avaliativa, o que limita o desenvolvimento de práticas discursivas mais complexas e socialmente contextualizadas (Lea & Street, 2006), e como consequência, muitos ingressam na universidade com domínio restrito dos gêneros acadêmicos e das convenções que orientam a produção e a validação do conhecimento científico.

Esse descompasso impacta diretamente o desempenho acadêmico e a inserção dos estudantes em práticas científicas institucionais, como projetos de pesquisa, produção de artigos e elaboração de trabalhos de conclusão de curso (Losch *et al*., 2023; Machado, 2023). Ademais, a permanência dessas limitações pode gerar insegurança acadêmica, comprometer a autonomia intelectual e reforçar desigualdades no acesso às práticas científicas legitimadas.

Sob a perspectiva dos letramentos acadêmicos, a escrita universitária deve ser compreendida como prática social situada, atravessada por relações institucionais,

identidades e expectativas acadêmicas, e não apenas como uma habilidade técnica individual (Lea & Street, 2006). Essa abordagem desloca o foco do suposto déficit discente para as práticas pedagógicas e institucionais que estruturam o ensino da produção textual no ensino superior (Carlino, 2013).

O desenvolvimento dessas competências requer ações pedagógicas contínuas, integradas ao currículo e articuladas às diferentes áreas do conhecimento, de modo transversal e progressivo (Carlino, 2013; Hyland, 2018). Estratégias institucionais como oficinas de escrita, acompanhamento pedagógico e práticas orientadas de reescrita têm se mostrado eficazes para o fortalecimento do letramento acadêmico e para a superação de dificuldades recorrentes na produção textual discente (Roth & Hendges, 2010; Rigo *et al*., 2018).

Nesse sentido, investigar os obstáculos enfrentados pelos estudantes na produção de textos científicos constitui etapa fundamental para subsidiar a formulação de estratégias pedagógicas mais adequadas às demandas formativas contemporâneas (Figueiredo & Bonini, 2006; Duarte & Azevedo, 2018). No contexto dos Institutos Federais e Universidades, cujas propostas articulam no ensino, na pesquisa e na extensão, o domínio dessas práticas é condição essencial para a participação discente nas atividades científicas e para a consolidação de uma formação crítica e cidadã (Carlino, 2013).

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, essa análise torna-se particularmente relevante diante da diversidade de cursos, perfis estudantis e trajetórias formativas. Segundo Brito & Teixeira (2025) aspectos relacionados à organização textual, à referenciação e à argumentação ainda comprometem a qualidade das produções discentes, reforçando a necessidade de aprofundar a compreensão dessas questões no âmbito da graduação.

Assume-se que as dificuldades enfrentadas pelos estudantes na produção textual acadêmica refletem lacunas estruturais, pedagógicas e institucionais, e não apenas limitações individuais. Dessa forma, compreender os entraves em diferentes etapas do processo de escrita permite identificar pontos críticos de intervenção pedagógica, subsidiando estratégias voltadas ao fortalecimento do letramento acadêmico e à melhoria da qualidade das produções científicas. Esta abordagem evidencia a importância de ações educativas sistemáticas, integradas ao currículo, capazes de promover autonomia intelectual, argumentação consistente e participação efetiva dos discentes em atividades de pesquisa e extensão.

Nesse contexto, a presente pesquisa teve como objetivo analisar as principais dificuldades relacionadas à produção textual acadêmica nos cursos de graduação do IFRN, Campus Pau dos Ferros, assume-se que tais dificuldades possuem caráter estrutural e institucional, não se restringindo a cursos ou áreas específicas, e refletem lacunas na formação acadêmica que podem ser endereçadas por intervenções pedagógicas sistemáticas.

Material e Métodos

- **Caracterização da área de estudo**

A pesquisa foi desenvolvida no período de agosto de 2025 a janeiro de 2026, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, localizado no município de Pau dos Ferros, estado do Rio Grande do Norte, inserido na região do Alto Oeste Potiguar, sob as coordenadas geográficas 6°6’39” S e 38°12’32” W (Figura 1).

O município de Pau dos Ferros situa-se em área de clima semiárido quente, do tipo BSh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por temperaturas elevadas ao longo do ano e regime pluviométrico irregular, com chuvas concentradas em poucos meses (IBGE, 2022). A vegetação predominante é a Caatinga, típica do semiárido nordestino, marcada por espécies adaptadas à escassez hídrica e à sazonalidade climática (Embrapa, 2018).

Do ponto de vista edáfico, a região apresenta predominância de solos rasos e pouco desenvolvidos, com ocorrência frequente de Neossolos e Luvissolos, geralmente associados a baixa profundidade efetiva, textura variável e limitações naturais à retenção de água, características comuns às áreas do semiárido potiguar (Embrapa, 2018).

Figura 1 – Localização do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Campus Pau dos Ferros, RN.



Fonte: Google Earth (2023).

O IFRN, Campus Pau dos Ferros caracteriza-se por sua atuação multicurricular, ofertando diferentes níveis e modalidades de ensino, configurando-se como um espaço institucional relevante para pesquisas no campo educacional (INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE, 2023). A instituição oferece cursos de Ensino Médio Técnico Integrado nas áreas de Alimentos, Apicultura e Informática, além de cursos de graduação, como a Licenciatura em Química e os cursos superiores de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Tecnologia em Agroindústria (IFRN, 2023; IFRN, 2022). O campus também desenvolve ações de Formação Inicial e Continuada, por meio de cursos de curta duração, incluindo aqueles vinculados ao Programa Mulheres Mil, voltados à inclusão social e à qualificação profissional (BRASIL, 2023; IFRN, 2024).

A diversidade de níveis de ensino, áreas de formação e perfis estudantis presentes no campus configura um cenário educacional heterogêneo, no qual coexistem distintas trajetórias acadêmicas e formativas (IFRN, 2023). Essa característica reforça a pertinência da escolha do local de estudo, uma vez que possibilita a análise das dificuldades relacionadas à escrita acadêmica a partir de múltiplas experiências educacionais, contribuindo para uma compreensão mais abrangente do fenômeno no âmbito institucional.

- **Público-alvo**

O estudo foi desenvolvido a partir de uma abordagem quanti-qualitativa, articulando procedimentos teóricos e empíricos, estratégia amplamente empregada em pesquisas educacionais por possibilitar a integração de análises numéricas e interpretações qualitativas dos fenômenos investigados (Creswell, 2014; Minayo, 2017).

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico abrangente, contemplando artigos científicos, dissertações e trabalhos de conclusão de curso que discutem a escrita acadêmica e os desafios associados à sua produção, procedimento fundamental para a construção do referencial teórico e para a delimitação analítica do objeto de estudo (Gil, 2017). Essa etapa permitiu identificar tendências analíticas, recorrências conceituais e lacunas ainda pouco exploradas na literatura, especialmente no que se refere ao desenvolvimento das competências de escrita em contextos institucionais específicos (Minaya, 2017).

O público-alvo da pesquisa foi constituído por estudantes do ensino superior do IFRN, pertencentes a diferentes cursos e períodos, selecionados em função de sua inserção direta nas práticas de leitura e escrita acadêmica exigidas ao longo da formação universitária.

A escolha desse público justifica-se pelo fato de esses estudantes estarem continuamente expostos à produção de gêneros acadêmicos, como artigos científicos, relatórios técnicos e trabalhos de conclusão de curso, o que possibilita a identificação de recorrências nas dificuldades e de percepções construídas a partir da experiência concreta no ensino superior. Participaram do estudo aproximadamente 71 estudantes, com faixa etária predominante entre 16 e 22 anos, matriculados nos cursos superiores de Tecnologia em Agroindústria (AGR), Licenciatura em Química (QUI), Análise e Desenvolvimento de Sistemas (ADS) e na Especialização em Educação Ambiental e Geografia do Semiárido (EAGSA), o que permitiu contemplar diferentes áreas de formação e ampliar a compreensão das dificuldades de escrita acadêmica em um contexto educacional diverso.

- **Instrumentos e procedimentos de coleta de dados**

A coleta de dados ocorreu por meio da aplicação de um questionário estruturado, elaborado com base em estudos prévios sobre escrita acadêmica e adaptado à realidade institucional, instrumento amplamente utilizado em pesquisas educacionais por permitir a obtenção sistemática de informações quantitativas e qualitativas (Bauer & Gaskell,

2002; Fink, 2013). O questionário contemplou questões objetivas, voltadas à obtenção de dados quantitativos, e questões subjetivas, destinadas à exploração de aspectos qualitativos, como percepções, experiências e relatos individuais, possibilitando uma compreensão mais abrangente do fenômeno investigado.

A aplicação foi realizada por meio de formulários físicos distribuídos em sala de aula, estratégia que favoreceu o engajamento dos participantes e contribuiu para uma maior taxa de retorno dos instrumentos de coleta. Entre as questões abordadas, destacaram-se: a) você se considera uma pessoa que tem facilidade com a escrita?; b) o que você acredita que mais auxiliaria os estudantes a produzirem textos mais claros e corretos?; c) qual a principal dificuldade enfrentada na produção de textos acadêmicos?; e d) qual gênero textual acadêmico você considera mais difícil de elaborar? (Conforme ilustrado nos Apêndices).

A realização de pesquisas dessa natureza mostra-se relevante por possibilitar a identificação sistematizada das principais dificuldades enfrentadas pelos estudantes no processo de escrita acadêmica, fornecendo subsídios para o planejamento de ações pedagógicas mais eficazes e contextualizadas. A análise das percepções e experiências dos estudantes contribui para o aprimoramento das práticas de ensino, favorecendo o desenvolvimento de competências de escrita essenciais à formação acadêmica e à participação efetiva nas atividades científicas do ensino superior (CARLINO, 2013).

Para garantir o anonimato e a confidencialidade das informações, o questionário não contemplou dados que permitissem a identificação individual dos participantes, restringindo-se à coleta de informações gerais, como idade, curso e período. A participação ocorreu de forma voluntária, em conformidade com os princípios éticos aplicáveis às pesquisas envolvendo seres humanos, mediante consentimento informado procedido de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TLCE) dos participantes (BRASIL, 2012) (Conforme ilustrado nos Apêndices).

Após a realização da etapa de coleta, os dados obtidos foram cuidadosamente organizados, validados e tabulados utilizando o software Microsoft Excel. Com base nessa organização, foram construídos gráficos e tabelas que permitiram a visualização clara das informações, facilitando a identificação de padrões, tendências e relações entre as variáveis estudadas.

Resultados e Discussão

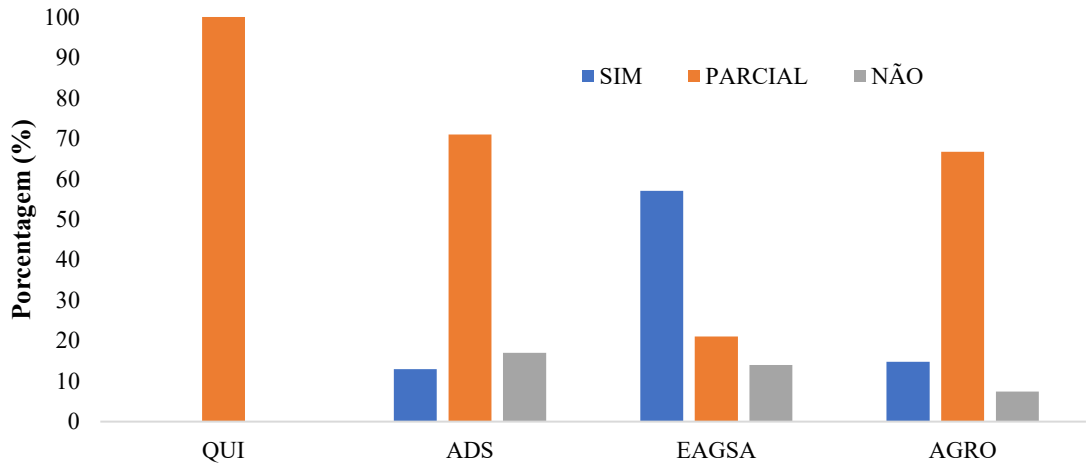
- **Análise das dificuldades dos discentes de graduação e especialização**

Escrita acadêmica

No curso de QUI, a indicação de que 100% dos participantes não se sentem plenamente seguros para escrever textos acadêmicos revela uma fragilidade generalizada no domínio dessa competência, sugerindo que as práticas de escrita vivenciadas ao longo da formação não têm sido suficientes para promover autonomia e confiança na produção textual científica (Figura 2) Esse dado é particularmente relevante, uma vez que o curso demanda constante elaboração de relatórios, resenhas e produções escritas articuladas a procedimentos experimentais, o que exige clareza, precisão terminológica e rigor argumentativo.

No curso de ADS, embora se observe um percentual menor quando comparado ao curso de QUI, 70% dos estudantes relatam insegurança quanto à escrita acadêmica, indicando que a dificuldade não se restringe às áreas tradicionalmente associadas às Ciências Humanas ou Linguagens, sugerindo que, mesmo em cursos da área tecnológica, nos quais a escrita costuma ser percebida como secundária em relação às competências técnicas, a produção textual acadêmica constitui uma exigência formativa relevante e, ao mesmo tempo, um ponto de vulnerabilidade para grande parte dos discentes.

Figura 2 – Grau de facilidade na escrita acadêmica dos discentes do IFRN, campus Pau dos Ferros, RN.



Fonte: Autores (2026).

Nos cursos de AGRO e de EAGSA, observa-se com domínio limitado da escrita acadêmica variando entre 75% e 85%, indicando que as dificuldades são amplamente compartilhadas entre os discentes dessas áreas. A presença de uma parcela adicional que declara não possuir facilidade para escrever reforça a ideia de que a escrita acadêmica não se encontra plenamente integrada às práticas formativas desses cursos, apesar da necessidade constante de produção de projetos, relatórios técnicos e trabalhos científicos vinculados às atividades de pesquisa e extensão.

De modo geral, a distribuição dos dados entre os diferentes cursos aponta para um padrão institucional, no qual a escrita acadêmica, embora frequente no cotidiano formativo, não é apropriada pelos estudantes como uma competência autônoma e internalizada. A escrita passa a ser compreendida predominantemente como uma exigência institucional associada à avaliação e ao cumprimento de tarefas acadêmicas, e não como uma ferramenta epistemológica para a construção, sistematização e comunicação do conhecimento científico. Essa percepção tende a impactar diretamente a qualidade das produções acadêmicas, refletindo-se em textos com fragilidades na organização das ideias, na clareza argumentativa e na consistência teórico-metodológica, o que pode resultar em prejuízos ao desempenho discente e à participação mais ativa em práticas científicas ao longo da graduação.

Segundo Leão (2024), uma parcela significativa dos estudantes do ensino superior apresenta insegurança em relação à escrita acadêmica, especialmente em função de lacunas formativas oriundas do ensino básico e da reduzida prática de produção textual durante a graduação. Essa insegurança também encontra respaldo em outra perspectiva teórica, segundo a qual as tensões sociais e emocionais que permeiam o processo de escrita, como o medo da avaliação e do julgamento dos pares, contribuem para reforçar a dificuldade dos estudantes diante dessa prática (Rezende, 2023).

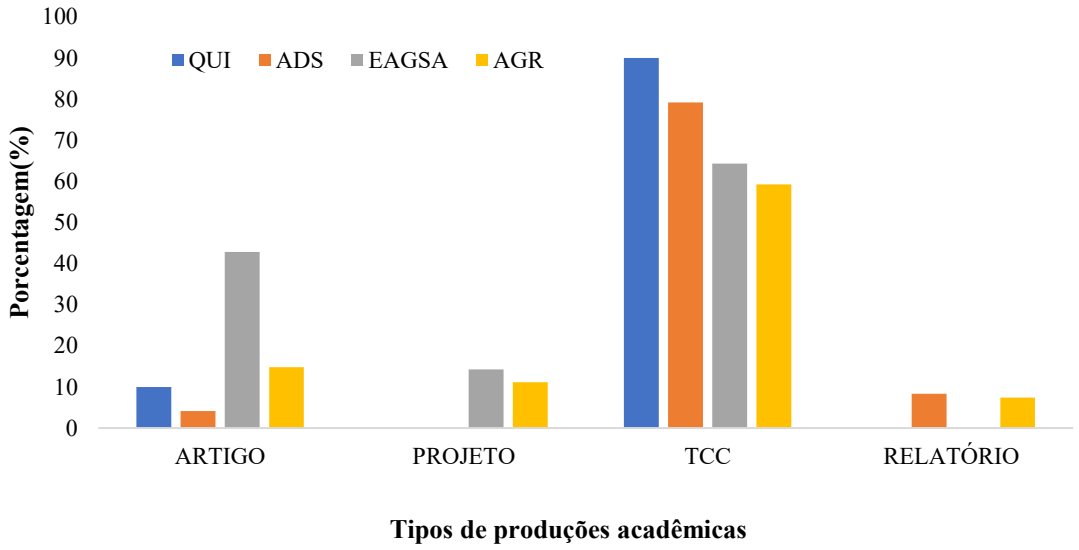
A comparação entre os cursos evidencia que, embora a escrita acadêmica seja desafiadora em todas as áreas, a intensidade das dificuldades varia conforme o perfil formativo e o histórico de práticas de escrita. Em QUI, a elevada exigência de produção de relatórios experimentais e articulação teórica-metodológica aumenta a percepção de dificuldade, enquanto em ADS e AGR, embora os textos sejam menos frequentes ou técnicos, persistem fragilidades em argumentação e organização de ideias, indicando um padrão institucional de insegurança frente à escrita científica.

Gêneros acadêmicos

a) TCC

Os resultados demonstram que TCC é unanimemente percebido como o gênero acadêmico de maior complexidade entre os discentes dos cursos investigados, ainda que com variações percentuais entre as áreas. No curso de QUI, aproximadamente 90% dos participantes apontaram o TCC como o texto mais difícil de produzir, o que evidencia o elevado nível de exigência desse gênero, caracterizado pela necessidade de integrar conhecimentos teóricos, procedimentos metodológicos, análise de resultados e rigor normativo em um único documento (Figura 3). Tal percepção pode estar associada à natureza experimental do curso, no qual os estudantes precisam articular linguagem científica, descrição de procedimentos laboratoriais e interpretação de dados, o que amplia a complexidade da escrita.

Figura 3 – Grau de dificuldades quanto ao gênero textual acadêmico dos discentes do IFRN, campus Pau dos Ferros, RN.



Fonte: Autores (2025).

No curso de ADS, cerca de 80% dos estudantes indicaram o TCC como principal dificuldade, sugerindo que, embora a formação seja predominantemente técnica, o processo de sistematização do conhecimento e sua formalização em um texto acadêmico extenso representa um desafio significativo. Nesse contexto, a dificuldade não se limita ao domínio da língua escrita, mas envolve também a organização lógica das ideias, a

explicitação dos procedimentos adotados e a construção de uma argumentação coerente, aspectos essenciais para a elaboração de um TCC consistente.

Já nos cursos de EAGSA e AGR os percentuais foram de 65% e 58% respectivamente, embora inferiores aos registrados em QUI e ADS, confirmam a importância do TCC como o gênero mais desafiador da escrita acadêmica. Esses resultados indicam que, mesmo em áreas nas quais a produção de relatórios técnicos e projetos é recorrente, a elaboração de um trabalho que exige maior autonomia autoral, aprofundamento teórico e sistematização científica ainda se configura como um obstáculo relevante para os estudantes.

b) Artigo científico

Em relação aos demais gêneros acadêmicos, os dados mostram que o artigo científico ocupa a segunda posição entre os textos considerados mais complexos. No curso de EAGSA, cerca de 42% dos discentes relataram dificuldades na produção desse gênero, o que pode ser explicado pelas exigências específicas do artigo, como concisão, clareza argumentativa, delimitação rigorosa do objeto de estudo e adequação às normas de publicação científica. Em AGR, esse percentual reduz-se para aproximadamente 15%, enquanto em QUI atinge cerca de 10%, o que indica que o grau de dificuldade percebido está relacionado às oportunidades de contato com esse gênero ao longo do curso, especialmente por meio de atividades de pesquisa e extensão. No curso de ADS, a dificuldade associada ao artigo científico mostra-se pouco expressiva, possivelmente em razão da menor inserção dos estudantes em práticas de escrita voltadas à divulgação científica formal.

c) Projetos

Os projetos acadêmicos apresentam percentuais relativamente baixos de dificuldade, situando-se entre aproximadamente 10% e 15% nos cursos de ADS, EAGSA e AGR, não sendo mencionados como relevantes no curso de QUI. Esse resultado pode estar associado ao caráter mais orientado desse gênero, que geralmente é desenvolvido a partir de modelos pré-estabelecidos e com acompanhamento sistemático do docente, fator que tende a reduzir a percepção de complexidade por parte dos estudantes.

d) Relatórios

Já os relatórios configuram-se como os gêneros percebidos como menos complexos em todos os cursos analisados, com percentuais inferiores a 10%, indicando que são compreendidos como produções mais objetivas, recorrentes e diretamente vinculadas às atividades práticas desenvolvidas ao longo da formação acadêmica.

Os resultados indicam que a dificuldade atribuída aos gêneros acadêmicos relaciona-se principalmente ao nível de autonomia exigido do estudante, à extensão dos textos e à necessidade de articular diferentes dimensões da escrita científica, como fundamentação teórica, metodologia e análise de dados. Nesse sentido, gêneros que demandam maior autoria, reflexão crítica e sistematização do conhecimento, a exemplo do TCC e do artigo científico, tendem a ser percebidos como mais complexos, enquanto produções mais orientadas e recorrentes ao longo do percurso formativo, como projetos e relatórios, são avaliadas como menos desafiadoras no contexto da formação superior.

Esse cenário pode ser compreendido a partir do elevado grau de exigência envolvido na elaboração do TCC, que pressupõe a integração entre pesquisa aprofundada, organização metodológica, construção argumentativa consistente e atendimento rigoroso às normas formais, especialmente as da ABNT. Além disso, por se tratar de uma atividade vinculada à conclusão do curso, o TCC concentra expectativas institucionais e pressões acadêmicas, fatores que tendem a intensificar a percepção de dificuldade por parte dos estudantes.

Silva e Vitória (2014), que identificaram o trabalho de conclusão de curso como uma das etapas mais complexas da formação superior, em função da necessidade de integrar teoria, metodologia e argumentação científica de forma coerente e sistematizada. Assim, os dados reforçam que as dificuldades relacionadas à escrita acadêmica se intensificam na etapa final da graduação, evidenciando a importância de ações pedagógicas contínuas que promovam o desenvolvimento progressivo das competências de escrita científica ao longo do curso.

Segundo Martins, Bastos e Barreto (2023), mesmo em fase de conclusão da graduação, os estudantes apresentam dificuldades significativas na produção do TCC, especialmente no domínio do modo de fazer pesquisa e na organização discursiva exigida pelo gênero acadêmico

A diferença na percepção de complexidade entre os gêneros evidencia a importância de progressão gradual na aprendizagem da escrita. A exposição recorrente a relatórios e projetos fornece base para, posteriormente, enfrentar o desafio do TCC e do artigo científico, reforçando a necessidade de integração curricular das práticas de escrita.

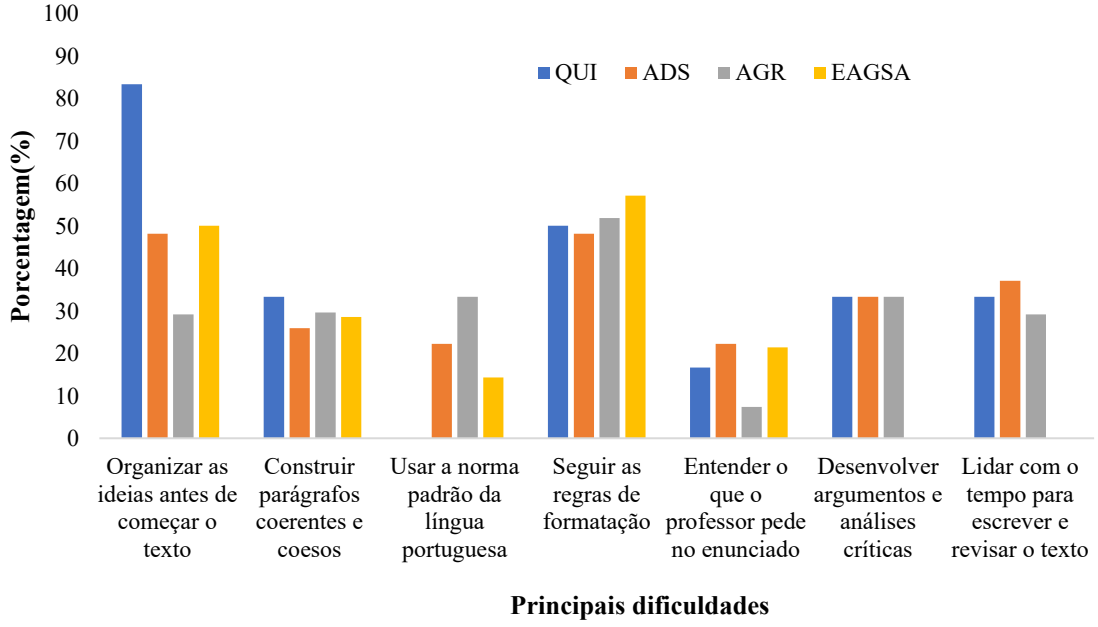
Principais dificuldades enfrentadas na escrita acadêmica

a) Organização das ideias

As seções anteriores abordaram a percepção dos estudantes sobre a escrita acadêmica e os gêneros considerados mais complexos ao longo da graduação. Nesta seção, analisam-se as principais dificuldades específicas que interferem no processo de produção textual acadêmica.

Observa-se que a dificuldade mais recorrente se refere à organização das ideias, apontada por aproximadamente 80% dos estudantes do curso de QUI, cerca de 45% no curso de ADS e em torno de 50% na EAGSA. No curso de AGR, esse percentual situa-se próximo de 30% (Figura 4). Essa dificuldade manifesta-se, entre outros aspectos, na delimitação imprecisa do tema, na ausência de uma progressão lógica entre introdução, desenvolvimento e conclusão e na dificuldade de articular objetivos, fundamentação teórica e resultados de forma coerente. Como consequência, os textos tendem a apresentar ideias fragmentadas, repetições desnecessárias ou lacunas argumentativas, o que compromete a clareza e a consistência das produções acadêmicas, evidenciando que estruturar o pensamento de acordo com as exigências do discurso acadêmico constitui um dos principais entraves enfrentados pelos discentes, independentemente da área de formação, reforçando o caráter transversal dessa dificuldade no ensino superior.

Figura 4 – Principais dificuldades relacionadas à escrita acadêmica relatadas pelos discentes do IFRN, campus Pau dos Ferros, RN.



Fonte: Autores (2025).

b) Normas

Outra dificuldade amplamente mencionada diz respeito ao cumprimento das normas da escrita acadêmica, especialmente no que se refere à estrutura textual e à formatação exigidas pelos diferentes gêneros científicos. Os percentuais associados a esse aspecto aproximam-se ou superam 50% em alguns cursos, com destaque para QUI e EAGSA. Essa dificuldade expressa-se, por exemplo, no uso inadequado das normas da ABNT, na organização incorreta de elementos pré-textuais e pós-textuais e na inconsistência na apresentação de citações e referências. Tal cenário sugere uma familiaridade limitada dos estudantes com as convenções que regulam a produção e a validação do conhecimento científico no contexto universitário. Nessa perspectiva, Marinho (2010) argumenta que a escrita acadêmica ainda ocupa um espaço reduzido nas práticas pedagógicas universitárias, o que dificulta a inserção efetiva dos estudantes nas formas legitimadas de produção do conhecimento.

c) Construção de parágrafos

No que se refere à construção de parágrafos e ao uso da norma-padrão da língua, os percentuais situam-se, em geral, entre 25% e 35%, variando conforme o curso. Essas dificuldades se destacam mais na elaboração de parágrafos extensos e pouco articulados ou, ao contrário, excessivamente curtos e desconectados, bem como no uso inadequado de recursos linguísticos responsáveis pela coesão textual. Embora não figurem como os problemas mais recorrentes, essas limitações afetam diretamente a fluidez da leitura e a precisão discursiva, elementos fundamentais para assegurar clareza, coesão e adequação do texto acadêmico às expectativas do meio universitário.

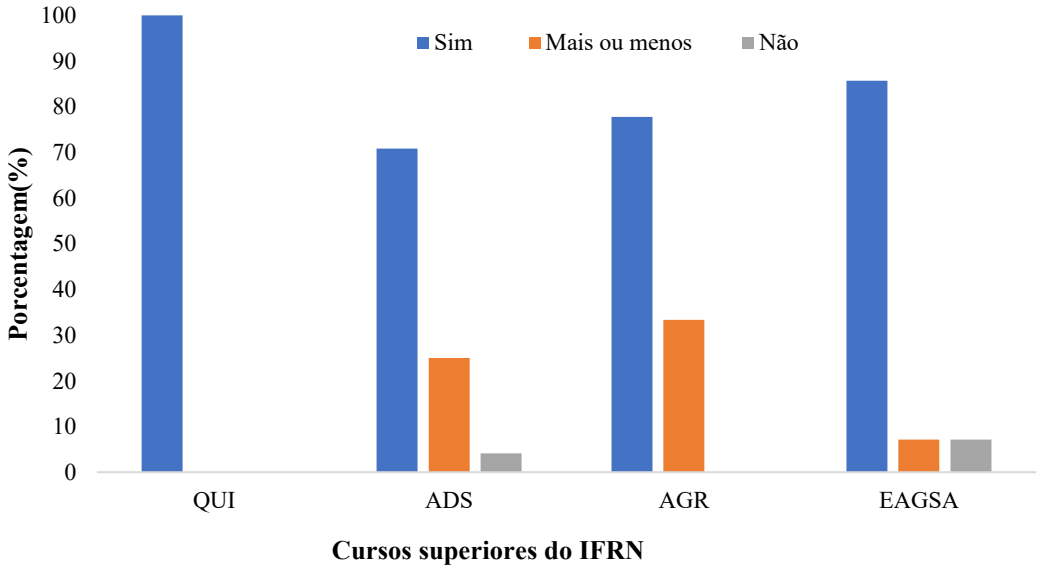
Embora o estudo de Carneiro, Martinelli e Sisto (2003) tenha sido desenvolvido com estudantes do ensino fundamental, seus resultados apontam que dificuldades persistentes na escrita estão associadas a impactos no autoconceito escolar, relação que contribui para compreender por que a escrita acadêmica pode ser vivenciada como um processo tenso também no ensino superior.

Além dos fatores formais relacionados à estrutura textual, dificuldades na escrita acadêmica também refletem dimensões emocionais e pedagógicas, tais como ansiedade frente à tarefa de escrita, insegurança quanto à construção de argumentos e percepção de baixa autonomia, fatores que comprometem o desempenho e reforçam a necessidade de intervenções pedagógicas estruturadas para apoiar os estudantes nessa competência (Nurkamto et al., 2024; Gupta, 2018)

- **Importância atribuída à escrita acadêmica para a formação profissional**

Constatou-se elevado reconhecimento da importância da escrita acadêmica para a formação profissional entre os estudantes dos cursos superiores do IFRN. No curso de QUI, a totalidade dos participantes (100%) afirmou considerar essa competência relevante para sua trajetória formativa. Nos cursos de ADS, AGR e EAGSA, esse reconhecimento também se manteve alto, com percentuais aproximados de 70%, 77% e 85%, respectivamente (Figura 5).

Figura 5 – Importância da escrita acadêmica para a formação profissional dos discentes do IFRN, Campus Pau dos Ferros, RN.



Fonte: Autores (2025).

Apesar desse reconhecimento, observam-se diferenças na intensidade com que a escrita acadêmica é valorizada entre os cursos. Em ADS, cerca de 25% dos estudantes atribuíram importância intermediária a essa competência e aproximadamente 5% não a reconheceram como central para a formação profissional. Em AGR, esses percentuais correspondem a cerca de 33% e 7%, respectivamente. Na EAGSA, embora o reconhecimento seja predominante, aproximadamente 7% dos estudantes também não associaram a escrita acadêmica à sua trajetória formativa.

Dessa forma, pode-se dizer que, embora amplamente reconhecida, a escrita acadêmica não é valorizada de forma homogênea entre os estudantes, o que indica uma relação fragilizada com essa prática por parte de um grupo minoritário. Conforme aponta

Pereira (2022), estudantes com formação limitada em letramento científico tendem a compreender a escrita acadêmica mais como uma exigência institucional do que como uma ferramenta formativa, o que contribui para a presença de percepções intermediárias ou reduzidas quanto à sua importância.

Os resultados corroboram estudos que apontam a escrita acadêmica como prática social situada, atravessada por dimensões institucionais e pedagógicas (Lea & Street, 2006). As dificuldades observadas não refletem apenas déficit individual, mas lacunas estruturais na formação superior, sugerindo que estratégias isoladas de ensino da escrita são insuficientes.

Assim, a partir da análise integrada dos dados evidenciou-se que a ausência de uma formação sistemática e contínua em escrita acadêmica está diretamente associada às dificuldades relatadas pelos estudantes, confirmando a hipótese proposta de que a escrita acadêmica ainda não se encontra plenamente consolidada entre os estudantes dos cursos superiores do IFRN.

De fato, as dificuldades relacionadas à escrita acadêmica no IFRN não se configuram como problemas pontuais ou restritos a determinados cursos, mas como uma fragilidade formativa de caráter institucional. Observou-se que os estudantes apresentam domínio intermediário da escrita científica, marcado por insegurança, dificuldades na organização do pensamento e limitada apropriação dos gêneros acadêmicos, o que se intensifica nos momentos de maior exigência formativa, como a elaboração do TCC.

Esse cenário aponta para a necessidade de superar uma abordagem fragmentada da escrita acadêmica, tradicionalmente tratada como requisito avaliativo, e avançar para uma concepção pedagógica que a reconheça como competência formativa transversal, a ser desenvolvida de forma progressiva e sistemática ao longo da trajetória acadêmica. Nesse sentido, os resultados desta pesquisa indicam a urgência de ações institucionais estruturadas que articulem ensino, orientação pedagógica e práticas de escrita nos diferentes componentes curriculares dos cursos superiores.

A análise integrada das dificuldades, aliada ao reconhecimento da relevância da escrita acadêmica, evidencia que as lacunas formativas não podem ser solucionadas de forma pontual. Torna-se imprescindível a implementação de ações pedagógicas estruturadas, integradas ao currículo e alinhadas às necessidades específicas de cada curso, para promover a consolidação gradual da competência de escrita científica.

- **Implicações pedagógicas e proposição de intervenção institucional para o desenvolvimento da escrita acadêmica**

A partir dos resultados obtidos, propõe-se a implementação de uma estratégia institucional voltada ao fortalecimento da escrita acadêmica nos cursos superiores do IFRN, Campus Pau dos Ferros, com potencial de incorporação aos Projetos Pedagógicos de Curso (PPCs). Tal proposta fundamenta-se na compreensão da escrita acadêmica como competência estruturante da formação superior, a qual deve ser desenvolvida de forma contínua, articulada e contextualizada às especificidades de cada área do conhecimento.

Recomenda-se, inicialmente, a inclusão de um componente curricular obrigatório ou optativo, voltado especificamente à escrita acadêmica, preferencialmente ofertado nos períodos iniciais dos cursos superiores. Essa disciplina deverá contemplar conteúdos relacionados aos gêneros acadêmicos, à organização textual, à argumentação científica, ao uso crítico de fontes, às normas técnicas e à construção da autoria acadêmica, considerando as demandas específicas de cada curso.

De forma complementar, sugere-se a integração de práticas de escrita acadêmica em diferentes componentes curriculares ao longo do curso, de modo que os estudantes tenham contato recorrente e progressivo com atividades de produção textual científica. Essa integração pode ocorrer por meio de projetos interdisciplinares, atividades orientadas de escrita, elaboração gradual de artigos, resumos, relatórios e projetos de pesquisa, promovendo a consolidação das competências desenvolvidas na disciplina específica.

Outra ação relevante consiste na oferta periódica de oficinas, cursos de curta duração e ações de apoio pedagógico voltadas à escrita acadêmica, especialmente nos períodos de elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso. Essas atividades podem ser conduzidas por docentes das áreas de Linguagens, Metodologia Científica e Pesquisa, bem como por meio de parcerias institucionais, favorecendo o acompanhamento formativo dos estudantes.

Ademais, recomenda-se que os PPCs dos cursos superiores passem a explicitar, de forma mais clara, as competências relacionadas à escrita acadêmica a serem desenvolvidas ao longo da formação, bem como os mecanismos de acompanhamento e avaliação dessas competências. Tal medida contribuiria para o alinhamento entre objetivos formativos, práticas pedagógicas e exigências acadêmicas, fortalecendo o papel da escrita científica como eixo estruturante da formação superior no IFRN.

Considerações Finais

Importante destacar que, as dificuldades relacionadas à escrita acadêmica no ensino superior possuem fragilidade formativa de caráter estrutural, vinculada à forma como essa competência tem sido incorporada aos percursos curriculares. Embora reconhecida como elemento central da formação acadêmica e profissional, a escrita científica ainda não se consolida, em muitos contextos, como prática pedagógica contínua e sistematicamente orientada.

Esse cenário indica que a escrita acadêmica permanece, em grande parte, restrita a momentos pontuais de maior exigência institucional, o que contribui para trajetórias marcadas por insegurança, limitada autonomia autoral e dificuldades na apropriação dos gêneros científicos. Dessa forma, as limitações observadas devem ser compreendidas menos como insuficiências individuais e mais como expressão de lacunas pedagógicas e institucionais acumuladas ao longo da formação.

Diante disso, torna-se necessária a reconfiguração do lugar da escrita acadêmica nos cursos superiores, reconhecendo-a como competência transversal, processual e indissociável da formação científica. Recomenda-se a integração de práticas de escrita ao longo de toda a graduação, por meio de componentes curriculares específicos, oficinas de escrita, laboratórios de redação, mentorias individuais e atividades interdisciplinares que promovam produção textual progressiva. Tais estratégias permitirão fortalecer a autoria acadêmica, desenvolver o pensamento crítico e garantir maior qualidade das produções científicas, contribuindo para a consolidação da escrita como ferramenta formativa contínua e estratégica no ensino superior.

Referências

BALDUINO, A.; CABANAS, L. Escrita acadêmica e currículo universitário: desafios e possibilidades. **Revista Brasileira de Educação**, v. 28, p. 1–20, 2023.

BALDUINO, C. A.; CABANAS, A. Reflexão sobre as dificuldades estudantis referente à escrita acadêmica na universidade. **Diálogos e Diversidade**, v. 3, 2023. Disponível em: https://revistas.uneb.br/index.php/rdd/article/view/18326. Acesso em: 19 ago. 2025.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Qualitative researching with text, image and sound**. London: Sage, 2002.

BAZERMAN, Charles. **Gêneros textuais, tipificação e interação**. São Paulo: Cortez, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Dispõe sobre diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial da União, Brasília, 13 jun. 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Programa Mulheres Mil: diretrizes e objetivos**. Brasília: MEC, 2023.

BRITO, L. T. A.; TEIXEIRA, G. S. F. Escrita acadêmica e formação discente. **Revista Linguagem & Ensino**, v. 24, n. 3, p. 112–130, 2021.

BRITO, L. T. A.; TEIXEIRA, G. S. F. Anáfora e argumentação em textos de estudantes do IFRN Campus Pau dos Ferros. **Tabuleiro de Letras**, Salvador, v. 19, n. 1, p. 54–70, 2025. Disponível em: https://www.revistas.uneb.br/tabuleirodeletras/article/view/23849. Acesso em: 19 ago. 2025.

CARLINO, P. **Escrever, ler e aprender na universidade**: uma introdução à alfabetização acadêmica. São Paulo: Parábola Editorial, 2013.

CARNEIRO, G. R. S.; MARTINELLI, S. C.; SISTO, F. F. Autoconceito e dificuldades de aprendizagem na escrita. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 3, p. 427-434, 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/prc/a/jhW79bWtxvjdkK69Yw5NYrL/?format=html&lang=pt. Acesso em: 22 ago. 2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

DUARTE, A. P.; AZEVEDO, I. C. M. Escrita na educação básica e desafios para o ensino superior. **Educação & Linguagem**, v. 21, n. 2, p. 45–62, 2018.

DUARTE, Í. L.; AZEVEDO, T. M. A escrita acadêmica no ensino médio: percepções e dificuldades de estudantes. **Plataforma Espaço Digital**, 2018. Disponível em: https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/42834. Acesso em: 22 ago. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Bioma Caatinga**. Brasília, DF: Embrapa, 2018. Disponível em: https://www.embrapa.br/bioma-caatinga. Acesso em: 16 dez. 2025.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

FIGUEIREDO, D. C.; BONINI, A. Práticas discursivas e ensino da escrita acadêmica. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 6, n. 2, p. 227–246, 2006.

FIGUEIREDO, D. C.; BONINI, A. L. Letramento acadêmico: reflexões sobre práticas de escrita na universidade. **Revista de Educação Pública**, v. 15, n. 30, p. 137-150, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1590/1982-4017-06-03-04. Acesso em: 22 ago. 2025.

FINK, A. **How to design surveys**. 2. ed. Thousand Oaks: Sage, 2013.

FLOWER, L.; HAYES, J. A cognitive process theory of writing. **College Composition and Communication**, v. 32, n. 4, p. 365–387, 1981.

GALVÃO, É. R. de S. Dificuldades no processo de alfabetização e estratégias para vencê-las: relatos de experiência. **Educação e (Trans)formação**, p. 1-18, 2018. Disponível em: https://www.journals.ufrpe.br/index.php/educacaoetransformacao/article/view/2039. Acesso em: 22 ago. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GUPTA, A. Academic Writing Anxieties. **Composition Forum**, 2018.

GRESPAN, M. L. Escrita acadêmica e produção do conhecimento. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, v. 58, n. 1, p. 1–18, 2019.

HYLAND, K. **Academic discourse**: English in a global context. London: Bloomsbury, 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados: Pau dos Ferros (RN)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/pau-dos-ferros.html. Acesso em: 16 dez. 2025.

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (IFRN). **Plano de Desenvolvimento Institucional – PDI 2019–2026**. Natal: IFRN, 2023.

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (IFRN). **Projeto Pedagógico Institucional (PPI)**. Natal: IFRN, 2023.

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (IFRN). **Criação e oferta do curso superior de Tecnologia em Agroindústria no Campus Pau dos Ferros**. Natal: IFRN, 2022.

INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE (IFRN). **Editais e ações de Formação Inicial e Continuada – Campus Pau dos Ferros**. Natal: IFRN, 2024.

LEA, M. R.; STREET, B. V. The “academic literacies” model: theory and applications. **Studies in Higher Education**, v. 31, n. 2, p. 159–172, 2006.

LEÃO, M. S. M. S. Dificuldades de estudantes de graduação na elaboração do trabalho acadêmico: um estudo sobre as queixas e práticas de escrita na formação superior. **Diálogos e Perspectivas Interventivas**, v. 5, n. 2, e21295, 2024. Disponível em: https://revistas.uneb.br/dialogos/article/view/21295. Acesso em: 11 dez. 2025.

LINS JÚNIOR, J. R.; MORAES, M. H. de. Escrita acadêmica e letramentos no ensino superior. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, v. 23, n. 1, p. 45–66, 2023.

LOSCH, S.; RAMBO, C. A.; FERREIRA, J. L. A pesquisa exploratória na abordagem qualitativa em educação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 18, n. 00, e023141, 2023. Disponível em:

https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/17958/17247. Acesso em: 17 set. 2025.

LOSCH, S. R. *et al*. Escrita acadêmica, permanência e sucesso no ensino superior. **Revista Brasileira de Educação**, v. 28, p. 1–22, 2023.

MACHADO, A. R. Escrita acadêmica e formação universitária. **Trabalhos em Linguística Aplicada**, v. 62, n. 1, p. 1–18, 2023.

MACHADO, J. R. F. Metodologias de pesquisa: um diálogo quantitativo, qualitativo e quanti-qualitativo. **Revista Devir Educação**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 21, 2023. Disponível em: https://devireducacao.ded.ufla.br/index.php/DEVIR/article/view/697/489. Acesso em: 17 set. 2025.

MAFRA, G. M. Desenvolvimento da escrita acadêmico-científica em contexto de formação continuada de professores de língua portuguesa. **Raído**, 2023.

MARINHO, M. A escrita nas práticas de letramento acadêmico. **Revista Brasileira de Linguística Aplicada**, Belo Horizonte, v. 10, n. 2, p. 363-386, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1984-63982010000200005. Acesso em: 10 dez. 2025.

MARTINS, A. R. D.; BASTOS, R. L. G.; BARRETO, P. J. P. Os desafios no letramento acadêmico de alunos de Letras de uma faculdade particular de Fortaleza na escrita da introdução no gênero artigo científico como TCC. **Diálogo das Letras**, Pau dos Ferros, v. 12, p. 1-19, e02325, 2023. DOI: 10.22297/2316-17952023v12e02325. Disponível em: https://periodicos.apps.uern.br/index.php/DDL/article/view/5176. Acesso em: 27 dez. 2025.

MATTE, A. C. F.; ARAÚJO, A. L. O. S. A importância da escrita acadêmica na formação do jovem pesquisador. In: **EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E CIDADANIA: ABORDAGENS TEÓRICAS E METODOLÓGICAS PARA A FORMAÇÃO DE PESQUISADORES JUVENIS**. Belo Horizonte: UFMG/PROEX, 2012. p. 97-110.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2017.

MONTENEGRO, S. Dificuldades de estudantes de graduação na elaboração do TCC: o desafio da pesquisa. **Diálogos e Perspectivas Interventivas**, v. 5, n. 2, e21295, 2024. Disponível em: https://www.revistas.uneb.br/dialogos/article/view/21295. Acesso em: 16 dez. 2025.

MOTTA-ROTH, D.; HENDGES, G. R. **Produção textual na universidade**. São Paulo: Parábola Editorial, 2010.

NURKAMTO, J.; PRIHANDOKO, L. A.; PUTRO, N. H. P. S.; PURWATI, O. Academic writing apprehension in higher education: A systematic review. **Studies in English Language and Education**, v. 11, n. 1, p. 247–266, 2024.

PEREIRA, D. S. Letramento científico e o Programa de Iniciação Científica e Tecnológica – PICT EAD: ferramentas para o desenvolvimento dos trabalhos de conclusão de curso. **Educere et Educare – Educação em Revista**, 2022. Disponível

em: https://repositorio.pgsscogna.com.br/handle/123456789/68012. Acesso em: 16 dez. 2025.

PEREIRA, R. A escrita acadêmica e a formação de pesquisadores: superando os obstáculos epistemológicos na produção de um artigo científico. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 4, p. 4973-4992, 2023. Disponível em: http://doi.org/10.7769/gesec.v14i4.1962. Acesso em: 11 dez. 2025.

REZENDE, C. R. A. Tensões em perspectivas no processo de escrita acadêmica. **Educere et Educare – Educação em Revista**, v. 18, n. 47, p. 259-279, 2023. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/educereeteducare/article/view/30555. Acesso em: 16 dez. 2025.

RIGO, R. M.; COSTA, F. S.; RAMIREZ, R. E. Escrita acadêmica: fragilidades, potencialidades e articulações possíveis. **Revista de Educação PUC-Campinas**, v. 23, n. 3, p. 489-499, 2018. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/5720/572064155011. Acesso em: 22 ago. 2025.

RIGO, R. M.; VITÓRIA, M. I. C.; MOREIRA, J. A. M. Escrita acadêmica e engagement: limitações e potencialidades na elaboração dos trabalhos finais da graduação. **Revista Eletrônica de Educação (REVEDUC)**, v. 14, e3417079, p. 1-12, 2020. Disponível em: [link suspeito removido]. Acesso em: 11 dez. 2025.

SILVA, M. O.; VITÓRIA, M. I. C. A experiência de escrita no Trabalho de Conclusão de Curso: percepções de alunos de um curso superior de tecnologia em gestão em recursos humanos. **CAMINE: Caminhos da Educação**, Franca, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2014. Disponível em: https://periodicos.franca.unesp.br/index.php/caminhos/article/view/108. Acesso em: 16 dez. 2025.

SOUSA, A. S. B. **Alunos com queixa de dificuldade de leitura e escrita na educação superior**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/169725. Acesso em: 21 ago. 2025.

SWALES, J. **Genre analysis**: English in academic and research settings. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

ZACHARIAS, A. G. D. **Dificuldade de aprendizagem na escrita**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2016. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/155757. Acesso em: 20 ago. 2025.

CAPÍTULO 26

O PRINCÍPIO DA SUSTENTABILIDADE COMO DIREITO FUNDAMENTAL SOCIAL

THE PRINCIPLE OF SUSTAINABILITY AS A FUNDAMENTAL SOCIAL RIGHT



DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.26

Submetido em: 11/02/2026
Revisado em: 18/02/2026
Publicado em: 20/02/2026

Alexandre Ataualpa Selayaran

Atitus Educação, Passo Fundo/RS

http://lattes.cnpq.br/5052695502609493

Resumo

O presente artigo analisa o princípio da sustentabilidade a partir de uma concepção holística, integradora e multidimensional, afastando compreensões restritas ou meramente programáticas. Parte-se do reconhecimento de uma crise planetária que envolve dimensões ecológicas, sociais, econômicas e culturais, exigindo a reconstrução de categorias jurídicas tradicionais. Nesse contexto, investiga-se se o princípio da sustentabilidade pode ser qualificado como Direito Fundamental a prestações positivas, impondo ao Estado deveres jurídicos de proteção, à luz da teoria dos direitos fundamentais desenvolvida por Robert Alexy. Para tanto, inicialmente, apresenta-se o conceito amplo de sustentabilidade, conforme defendido por autores como Leonardo Boff, José Joaquim Gomes Canotilho e Juarez Freitas, destacando suas múltiplas dimensões. Em seguida, examina-se a classificação dos Direitos Fundamentais proposta por Alexy, com especial atenção aos Sociais. O estudo adota o método fenomenológico-hermenêutico, aliado à pesquisa bibliográfica. Ao final, conclui-se que o princípio da sustentabilidade possui estrutura compatível com os Direitos Fundamentais Sociais, enquadrando-se como Direito Fundamental à proteção, uma vez que impõe ao Estado deveres positivos voltados à tutela das gerações presentes e futuras.

Palavras-chave: Crise planetária; sustentabilidade; Direitos Fundamentais à proteção.

Abstract

This article analyzes the principle of sustainability from a holistic, integrative, and multidimensional perspective, moving beyond restricted or merely programmatic approaches. It starts from the recognition of a planetary crisis involving ecological, social, economic, and cultural dimensions, which challenges traditional legal categories. In this context, the study investigates whether the principle of sustainability can be qualified as a fundamental right to positive obligations, imposing legal duties of protection on the State, according to Robert Alexy's theory of fundamental rights. Initially, the article presents the broad concept of sustainability as developed by authors such as Leonardo Boff, José Joaquim Gomes Canotilho, and Juarez Freitas, emphasizing its multiple dimensions. Subsequently, it examines Alexy's classification of fundamental rights, focusing on rights to positive actions. The research adopts a phenomenological-hermeneutic method combined with bibliographical research. The conclusion reached is that the principle

of sustainability has a structure compatible with social fundamental rights and can be classified as a protection right, since it imposes positive duties on the State aimed at safeguarding present and future generations.

Keywords: Planetary crisis. sustainability. Fundamental rights to protection.

Introdução

A crise planetária, inclusive ecológica, é marcada pela globalização, pela ocidentalização e desenvolvimento, assim como pelo abuso da concepção antropocêntrica ou do capitoloceno. A partir disso, são várias propostas desenvolvidas a fim de proteger os recursos naturais, as informações, as comunidades para as gerações presentes e futuras. O princípio da sustentabilidade – e seu contínuo desenvolvimento – é uma das propostas aptas para tanto, assim como a ruptura com o antropoceno,

O presente artigo concentra-se nessa temática acerca da construção contínua do princípio da sustentabilidade, sobretudo no hodierno desenvolvimento holístico acerca do sentido da sustentabilidade. Isto é, num sentido muito para além de apenas um desenvolvimento sustentável com a finalidade estritamente ecológica/ambiental. Essa construção inclusive está ligada ao término de uma concepção antropocena, como, por exemplo, é o caso da Constituição Boliviana.

A despeito disso, ainda se faz necessário o debate acerca da natureza do princípio da sustentabilidade. Em outras palavras, impõe-se desenvolver o princípio da sustentabilidade para além da ideia de uma norma jurídica meramente programática e sem eficácia plena e imediata.

Nesse contexto, o presente artigo pretende responder à seguinte indagação: o princípio da sustentabilidade pode ser qualificado como direito fundamental a prestações positivas, impondo ao Estado deveres jurídicos de proteção, nos termos da teoria dos direitos fundamentais de Robert Alexy?

A hipótese que orienta a pesquisa é de que o princípio da sustentabilidade, quando compreendido em seus dois sentidos jurídicos e, portanto, de maneira holística, apresenta também uma estrutura de Direito Fundamental Social, nos termos da proposta de Robert Alexy, contribuindo, assim, para a conquista de uma justiça sustentável.

Dessa maneira, para fins de desenvolver a presente pesquisa, propõe como objetivo geral apresentar o princípio da sustentabilidade como Direito Fundamental Social.

Para tanto, o trabalho possui dois objetivos específicos bem delimitados. Num primeiro momento, apresentar-se-á o conceito de princípio da sustentabilidade, a partir de uma abordagem holística e integradora. Nesse tópico, serão utilizados autores que, a despeito de suas particularidades, convergem para um conceito holístico do princípio da sustentabilidade, como, por exemplo, Leonardo Boff, José Joaquim Gomes Canotilho e Juarez de Freitas.

Num segundo momento, apresentar-se-á a classificação acerca de Direitos Sociais proposta pelo escritor germânico Robert Alexy. A fim de atender este objetivo e correlacionar com a proposta do estudo, apresentar-se-á a clássica distinção entre normas de Direito Fundamental com natureza de princípio e com natureza de regra.

Essa apresentação permitirá classificar a sustentabilidade como norma de Direito Fundamental, ou não, e sua respectiva natureza. Na sequência e com base no conceito de sustentabilidade adotado na pesquisa, será apresentada a classificação acerca dos Direitos Sociais e enquadrado o princípio da sustentabilidade, se possível, na classificação desenvolvida por Robert Alexy.

Em tempo, gize-se que para o desenvolvimento da pesquisa adotou-se o método fenomenológico-hermenêutico em conjunto com a abordagem metodológica formal de pesquisa monográfica.

Por fim, a temática da presente pesquisa justifica-se pela necessidade de aprofundar a compreensão jurídico-constitucional do princípio da sustentabilidade, sobretudo diante da intensificação da crise planetária.

O princípio da sustentabilidade

Neste tópico, pretende-se, a partir de uma apresentação sucinta da origem do termo sustentabilidade, apresentar elementos do conceito integrador, holístico e multidimensional do princípio da sustentabilidade. A partir disso, posteriormente, será possível a classificação do princípio da sustentabilidade como Direito Fundamental Social.

A origem do conceito de sustentabilidade é estimada por muitos a partir das reuniões da ONU nos anos 70. Todavia, o autor menciona que o conceito acerca da sustentabilidade é muito mais antigo, possuindo, assim, mais de 400 anos de história (Boff, 2015, p. 30).

Segundo o autor, em dois dicionários, a raiz da palavra sustentabilidade é sustentar e remete à palavra sustentare em latim com o mesmo significado em comparação ao

português. De todo modo, em ambos os dicionários, a palavra possui dois sentidos. Um sentido passivo e outro sentido ativo. No sentido passivo, significa equilibrar, manter, conservar. Nesse viés, o autor menciona que sustentabilidade é tudo aquilo que a Terra faz para que o ecossistema não seja destruído (Boff, 2015, p. 30).

O sentido ativo, por sua vez, significa toda ação feita para conservar, manter, proteger, alimentar, prosperar, viver. Portanto, no sentido ativo, a sustentabilidade é toda ação e/ou procedimento feito não pelo ecossistema, mas sim por nós para que a Terra se mantenha viva (2015, p. 31 – 32).

Boff defende que ambos os sentidos acima são visados atualmente quando se debate sustentabilidade, seja do universo, da Terra, dos ecossistemas, de comunidades ou de sociedades inteiras (2015, p. 32 – 33).

A despeito da origem muito mais antiga do termo sustentabilidade, pode-se dizer que a preocupação para com a sustentabilidade se deu a partir da Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio ambiente, em Estocolmo, no ano de 1972 (Boff, 2015, p. 34).

Ainda que tanto a conferência acima como outros movimentos – por exemplo, em 1984 - posteriores não tenham gerados resultados tão significativos, firmaram um crescimento de consciência no que se refere à questão ambiental (Boff, 2015, p. 36).

Mas, afinal, no que consiste o princípio da sustentabilidade após o decurso desses anos? Não é uma resposta fácil e unânime, mas abaixo intentar-se-á conceituar tal princípio.

De acordo com Boff, é impossível um impacto ambiental zero em virtude de que a geração de energia sempre cobrará algum custo ambiental (2015, p. 40). Todavia, o esforço sustentável deverá orientar-se no sentido de proteção à natureza, de atuarmos em sinergia com a natureza e, em especial, de não lhe fazer mal algum. Nesse viés, impõe-se restaurar a sua vitalidade, dar descanso e devolver mais à natureza do que aquilo que retiramos dela. Tudo isso com o intuito de que as gerações futuras possam gozar das reservas naturais e culturais também (2015, p. 40).

Nesse contexto, o autor partilha do conceito acerca da Era do Ecozoico. Nessa nova era, faz-se necessária a mudança de um crescimento visando tão somente o lucro por um desenvolvimento que mantenha as condições de matéria, energia e informação, garantindo, assim, a sustentabilidade da vida nas suas mais variadas formas (Boff, 2015, p. 99).

Por conta disso, Boff partilha de um conceito holístico e integrador acerca do princípio da sustentabilidade, assim como Canotilho (2010) e Juarez Freitas (2012) guardadas as suas devidas ressalvas de cada autor.

Para o autor, essa definição holística de sustentabilidade deve ser compreendida de maneira sistêmica, uma vez que cada parte afeta o todo e vice-versa (2015, p. 107). No mais, o autor define sustentabilidade como:

[...]toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais, físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida, a sociedades e a vida humana, visando sua continuidade e ainda atender as necessidades da geração presente e das futuras, de tal forma que os bens e serviços naturais sejam mantidos e enriquecidos em sua capacidade de regeneração, reprodução e coevolução (2015, p. 107).

A despeito do conceito do princípio da sustentabilidade parecer um tanto vago e aberto, Canotilho defende que tal princípio impõe um imperativo categórico. Esse imperativo categórico determina que os seres humanos devem agir de maneira que não vivam: (a) à custa da natureza; b) à custa de outros seres humanos; c) à custa de outras nações d) à custa de outras gerações (2010, p. 8).

Ainda, o indigitado autor refere que o princípio da sustentabilidade detém de três dimensões básicas, sendo elas: a) sustentabilidade interestatal, que impõe equidade entre países pobres e países ricos; b) sustentabilidade geracional, a qual impõe a equidade entre grupos etários – jovens x velhos; c) sustentabilidade intergeracional, que impõe equidade entre as pessoas vivas no presente e as gerações futuras (2010, p. 8 – 9).

O autor menciona ainda que existem duas conceituações acerca do princípio da sustentabilidade. Uma conceituação restrita, a qual se refere tão somente a uma sustentabilidade ambiental ou ecológica. Por outro lado, existe a conceituação ampla acerca do princípio da sustentabilidade. Essa, na contemporaneidade, mais adequada e defendida por outros autores como Juarez de Freitas (2012) e Leonardo Boff (2015).

A adequação de um conceito mais holístico acerca do princípio da sustentabilidade dá-se com base na existência atual de uma crise planetária, conforme defende Edgar Morin. De acordo com o autor francês, a humanidade enfrenta uma crise de civilização sem precedentes: degradação ambiental, proliferação nuclear, desigualdades sociais globais e colapso cultural. Essa crise é planetária, complexa e multidimensional, exigindo uma mudança de paradigma (2015, p. 20 – 23).

Morin aduz que essa crise planetária foi causada pela globalização, ocidentalização e desenvolvimento. Por outro lado, as crises ou a crise planetária é suavizada pela ideia de sustentabilidade (2015, p. 27 – 32). Gize-se que o autor não defende tão somente a sustentabilidade como via de solução para fins de término da crise planetária. Pelo contrário, o autor defende a mudança de diversas vias a fim de que possamos entrar numa fase de metamorfose (2015, p. 32 – 41).

Por conta da crise planetária que se filia neste trabalho ao conceito amplo e holístico de princípio da sustentabilidade. Enfim, a conceituação ampla está embasada na sustentabilidade em três pilares (Canotilho, 2010, p. 9):

1) A sustentabilidade ecológica;

2) A sustentabilidade econômica;

3) A sustentabilidade social.

Esses três pilares indicam o princípio da sustentabilidade como um "conceito federador", o qual defini as condições e pressupostos jurídicos para fins de uma evolução sustentável (Canotilho, 2010, p. 9).

Em sentido similar, é o conceito defendido por Juarez de Freitas. De acordo com o autor, o princípio da sustentabilidade molda e condiciona o desenvolvimento e não o contrário. A partir disso, o autor trabalha com um conceito multidimensional, realizando, no entanto, uma releitura da sustentabilidade a fim de incluir uma dimensão ética e jurídico-política (2012, p. 565 – 57).

A sustentabilidade para o autor é multidimensional, uma vez que o bem-estar é composto de diversas dimensões. Dessa maneira, o autor aduz que se faz necessário cuidar do ambiental sem ofensas ao social, ao econômico, ao ético e ao jurídico-político (2012, p. 57).

Segundo o autor, na dimensão social, estão os Direitos Fundamentais Sociais, como, por exemplo, o Direito Fundamental à educação na dimensão ética, localiza-se um dever de solidariedade universalizável (2012, p. 57 – 60).

Na dimensão ambiental da sustentabilidade, encontra-se o Direito das gerações presentes sem prejuízo, no entanto, das gerações futuras a um meio ambiente ecologicamente equilibrado (2012, p. 64). Aqui, nessa dimensão, enquadrasse o conceito restrito do princípio da sustentabilidade apresentado por Canotilho.

Na dimensão econômica, localiza-se o pressuposto da necessária eficiência e equidade, combate ao desperdício e, inclusive, a necessária regulação ao mercado (2012, p. 67). Ao que se indica, a dimensão econômica busca frear com os abusos provocados

pelo capitalismo. Esses abusos são denominados pelos autores Christophe Bonneuil e Jean-Baptiste Fressoz (2024) como capitoloceno a fim de demonstrar que os abusos à natureza não são provocados somente pelos seres humanos, mas também pelo sistema econômico predominante. Segundo os autores, a predominância do capitalismo mercantil e financeiro desde o século XVI é o principal motivo de transformação geológica da terra (2024, p. 305).

Por fim, na dimensão jurídico-política, está o pressuposto de eficácia jurídica direta e imediata da sustentabilidade (2012, p. 67 – 68). Em outras palavras, a sustentabilidade, nessa dimensão, detém de eficácia direta e aplicabilidade imediata no que se refere à tutela jurídica do Direito ao futuro, bem como se apresenta como dever constitucional de proteção à liberdade de cada cidadão e à proibição de crueldade a todos os seres vivos (2012, p. 67 – 68).

Acima demonstrou-se que o conceito adequado atualmente do princípio da sustentabilidade contempla diversas dimensões a fim de permitir um Estado Democrático Sustentável de Direito, como sustenta Canotilho (2010).

Esse conceito, por sua vez, demonstra que o Direito Fundamental à sustentabilidade demanda tanto um viés passivo como positivo de maneira similar ao que advoga Leonardo Boff.

Consequentemente, impõe ao Estado (lato sensu) não somente uma abstenção, mas também ações positivas na devida proteção de tal Direito Fundamental, o qual como dito acima detém de eficácia direta e aplicabilidade imediata.

Ainda, cabe destacar que assumir essa concepção holística contribuirá na concretização de uma justiça sustentável. Essa concepção, por outro lado, deve ser assumida pelo Estado (lato sensu) a fim de orientar as decisões públicas, evitando-se, assim, as injustiças evitáveis, conforme mencionado na Teoria de Justiça de Amartya Sem (Zambam; Salvetti; 2021, p. 328).

Dessa maneira, a despeito do seu viés negativo, apresentar-se-á abaixo o princípio da sustentabilidade como norma de Direito Fundamental Social. Para tanto, utilizar-se-á a doutrina de Robert Alexy para fins de caracterização do princípio da sustentabilidade como um Direito a prestação positiva.

O princípio da sustentabilidade como direito fundamental social

Neste tópico, serão apresentadas as premissas básicas para a posterior compreensão da estruturação realizada por Alexy referente às prestações positivas pelo Estado (lato sensu). Tais premissas referem-se tão somente a diferenciação proposta pelo autor em relação às normas jurídicas de Direitos Fundamentais (princípios x regras).

Nesse cenário, ressalta Alexy que o principal estudo relacionado à estrutura dos Direitos Fundamentais refere-se à diferenciação entre regras e princípios. Ademais, esta diferenciação, segundo o próprio autor, configura-se a "base da teoria da fundamentação no âmbito dos Direitos Fundamentais" e é essencial na resolução dos problemas atrelados a estes como, por exemplo, a questão sobre restrições aos Direitos Fundamentais e, também, colisões entre tais normas jurídicas (p. 2008, 85).

Percebe-se, portanto, a preocupação do autor em relação à distinção de tais normas jurídicas. Desse modo, verifica-se que para Alexy a diferenciação entre regras e princípios ocorre em virtude de um critério qualitativo e não de grau(Alexy, 2008, p. 91). Em seguida, esta diferenciação será demonstrada de maneira mais clara.

Na teorização de Alexy, os Direitos Fundamentais com natureza de princípios jurídicos configuram-se em mandamentos de otimização que para a sua concretização demandam a análise das condições fáticas e jurídicas, ou seja, os princípios determinam a concretização de algo na maior medida possível (Alexy, 2008, p. 90).

Por outro lado, as regras de Direitos Fundamentais são normas jurídicas que sempre deverão ser aplicadas. Isto quer dizer que as regras possuem uma característica de "tudo ou nada", eis que se aplica tal disposição normativa ou não (Alexy, 2008, p. 90).

Nessa classificação, percebe-se que o conceito apresentado acima de sustentabilidade detém de natureza principiológica, uma vez que não determina algo de maneira definitiva.

Em função disso, os princípios contêm um mandamento prima facie, haja vista que estes não possuem a extensão de seu conteúdo de maneira pré-estabelecida, motivo pelo qual se caracterizam como razões prima facie. Portanto, a aplicabilidade do princípio X poderá ser afastada por razões principiológicas distintas (Alexy, 2008, p. 104 – 106).

Ao contrário dos princípios, as normas jurídicas com natureza de regra caracterizam-se como razões (prima facie) definitivas, tendo em vista que possuem em si a extensão do seu conteúdo e, sendo assim, a disposição que as regras possuem valem por si só (Alexy, 2008, p. 104 - 106). Isto quer dizer que as regras possuem em si as condições

fáticas e jurídicas para a sua aplicação. Sendo assim, se a norma é válida, ela deve ser aplicada.

Com base nisso, entende Morais que a caracterização das regras para Alexy está atrelada à clássica visão da teoria do suporte fático. Isto porque, quando a regras preencherem a sua condição fática pré-estabelecida – suporte fático –, o processo de aplicação da consequência jurídica dar-se-á pela subsunção (Morais, 2016, p. 47 – 48).

Vale frisar, conquanto, que os Direitos Fundamentais de natureza principiológica realizam uma função modificadora e superadora (sic) das regras, visto que poderão ser apresentadas razões suficientes para tanto (Alexy, 2008, p. 558).

Isto ocorrerá quando há certo princípio que entre em conflito com o princípio que sustenta a regra. Neste caso, faz-se necessário que aquele princípio seja considerado de peso superior ao princípio que sustenta a indigitada regra e, também, que os princípios formais que a sustentam sejam afastados (Alexy, 2008, p. 105)

Nesse contexto, Almeida apregoa que as regras só serão derrotáveis em situações excepcionais. Tais situações estão adstritas aos casos em que se verifique por meio do balanceamento razões suficientemente fortes para afastar a consequência jurídica imputada pela regra sob questão (2014, p. 66).

De acordo com Alexy, esta distinção entre regras e princípios mostra-se mais evidente com a demonstração da solução para os casos de colisões entre princípios e os conflitos entre regras (2008, p. 91).

Dessa maneira, é mencionado que a solução do conflito entre regras somente ocorrerá com a declaração da invalidade de uma das regras conflitantes ou com a inserção de uma cláusula de exceção que elimine o conflito.

Ademais, em casos de impossibilidade de inserção de uma cláusula de restrição, a declaração de invalidade de uma das regras, ora conflitantes, dar-se-á mediante o uso das regras de antinomias (Alexy, 2008, p. 92 – 93).

Já a solução em casos de colisões entre princípios ocorre de maneira totalmente diversa, eis que em casos de princípios colidentes a solução ocorrerá na dimensão do peso (Alexy, 2008, p. 94).

Em outras palavras, na colisão de princípios não se faz necessária a exclusão de um dos princípios colidentes do ordenamento jurídico, ou seja, deverá ser estabelecida uma relação de precedência que não culminará na exclusão do princípio de menor valor (Alexy, 2008, p. 93 – 94).

Verifica-se, então, que em casos de colisões entre princípios haverá a estipulação de uma precedência entres estes em virtude das condições fáticas e jurídicas do caso concreto.

Desse modo, caso ocorra nova colisão entre os mesmos princípios e sob outras condições, a harmonização destes – relação de precedência – poderá ser realizada de maneira diversa (Alexy, 2008, p. 93).

Em resumo: infere-se, portanto, que a solução das colisões entre princípios é realizada na dimensão do peso – precedência condicionada -, enquanto a solução de colisões entre regras, por sua vez, ocorre na dimensão da validade – exclusão da regra ou inserção de cláusula de restrição - (Alexy, 2008, p. 94).

Considerando, portanto, que o conflito entre princípios ocorre na dimensão do peso, Alexy desenvolve a denominada "Lei de colisão". Esta lei corresponde ao seguinte enunciado: "As condições sob as quais um princípio tem precedência em face de outro constituem o suporte fático de uma regra que expressa a consequência jurídica do princípio que tem precedência" (Alexy, 2008, p. 99).

O indigitado enunciado refere-se à ideia de que com o resultado do sopesamento entre os princípios colidentes tem-se a formulação de uma regra de precedência condicionada e, ainda, de uma norma de Direito Fundamental atribuída ao texto Constitucional, motivo pelo qual em novos casos, com as mesmas condições fáticas e jurídicas, esta regra será aplicada mediante a utilização da subsunção (Alexy, 2008, p. 102).

Esta operação de aplicabilidade dos princípios jurídicos irá estabelecer as condições fáticas e jurídicas que se consubstancia no suporte fático de um Direito Fundamental com estrutura de regra jurídica condicionada e atribuída ao texto Constitucional, esclarece Morais (2016, p. 59).

Nessa esteira, concluí o referido autor que os princípios no saber de Alexy são normas jurídicas ideais que deverão ser aplicados na maior medida possível por meio do sopesamento, o qual transformará o ideal de comando máximo numa regra – perspectiva real – condicionada aos elementos fáticos e jurídicos (Morais, 2016, p. 61).

Portanto, com base na diferenciação acima referida, pode-se dizer que a distinção estrutural das normas jurídicas está intimamente relacionada com a questão da aplicabilidade. Como visto, a aplicabilidade das regras é realizada por meio da subsunção e dos princípios pela ponderação que estabelece uma precedência condicionada entre eles.

Com o intuito de estipular esta relação de precedência, Alexy formula a máxima da proporcionalidade. Isto é, para fins de aplicação dos princípios e, consequentemente, a estipulação da relação de precedência o autor germânico irá apostar na regra da máxima da proporcionalidade.

Dessa maneira, a máxima da proporcionalidade na teorização de Alexy corresponde à caracterização dos princípios jurídicos como mandamentos de otimização, eis, pois, a proporcionalidade em lato sensu objetiva a aplicação ao máximo possível destas normas jurídicas. Em suma, a máxima da proporcionalidade exprime o dever prima facie da aplicação dos princípios jurídicos na maior medida possível (Morais, 2016, p. 55).

A máxima da proporcionalidade, assim, pretende fornecer uma maior proteção aos Direitos Fundamentais. Quiçá, a máxima da proporcionalidade é uma exigência do dever de proteção aos Direitos Fundamentais. O dever de proteção, por sua vez, decorre dos Direitos Fundamentais como uma proteção à violação aos Direitos Fundamentais praticadas por atores privados, "forças sociais ou mesmo desenvolvimento sociais controláveis pela ação estatal" (Grimm, 2007, p. 156).

Essa concepção ampliou o papel do Estado. Antes visto apenas como inimigo dos Direitos — com a obrigação de se abster de violá-los —, passa a ser concebido também como aliado. O Estado assume, então, a missão de agir positivamente para evitar violações provenientes de particulares (Grimm, 2007, p. 160).

Segundo Grimm, esse dever de proteger vincula todas as esferas do Estado. Entretanto, o principal instrumento de efetivação encontra-se na atividade legislativa, que cria normas e políticas públicas concretas (2007, p. 150).

Ainda, no que se refere à máxima da proporcionalidade, importante esclarecer que essa nos termos propostos por Alexy não poderá ser empregado no âmbito jurídico como sinônimo do princípio da razoabilidade (Silva, 2002, p. 28 – 29).

Esta confusão terminológica, segundo Silva, é algo costumeiro tanto na doutrina como jurisprudência. Em poucas palavras, pode-se afirmar, então, que a proporcionalidade e razoabilidade diferenciam-se não só em razão da sua origem, mas, também, pela sua estrutura (Silva, 2002, p. 28 – 29).

Tendo em vista que a aplicação dos princípios está condicionada as circunstâncias fáticas e jurídicas do caso concreto, o dever prima facie da proporcionalidade (lato sensu) será realizado de forma gradual em função da relação de precedência, sendo esta estipulada pelas submáximas da proporcionalidade (Morais, 2016, p. 55 – 58).

A aplicação na maior medida possível dos Direitos Fundamentais sob a estrutura de princípios requer a utilização da máxima da proporcionalidade, para ser mais claro. Esta aplicação, por sua vez, ocorre com a análise de três submáximas. Quais sejam? Submáximas da adequação, necessidade e proporcionalidade em sentido estrito (Morais, 2016, p. 55 – 58).

É necessário destacar, ainda, que o desenvolvimento da proporcionalidade (lato sensu) por Alexy dá-se sob duas óticas, haja vista a classificação clássica entre Direitos de liberdade e Direitos de igualdade. Sendo assim, a proporcionalidade em sentido amplo deve ser entendida como critério de aplicação dos princípios sob o viés da proibição de excesso - Übermassverbot - e proibição de proteção deficiente – Untermassverbot – (Michael, 2010, p.196).

Como já mencionado acima, o princípio da sustentabilidade – como Direito Fundamental – possui dois sentidos, os quais demandam ao Estado tanto uma abstenção como uma atuação.

De todo modo, neste estudo, pretende-se caracterizar o Direito Fundamental à sustentabilidade como Direito Social, motivo pelo qual abaixo será apresentada a base teoria de Robert Alexy para tanto.

Acima já se demonstrou que a sustentabilidade como Direito Fundamental se enquadra na classificação de princípio e não de regra. Trata-se, então, de uma norma de Direito Fundamental com natureza de princípio, a qual demanda uma aplicabilidade de acordo com as condições fáticas e jurídicas e sempre no maior grau possível.

Abaixo, portanto, apresentar-se-á a sustentabilidade como um Direito Fundamental de natureza positiva. Isto é, uma norma de Direito Fundamental de caráter social.

De acordo com Alexy, os Direitos Sociais possuem uma “ideia-guia”, segundo a qual todos os cidadãos têm Direito a ações positivas em função dos Direitos Fundamentais. E, por essa razão, sua disciplina não pode ser deixada à simples vontade da maioria parlamentar (2008, p. 450).

Essa “ideia-guia” pode ser apresentada com base no seguinte enunciado geral sobre Direitos a prestações:

Todos os cidadãos possuem Direitos a ações positivas em função dos Direitos Fundamentais e tais prestações configuram-se de suma importância e por tal motivo a decisão sobre tal temática não poderá ser deixada ao alvedrio da maioria parlamentar simples (2008, p. 450).

Por isso, o autor germânico classifica os Direitos a prestações positivas em três categorias:

(a) Direitos à proteção;

(b) Direitos à organização e procedimento; e

(c) Direitos a prestações em sentido estrito (Alexy, 2008, p. 442).

Embora diferentes em sua estrutura, essas categorias compartilham um denominador comum: todas requerem ações positivas do Estado para assegurar a concretização dos Direitos Fundamentais, o que corresponde ao Dever de Proteção (Alexy, 2009, p. 3).

No caso dos Direitos à proteção, Alexy enfatiza que se trata de Direitos constitucionais de titularidade dos cidadãos, oponíveis ao Estado, para que este os defenda de interferências de terceiros. Como exemplo, menciona-se a proteção contra homicídios (Alexy, 2009, p. 3).

Ademais, ressalta o autor que o principal problema referente aos Direitos à proteção diz respeito à interferência de outro Direito Fundamental. Para exemplificar isso, Alexy menciona que a proteção contra comentários depreciativos a alguém pressupõe a interferência à liberdade de expressão de outrem. A solução para esse problema ocorrerá a partir da máxima da proporcionalidade, uma vez que os Direitos conflitantes deverão ser otimizados (2009, p. 3).

Já os Direitos à organização e procedimento correspondem às normas que regulam estruturas e processos destinados a garantir os próprios Direitos Fundamentais. Para Alexy, os procedimentos devem ser compreendidos como conjuntos de regras e princípios que buscam assegurar um resultado coerente com a proteção dos Direitos (2008, p. 473).

Nesse ponto, Sarlet acrescenta que tais Direitos demandam do Estado, sobretudo do Poder Legislativo, a elaboração de atos legislativos e administrativos. Esses atos devem criar órgãos, estabelecer procedimentos e até prever formas de participação popular voltadas à salvaguarda dos Direitos Fundamentais (2012, p. 197).

Por sua vez, os Direitos a prestações em sentido estrito configuram verdadeiros Direitos Sociais. Neles, o cidadão possui o Direito a uma prestação estatal específica, a qual poderia, em tese, ser obtida de particulares, caso houvesse condições financeiras e oferta privada adequada (Alexy, 2008, p. 449).

A partir da classificação acima, entende-se que o princípio da sustentabilidade na conceituação acima desenvolvida classifica-se como Direito à proteção, uma vez que

demanda do Estado um agir a fim de proteger o Direito das gerações presentes e futuras de ataques de terceiros.

Considerações finais

O desenvolvimento do presente estudo pressupôs a existência de uma crise planetária, conforme defendido por Edgar Morin. Como visto, essa crise planetária repercute em vários segmentos do planeta, inclusive no que se refere ao equilíbrio ecológico, à manutenção de comunidades humanas e não humanas, bem como às próprias bases materiais da vida. Trata-se de uma crise de caráter multidimensional, que não se limita à esfera ambiental, mas alcança dimensões sociais, econômicas, culturais e civilizatórias, exigindo respostas igualmente complexas e integradas, inclusive por parte do Direito.

O autor francês propõe várias vias a fim de paralisar solucionar a crise e alcançarmos aquilo que o autor denominou por metamorfose. Por outro lado, esse estudo, apresentou o princípio da sustentabilidade como uma das formas juridicamente relevantes de garantir o Direito das gerações presentes e futuras. Mas, para além disso, apresentou-se a natureza jurídica do princípio da sustentabilidade como norma de Direito Fundamental, deslocando-o do campo meramente programático.

Num primeiro momento, todavia, o estudo demonstrou que, em virtude da crise planetária, não mais se mostra adequada a noção estrita de sustentabilidade, restrita à proteção ambiental em sentido ecológico. Na verdade, faz-se necessária a adoção do conceito amplo acerca do princípio da sustentabilidade, capaz de abarcar a complexidade das relações entre sociedade, economia, natureza e Direito, bem como de responder às exigências de justiça.

Como se viu, esse conceito amplo é defendido por autores como Canotilho, Leonardo Boff e Juarez de Freitas, obviamente, cada qual com suas particularidades na construção semântica do indigitado princípio. Não obstante as diferenças, esses autores convergem no reconhecimento de que a sustentabilidade deve ser compreendida como um princípio estruturante do Estado Constitucional contemporâneo, dotado de força normativa e vocação integradora.

De todo modo, percebeu-se que todos os referidos autores defendem uma concepção holística, integradora e multidimensional, a seu modo, a fim de dar respostas à garantia do Direito das gerações presentes e futuras. Essa compreensão amplia o horizonte da sustentabilidade, permitindo sua articulação com direitos fundamentais

sociais, com o princípio da dignidade da pessoa humana e com a própria ideia de responsabilidade coletiva perante o futuro.

Ainda que cada autor tenha desenvolvido suas particularidades, entende-se que todos adotam, de certa maneira, o imperativo categórico construído por Canotilho, no sentido de que o princípio da sustentabilidade impede que:

a) vivamos às custas da natureza;

b) às custas de outros seres humanos;

c) às custas de outras nações;

d) às custas de outras gerações.

Posteriormente, apresentou-se a natureza das normas de Direitos Fundamentais, as quais podem ser classificadas como regras ou princípios. A partir disso, concluiu-se que a sustentabilidade se classifica, de fato, como uma norma de Direito Fundamental com natureza principiológica, o que implica sua aplicação mediante ponderação e consideração das circunstâncias fáticas e jurídicas do caso concreto. Tal classificação, contudo, não retira o seu caráter de eficácia jurídica e aplicabilidade imediata, mas, ao contrário, reforça sua exigibilidade no plano constitucional.

Ao final, a partir da classificação de Robert Alexy acerca dos Direitos Fundamentais Sociais, confirmou-se a hipótese inicialmente sugerida para fins de construção da presente pesquisa. Demonstrou-se que a estrutura normativa do princípio da sustentabilidade é compatível com os direitos a prestações positivas, especialmente no que se refere aos direitos à proteção, os quais impõem ao Estado deveres jurídicos de atuação.

Em outras palavras, evidenciou-se que o princípio da sustentabilidade, em sua concepção holística e, portanto, dotado de sentido negativo e positivo, enquadra-se como uma norma de Direito à proteção (Direito Fundamental Social), uma vez que impõe ao Estado um dever de ação para fins de proteção do imperativo categórico inerente à sustentabilidade.

Referências

ALEXY, Robert. **Teoria dos direitos fundamentais**. São Paulo: Malheiros Editores, 2ª. ed., 2008.

____. **Derechos sociales y ponderación**. Madrid: Fundación Coloquio Jurídico Europeo, 2009.

ALMEIDA, Luiz Antônio Freitas de. **Direitos Fundamentais Sociais e ponderação: ativismo irrefletido e controle jurídico racional**. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris editora, 2014

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade: o que é – o que não é**. 4. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015.

BONNEUIL, Christophe; FRESSOZ, Jean-Baptiste. **O acontecimento antropoceno: a Terra, a história e nós**. Tradução de Marcela Vieira. São Paulo: Quina; Editora Unicamp, 2021.

CANOTILHO, José Joaquim Gomes. O princípio da sustentabilidade como princípio estruturante do Direito Constitucional. **Revista de Estudos Politécnicos**, Porto, v. 8, n. 13, p. 7–18, 2010. ISSN 1645-9911.

FREITAS, Juarez. **Sustentabilidade: direito ao futuro**. 2. ed. Belo Horizonte: Fórum, 2012.

GRIMM, Dieter. A função protetiva do Estado. In: NETO, Cláudio Pereira de Souza [org]; SARMENTO, Daniel. **A constitucionalização do Direito: fundamentos teóricos e aplicações específicas**. Rio de Janeiro: Editora Lumen Juris, 2007. p. 149 – 166.

MICHAEL, Lothar. As três estruturas de argumentação do princípio da proporcionalidade – para a dogmática da proibição de excesso e de insuficiência e dos princípios da igualdade. HECK, Luís Afonso (org.). **Direito natural, direito positivo, direito discursivo**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 2010. p. 189 – 206.

MORAIS, Fausto Santos De. **Ponderação e arbitrariedade – A inadequada recepção Alexy pelo STF**. Salvador: Editora Juspodivm, 2016.

MORIN, Edgar. **A via para o futuro da humanidade**. Tradução de Edgard de Assis Carvalho; Mariza Perassi Bosco. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015.

SARLET, Ingo Wolfgang. **A eficácia dos direitos fundamentais: uma teoria geral dos direitos fundamentais na perspectiva constitucional**. Porto Alegre: Livraria do Advogado Editora, 11. ed.,2012.

SILVA, José Alfonso da. O proporcional e o razoável. **Revista dos Tribunais**, v. 798, ano 91, p. 23-50, abr. 2002.

ZAMBAM, Neuro José; SALVETTI, Ésio Francisco. Condições da coesão social em Amartya Sen: análise da obra A ideia de justiça, de Amartya Sen. **Quaestio Iuris**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 322–344, 2021.

CAPÍTULO 27

ESTRESSE OXIDATIVO E DISFUNÇÃO MITOCONDRIAL NO ENVELHECIMENTO CEREBRAL: MECANISMOS FISIOPATOLÓGICOS E ABORDAGENS NEUROPROTETORAS

OXIDATIVE STRESS AND MITOCHONDRIAL DYSFUNCTION IN BRAIN AGING: PATHOPHYSIOLOGICAL MECHANISMS AND NEUROPROTECTIVE APPROACHES

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.27

Submetido em: 01/06/2026
Revisado em: 08/06/2026
Publicado em: 16/06/2026

Gabriela Acunha Razzera
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Farmácia, Santa Maria – RS
http://lattes.cnpq.br/7312380567761561

Ana Laura Kerkhoff Escher
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Enfermagem, Santa Maria– RS
http://lattes.cnpq.br/5542267995861481

Caroline Kemmerich
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Farmácia, Santa Maria – RS
http://lattes.cnpq.br/0856240561084274

Giovana Bolzan Fortes
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Enfermagem, Santa Maria– RS
https://lattes.cnpq.br/5729974068768994

Gustavo Figueiredo Prestes
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Medicina, Santa Maria– RS
http://lattes.cnpq.br/5161235433538317

Natália Hentschke
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Enfermagem, Santa Maria– RS

https://lattes.cnpq.br/7388411381669528
Sofia Laura Thom
Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Farmácia, Santa Maria – RS
http://lattes.cnpq.br/2380530874654568
Fernanda Barbisan
Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Patologia, Santa Maria – RS
http://lattes.cnpq.br/1428674947616182
Maria Denise Schimith
Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Enfermagem, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/1266040963485514
Elize Musachio
Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-graduação em Enfermagem, Santa Maria-RS
http://lattes.cnpq.br/2193888897026098

Introdução

O envelhecimento cerebral é um processo multifatorial caracterizado por alterações progressivas na estrutura e função do sistema nervoso central (SNC), resultando em declínio cognitivo e maior suscetibilidade a doenças neurodegenerativas (Gaspar-Silva *et al*., 2023). Esse processo envolve a interação entre fatores genéticos, metabólicos e ambientais, que impactam diretamente a homeostase neuronal ao longo do tempo (Lopez-Otin *et al*., 2022). Entre os mecanismos associados ao envelhecimento biológico, a disfunção mitocondrial e o estresse oxidativo destacam-se por contribuírem para alterações metabólicas e moleculares que favorecem o declínio da função cerebral (Giorgi *et al*.,2019).

Nesse cenário, o estresse oxidativo e a disfunção mitocondrial destacam-se como mecanismos centrais na fisiopatologia do envelhecimento cerebral, atuando de forma interdependente no comprometimento bioenergético e na progressão de alterações neurodegenerativas (Hou *et al*., 2019).

O estresse oxidativo resulta do desequilíbrio entre a produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) e a capacidade dos sistemas antioxidantes de neutralizá-las. (Lima *et*

al., 2026). O tecido cerebral apresenta vulnerabilidade ao dano oxidativo devido ao seu elevado consumo de oxigênio, à abundância de lipídios suscetíveis à peroxidação e à limitada capacidade antioxidante (Jelinek *et al*., 2021). Como consequência, observa-se o acúmulo progressivo de danos oxidativos, comprometendo a integridade celular e contribuindo para a progressão do envelhecimento neuronal (Singh *et al*., 2019).

Evidências recentes demonstram que o estresse oxidativo e a disfunção mitocondrial também estão relacionados à neuroinflamação crônica e à senescência celular, mecanismos amplamente associados ao envelhecimento cerebral. O aumento da produção de EROs mitocondriais pode ativar vias inflamatórias, como NF-κB, promovendo ativação microglial e liberação de citocinas pró-inflamatórias. Paralelamente, as mitocôndrias exercem papel central na manutenção da bioenergética celular, sendo responsável pela produção de adenosina trifosfato (ATP) na membrana interna mitocondrial por meio da cadeia de transporte de elétrons (CTE) e da fosforilação oxidativa (Kuznetsov *et al*., 2022). No entanto, essa organela também constitui uma das principais fontes de EROs (Spinelli *et al*., 2018). Desse modo, alterações mitocondriais associadas ao envelhecimento, como redução do potencial de membrana, prejuízo da CTE e comprometimento dos mecanismos de controle de qualidade mitocondrial, contribuem para o aumento da produção de EROs, estabelecendo um ciclo progressivo de dano celular (Lovine *et al*., 2021).

Assim, a compreensão desses mecanismos torna-se fundamental, uma vez que esses processos estão diretamente envolvidos na perda da homeostase neuronal e na progressão de doenças neurodegenerativas (Noh *et al*., 2023). Além disso, a elucidação desses processos possibilita a identificação de alvos terapêuticos e o desenvolvimento de estratégias voltadas à neuroproteção (Angelin, 2025). Nesse contexto, este capítulo tem como objetivo analisar os mecanismos envolvidos no estresse oxidativo e na disfunção mitocondrial, bem como suas implicações fisiopatológicas e potenciais abordagens terapêuticas.

Espécies Reativas de Oxigênio e dano oxidativo

As EROs constituem moléculas altamente reativas derivadas do metabolismo do oxigênio, produzidas fisiologicamente em diferentes compartimentos celulares, como na mitocôndria (Giorgi *et al*., 2018). Durante a fosforilação oxidativa, o fluxo de transferência ao longo da CTE pode apresentar desvios, especialmente nos complexos I e III, levando à redução parcial do oxigênio e à formação do ânion superóxido (Figura 1).

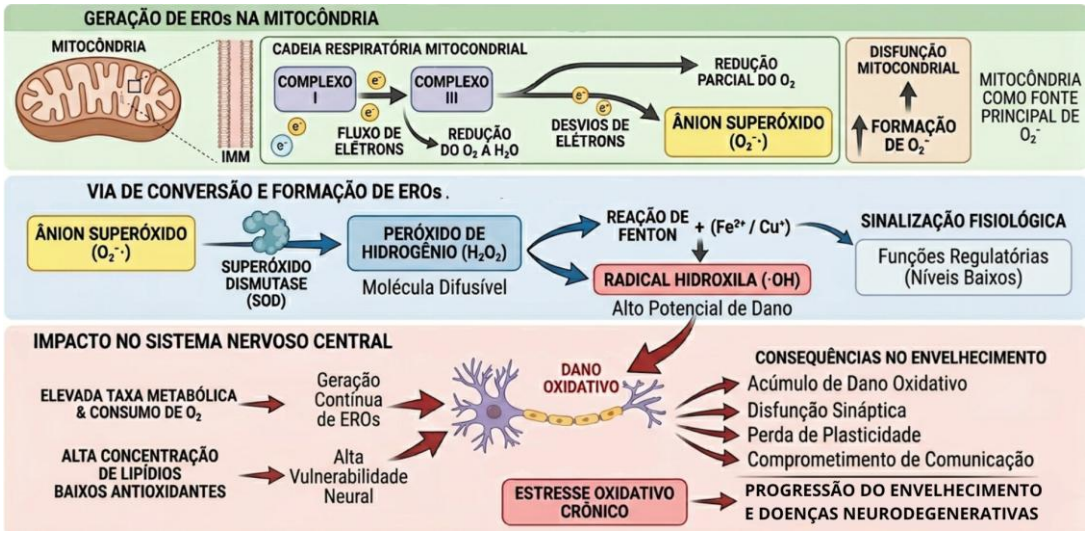
Esse mecanismo representa a principal fonte intracelular de EROs em condições fisiológicas, sendo intensificado em cenários de disfunção mitocondrial (Mantzarlis *et al*., 2017).

O ânion superóxido é convertido em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) pela ação da enzima superóxido dismutase (SOD), que constitui a primeira linha de defesa contra o estresse oxidativo, atuando na regulação do equilíbrio redox celular (Chidambaram *et al*., 2024). Apesar de apresentar menor reatividade, o H_2O_2 possui elevada capacidade de difusão o que favorece sua participação na formação de espécies mais reativas (Lenzen *et al*., 2022). Na presença de metais de transição, como ferro e cobre, o H_2O_2 pode participar de reações como a de Fenton, levando à formação do radical hidroxila, considerado uma das espécies mais reativas e capazes de promover danos extensivos às estruturas celulares (Collin, 2019). Dessa forma, a propagação das reações oxidativas favorece o estabelecimento de um ambiente pró-oxidante capaz de comprometer proteínas, lipídios e ácidos nucleicos, contribuindo para a perda da integridade celular e funcionalidade neuronal. (Bhattarai *et al*,. 2021).

No SNC, esses processos são relevantes devido às características intrínsecas do tecido neural (Varadarajan *et al*., 2021). O cérebro apresenta elevada taxa metabólica e consumo de oxigênio, o que favorece a geração contínua de EROs (Watts *et al*., 2018). Além disso, a alta concentração de lipídios suscetíveis à oxidação e a relativa limitação dos sistemas antioxidantes tornam os neurônios vulneráveis ao estresse oxidativo (Jelinek *et al*., 2021). Como consequência, o acúmulo de dano oxidativo ao longo do tempo contribui para a disfunção sináptica, alterações na plasticidade neuronal e comprometimento da comunicação entre células nervosas (Chi *et al*., 2023).

A importância das EROs no envelhecimento não se restringe ao seu potencial deletério, uma vez que, em níveis controlados, também desempenham funções fisiológicas relevantes, atuando como moléculas sinalizadoras em vias intracelulares (Zou *et al*., 2022). No entanto, o desequilíbrio entre produção e neutralização dessas espécies resulta em estresse oxidativo crônico, que se configura como um dos principais mecanismos associados à progressão do envelhecimento e ao desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (Singh *et al*., 2022).

Figura 1. Integração entre estresse oxidativo e disfunção mitocondrial no envelhecimento cerebral.



Fonte: Autora (2026).

Mitocôndria como alvo central no envelhecimento

A mitocôndria é uma organela fundamental para a manutenção da homeostase celular, atuando na produção de energia por meio da fosforilação oxidativa, além de atuar na regulação do metabolismo, na sinalização celular e nos processos de morte celular programada (Wang *et al*., 2025). Nos neurônios, essa função é ainda mais crítica devido à elevada demanda energética associada à transmissão sináptica, ao transporte axonal e à manutenção do potencial de membrana. Dessa forma, a integridade mitocondrial é essencial para o adequado funcionamento do SNC, visto que sua disfunção é um dos principais eventos associados ao envelhecimento cerebral (Cai *et al*., 2017).

Além disso, a produção de ATP ocorre na membrana interna por meio da CTE, onde a transferência sequencial de elétrons gera um gradiente eletroquímico utilizado pela ATP sintase (Wang *et al*., 2022). Esse processo depende da manutenção do potencial de membrana, cuja redução compromete diretamente a eficiência da fosforilação oxidativa e resulta em déficit energético. Ao longo do envelhecimento, a disfunção mitocondrial caracteriza-se pela redução da atividade dos complexos da CTE aumento da produção de EROs e maior suscetibilidade ao dano oxidativo, o que contribui para o comprometimento da bioenergética neuronal (Mahadevan *et al*., 2021).

O DNA mitocondrial (mtDNA) também apresenta elevada suscetibilidade ao dano oxidativo devido à ausência de histonas protetoras e à limitada capacidade de reparo

quando comparado ao DNA nuclear. Como consequência, o acúmulo progressivo de mutações no mtDNA compromete a eficiência da CTE, favorecendo alterações bioenergéticas e intensificando a geração de EROs, perpetuando um ciclo progressivo de dano mitocondrial e desequilíbrio redox (Clemente-Suárez *et al*., 2023).

Além da função bioenergética, a mitocôndria participa ativamente da regulação da apoptose (Hall-Younger; Tait 2025). Dessa forma, as alterações na permeabilidade da membrana mitocondrial interna podem levar à abertura do poro de transição de permeabilidade, permitindo a liberação de proteínas pró-apoptóticas, como o citocromo c, para o citosol. Esse evento desencadeia a ativação de caspases e a progressão da morte celular programada (Nano *et al*., 2023). Assim, em relação ao envelhecimento, a ativação exacerbada dessas vias contribui para a perda progressiva de neurônios, afetando diretamente a função cerebral (Faraji; Metz 2024).

Outro aspecto relevante é a dinâmica mitocondrial, regulada pelos processos de fissão (divisão) e fusão (união), que controlam a forma, distribuição e qualidade das mitocôndrias (Picard *et al*., 2018). A fusão mitocondrial favorece a troca de componentes entre organelas, incluindo proteínas, lipídios e moléculas de DNA mitocondrial, contribuindo para a manutenção da funcionalidade mitocondrial. Enquanto a fissão é importante para a proliferação mitocondrial, transporte para áreas de alta demanda energética e segregação de mitocôndrias disfuncionais para posterior remoção (Chen *et al*., 2023). No envelhecimento, observa-se o predomínio da fissão sobre a fusão, levando ao acúmulo de mitocôndrias fragmentadas e menos eficientes, o que compromete a produção de ATP e favorece o aumento da geração de EROs (Akbari *et al*., 2019).

Adicionalmente, os mecanismos de controle de qualidade mitocondrial, especialmente a mitofagia, são importantes na remoção de mitocôndrias danificadas ou envelhecidas (Wang *et al*., 2026). Esse processo é mediado por vias como a dependente de PINK1 e Parkin, que sinalizam para a degradação seletiva dessas organelas (Narendra *et al* 2024). A deficiência na mitofagia observada durante o envelhecimento leva ao acúmulo de mitocôndrias disfuncionais, aumentando a produção de EROs e perpetuando um ciclo de dano progressivo (Bhansali *et al*., 2017). Assim, a mitocôndria também torna-se simultaneamente fonte e alvo do estresse oxidativo, desempenhando papel central na fisiopatologia do envelhecimento cerebral.

Neuroinflamação e senescência celular no envelhecimento cerebral

A neuroinflamação é um processo caracterizado pela ativação persistente de mecanismos imunológicos no SNC, sendo amplamente associada ao envelhecimento cerebral e à progressão de doenças neurodegenerativas. Evidências demonstram que o estresse oxidativo e a disfunção mitocondrial contribuem diretamente para esse processo, uma vez que o aumento da produção de EROs ativa vias pró-inflamatórias, como a mediada pelo fator nuclear kappa B (NF-κB), favorecendo a produção de citocinas inflamatórias e a manutenção de um ambiente celular desfavorável à sobrevivência neuronal (Kuznetsov *et al*., 2022).

Nesse contexto, a micróglia, principal célula imunológica residente do SNC, desempenha papel central na resposta inflamatória associada ao envelhecimento. Sua ativação crônica promove a liberação de mediadores pró-inflamatórios, como TNF-α, IL-1β e IL-6, além de aumentar a produção de EROs, contribuindo para o dano neuronal e o comprometimento da função cognitiva (Hou *et al*., 2019). Adicionalmente, a ativação do inflamassoma NLRP3, favorecida pelo acúmulo de EROs e pela disfunção mitocondrial, intensifica a resposta inflamatória e tem sido associada ao desenvolvimento de doenças neurodegenerativas (Talebi *et al*., 2022).

Paralelamente, a senescência celular representa outro mecanismo relacionado ao envelhecimento cerebral. O acúmulo de células senescentes favorece a liberação de mediadores inflamatórios por meio do fenótipo secretor associado à senescência (SASP), contribuindo para a manutenção de um estado inflamatório crônico de baixa intensidade e para a amplificação do estresse oxidativo (Lopez-Otin *et al*., 2023; Noh *et al*., 2023).

Dessa forma, a neuroinflamação atua de maneira integrada ao estresse oxidativo e à disfunção mitocondrial, formando uma rede de mecanismos interdependentes que contribuem para o comprometimento progressivo da função neuronal durante o envelhecimento cerebral.

Estratégias antioxidantes e de neuroproteção

A manutenção da homeostase redox é fundamental para a integridade do SNC, sendo regulada por um conjunto de mecanismos antioxidantes capazes de neutralizar EROs e minimizar seus efeitos deletérios (Figura 2) (Silva *et al*., 2022). Entre os principais componentes desse sistema destacam-se enzimas como a SOD, responsável pela conversão do ânion superóxido em H_2O_2, a catalase, que promove a decomposição

do peróxido em água e oxigênio, e a glutationa peroxidase, que utiliza a glutationa reduzida (GSH) para neutralizar peróxidos e limitar a propagação do dano oxidativo (Steven *et al*., 2019; Chidambaram *et al*., 2024).

Nesse sentido, os antioxidantes exógenos têm sido amplamente investigados devido ao seu potencial neuroprotetor, atuando por diferentes mecanismos. Desse modo, a neutralização direta de EROs, a quelação de metais de transição envolvidos na formação de radicais livres e a modulação de vias de sinalização celular associadas à resposta antioxidante (Modi *et al*., 2024).

Um dos principais mecanismos de ação destes compostos envolve a ativação de vias de defesa celular, como a via regulada pelo fator de transcrição Nrf2 (Liguori *et al*., 2018). Em condições de estresse oxidativo, o Nrf2 é ativado e translocado para o núcleo, onde induz a expressão de genes envolvidos na síntese de enzimas antioxidantes e proteínas citoprotetoras. Dessa forma, a ativação dessa via representa um importante mecanismo adaptativo frente ao aumento da produção de EROs e constitui um potencial alvo terapêutico para a prevenção do dano neuronal (Timoshnikov *et al*., 2022).

Além disso, alguns antioxidantes endógenos exercem efeitos diretos sobre a mitocôndria, favorecendo a preservação do potencial de membrana, redução da produção de EROs e melhoria da eficiência da fosforilação oxidativa, o que é essencial para a manutenção da função neuronal (Ghezzi *et al*., 2012).

Compostos bioativos como resveratrol, curcumina, quercetina e melatonina têm demonstrado potencial neuroprotetor por meio da modulação do estado redox e da preservação da função mitocondrial (Naion *et al*., 2019). O resveratrol, por exemplo, está associado à ativação de SIRT1 e AMPK, promovendo aumento da biogênese mitocondrial e maior resistência celular ao estresse oxidativo (Zhang *et al*., 2021). A curcumina e a quercetina apresentam importante capacidade antioxidante e anti-inflamatória. Desse modo, atuam na ativação da via Nrf2/ARE, inibição de fatores pró-inflamatórios, como NF-κB, contribuindo para a redução da peroxidação lipídica (Inchingolo *et al*., 2022). E a melatonina, além de seu papel na regulação do ciclo circadiano, exerce atividade antioxidante, contribuindo para a estabilização do potencial de membrana mitocondrial, redução da produção de EROs e preservação da atividade dos complexos da CTE (Bao *et al*., 2026).

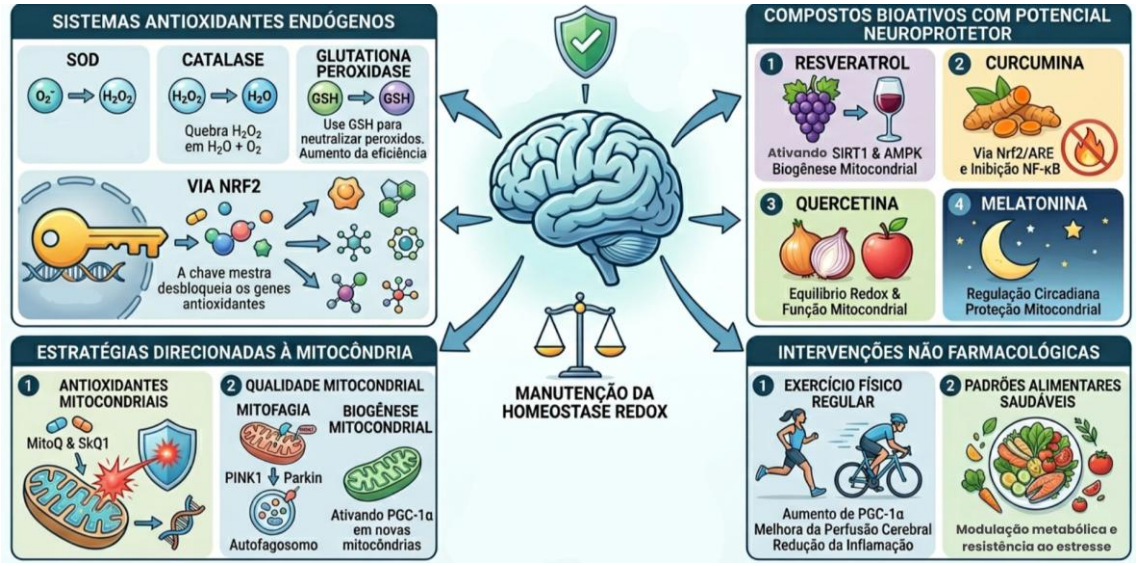
Paralelamente, antioxidantes direcionados especificamente à mitocôndria, como MitoQ e SkQ1, têm emergido como estratégias terapêuticas promissoras devido à sua capacidade de atravessar a membrana e se acumular na matriz mitocondrial. Esses

compostos atuam reduzindo diretamente a produção de EROs mitocondriais, preservando a integridade da cadeia respiratória, diminuindo o dano oxidativo ao DNA mitocondrial e melhorando a eficiência bioenergética celular (Wu; Wu, 2026).

Complementarmente, intervenções não farmacológicas, como a prática regular de atividade física e estratégias nutricionais voltadas à redução do estresse oxidativo, também têm demonstrado potencial neuroprotetor. Essas abordagens estão associadas ao fortalecimento das defesas antioxidantes endógenas, à melhora da função mitocondrial e à redução de processos inflamatórios relacionados ao envelhecimento (Clemente-Suárez *et al*., 2023).

Assim, a importância das estratégias antioxidantes no contexto do envelhecimento cerebral reside na sua capacidade de interromper ou atenuar o ciclo de dano oxidativo e disfunção mitocondrial. Ao reduzir o acúmulo de danos em biomoléculas e preservar a função das mitocôndrias, esses compostos podem contribuir para a manutenção da homeostase neuronal e retardar a progressão de processos neurodegenerativos (Rauf *et al*. 2023).

Figura 2. Mecanismos antioxidantes na neuroproteção.



Fonte: Autora (2026).

Integração dos mecanismos no envelhecimento cerebral

O envelhecimento cerebral pode ser compreendido como resultado da interação dinâmica e progressiva entre estresse oxidativo e disfunção mitocondrial, formando um

eixo central na deterioração da homeostase neuronal (Tabeli *et al*., 2022). A produção de EROs, inicialmente decorrente do metabolismo celular, torna-se exacerbada com o avanço da idade, enquanto a capacidade antioxidante se torna progressivamente limitada (Giorgi *et al*., 2018). Esse desequilíbrio redox promove danos estruturais e funcionais que afetam diretamente a integridade das mitocôndrias, comprometendo sua capacidade bioenergética (Catic, 2018).

Além disso, esses processos integrados impactam diretamente funções essenciais do SNC, incluindo a neurotransmissão, a plasticidade sináptica e a sobrevivência neuronal (Chiu *et al*., 2019). A ativação de vias apoptóticas, decorrente desses processos, leva à perda progressiva de neurônios, um evento central no envelhecimento cerebral e na fisiopatologia de doenças neurodegenerativas (He *et al*., 2025). Dessa forma, o acúmulo de danos ao longo do tempo não é resultado de eventos isolados, mas sim da interação contínua entre múltiplos mecanismos interdependentes (Pourzand, *et al*., 2022).

Nesse contexto, torna-se evidente que o envelhecimento cerebral deve ser compreendido como um fenômeno multifatorial sustentado por mecanismos moleculares interdependentes. Assim, torna-se relevante discutir potenciais intervenções terapêuticas capazes de modular esses mecanismos (Tabela 1).

Tabela 1. Integração dos mecanismos envolvidos no estresse oxidativo e na disfunção mitocondrial no envelhecimento cerebral.

Mecanismo de ação	**Alteração central**	**Consequência funcional**
Aumento da produção de EROs	Desequilíbrio redox	Maior suscetibilidade ao dano celular
Dano oxidativo a biomoléculas	Peroxidação lipídica, oxidação proteica e dano ao DNA	Comprometimento da integridade celular
Disfunção mitocondrial	Redução da produção de ATP	Déficit energético neuronal
Alterações na dinâmica mitocondrial	Predomínio da fissão e fragmentação	Redução da eficiência mitocondrial
Deficiência na mitofagia	Acúmulo de mitocôndrias disfuncionais	Aumento da produção de EROs

Ativação de vias apoptóticas	Morte neuronal	Perda neuronal progressiva
Comprometimento das defesas antioxidantes	Redução da capacidade de defesa	Intensificação do estresse oxidativo
Resposta neuroprotetora	Ativação de vias antioxidantes	Potencial modulação do dano

Fonte: Autora (2026).

Considerações Finais

O estresse oxidativo e a disfunção mitocondrial são fundamentais na compreensão do envelhecimento cerebral, uma vez que atuam de forma integrada na promoção de alterações celulares capazes de comprometer a viabilidade e a função neuronal. O aumento da produção de EROs, associado à redução da capacidade antioxidante, favorece o acúmulo de danos em biomoléculas como lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. Paralelamente, a perda da eficiência mitocondrial compromete a bioenergética neuronal, reduzindo a produção de ATP e intensificando ainda mais a geração de EROs.

Desse modo, a interação entre esses mecanismos estabelece um ciclo progressivo de dano celular, no qual alterações mitocondriais amplificam a produção de EROs e estas, por sua vez, exacerbam o comprometimento mitocondrial. Além disso, esse cenário associado à perda da homeostase neuronal, disfunção sináptica e ativação de vias de morte celular, sendo amplamente implicado no declínio funcional associado ao envelhecimento e na progressão de doenças neurodegenerativas.

Nesse contexto, estratégias que visem a modulação do estado redox e a preservação da função mitocondrial emergem como abordagens promissoras para a neuroproteção. A atuação de sistemas antioxidantes, tanto endógenos quanto exógenos, destaca-se como uma importante linha de investigação, embora desafios relacionados à eficácia terapêutica e à aplicação clínica ainda precisem ser superados.

Dessa forma, o avanço no entendimento dos mecanismos envolvidos no estresse oxidativo e na disfunção mitocondrial, contribui para a elucidação das bases biológicas do envelhecimento cerebral e também surge como perspectivas para o desenvolvimento de intervenções terapêuticas mais eficazes, capazes de retardar o declínio neuronal e promover um envelhecimento mais saudável.

Referências

AKBARI, M.; KIRKWOOD, T. B. L.; BOHR, V. A. Mitochria in the signaling pathways that control longevity and health span. **Ageing Research Reviews**, v. 54, p. 100940, 2019. DOI: 10.1016/j.arr.2019.100940.

ANGELIM, M. K. S. Mitochondrial therapies for neurodegenerative diseases: emerging approaches and challenges. **Premier Journal of Science**, 2025. DOI: 10.70389/PJS.100068.

BAO, Y. et al. Melatonin as a guardian of mitochondria: mechanisms and therapeutic potential in neurodegenerative diseases. **Biology**, v. 15, n. 2, p. 189, 2026. DOI: 10.3390/biology15020189.

BHANSALI, S. et al. Alterations in mitochondrial oxidative stress and mitophagy in subjects with prediabetes and type 2 diabetes mellitus. **Frontiers in Endocrinology**, v. 8, p. 347, 2017. DOI: 10.3389/fendo.2017.00347.

BHATTARAI, K. R. et al. The consequences of the interplay between endoplasmic reticulum stress response and redox signaling. **Experimental & Molecular Medicine**, v. 53, p. 151–167, 2021. DOI: 10.1038/s12276-021-00560-8.

CAI, Q.; TAMMINENI, P. Mitochondrial aspects of synaptic dysfunction in Alzheimer's disease. **Journal of Alzheimer's Disease**, v. 57, n. 4, p. 1087–1103, 2017. DOI: 10.3233/JAD-160726.

CATIC, A. Cellular metabolism and aging. **Progress in Molecular Biology and Translational Science**, v. 155, p. 85–107, 2018. DOI: 10.1016/bs.pmbts.2017.12.003.

COLLIN, F. Chemical basis of reactive oxygen species reactivity and involvement in neurodegenerative diseases. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, p. 2407, 2019. DOI: 10.3390/ijms20102407.

CHEN, W.; ZHAO, H.; LI, Y. Mitochondrial dynamics in health and disease: mechanisms and potential targets. **Signal Transduction and Targeted Therapy**, v. 8, p. 333, 2023. DOI: 10.1038/s41392-023-01547-9.

CHIDAMBARAM, S. B. et al. Superoxide dismutase and neurological disorders. **IBRO Neuroscience Reports**, v. 16, p. 373–394, 2024. DOI: 10.1016/j.ibneur.2023.11.007.

CHIU, C. Q.; BARBERIS, A.; HIGLEY, M. J. Preserving the balance: diverse forms of long-term GABAergic synaptic plasticity. **Nature Reviews Neuroscience**, v. 20, n. 5, p. 272–281, 2019. DOI: 10.1038/s41583-019-0141-5.

DOLGACHEVA, L. P. et al. Molecular and cellular interactions in pathogenesis of sporadic Parkinson disease. **International Journal of Molecular Sciences,** v. 23, n. 21, p. 13043, 2022. DOI: 10.3390/ijms232113043.

CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. et al. Mitochondria and brain disease: a comprehensive review of pathological mechanisms and therapeutic opportunities. **Biomedicines**, v. 11, n. 9, p. 2488, 2023. DOI: 10.3390/biomedicines11092488.

FARAJI, J.; METZ, G. A. S. Harnessing BDNF signaling to promote resilience in aging. **Aging and Disease**, v. 16, n. 4, p. 1813–1841, 2024. DOI: 10.14336/AD.2024.0961.

GASPAR-SILVA, F.; TRIGO, D.; MAGALHAES, J. Ageing in the brain: mechanisms and rejuvenating strategies. **Cellular and Molecular Life Sciences**, v. 80, p. 190, 2023. DOI: 10.1007/s00018-023-04832-6.

GIORGI, C. et al. Mitochondria and reactive oxygen species in aging and age-related diseases. **International Review of Cell and Molecular Biology**, v. 340, p. 209–344, 2018. DOI: 10.1016/bs.ircmb.2018.05.006.

GHEZZI, D.; ZEVIANI, M. Assembly factors of human mitochondrial respiratory chain complexes: physiology and pathophysiology. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 748, p. 65–106, 2012. DOI: 10.1007/978-1-4614-3573-0_4.

HALL-YOUNGER, E.; TAIT, S. W. G. Mitochondria and cell death signalling. **Current Opinion in Cell Biology**, v. 95, p. 102510, 2025. DOI: 10.1016/j.ceb.2025.102510.

HOU, Y. et al. Ageing as a risk factor for neurodegenerative disease. **Nature Reviews Neurology**, v. 15, n. 10, p. 565–581, 2019. DOI: 10.1038/s41582-019-0244-7.

INCHINGOLO, A. D. et al. Effects of resveratrol, curcumin and quercetin supplementation on bone metabolism: a systematic review. **Nutrients**, v. 14, n. 17, p. 3519, 2022. DOI: 10.3390/nu14173519.

JELINEK, M. et al. Oxidative stress in the brain: basic concepts and treatment strategies in stroke. **Antioxidants**, v. 10, n. 12, p. 1886, 2021. DOI: 10.3390/antiox10121886.

KUZNETSOV, A. V. et al. The complex interplay between mitochondria, ROS and entire cellular metabolism. **Antioxidants**, v. 11, n. 10, p. 1995, 2022. DOI: 10.3390/antiox11101995.

LENZEN, S.; LUSHCHAK, V. I.; SCHOLZ, F. The pro-radical hydrogen peroxide as a stable hydroxyl radical distributor: lessons from pancreatic beta cells. **Archives of Toxicology**, v. 96, n. 7, p. 1915–1920, 2022. DOI: 10.1007/s00204-022-03282-6.

LIGUORI, I. et al. Oxidative stress, aging, and diseases. **Clinical Interventions in Aging**, v. 13, p. 757–772, 2018. DOI: 10.2147/CIA.S158513.

LIMA, A. L. P. et al. How oxidative stress impairs tissue regeneration and accelerates cognitive decline. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 8, n. 1, p. 1075–1083, 2026. DOI: 10.36557/2674-8169.2026v8n2p1075-1083.

LOPEZ-OTIN, C. et al. **Hallmarks of aging: an expanding universe.** Cell, v. 186, n. 2, p. 243–278, 2023. DOI: 10.1016/j.cell.2022.11.001.

MAHADEVAN, H. M. et al. Mitochondria in neuronal health: from energy metabolism to Parkinson's disease. **Advanced Biology**, v. 5, n. 9, e2100663, 2021. DOI: 10.1002/adbi.202100663

MANTZARLIS, K.; TSOLAKI, V.; ZAKYNTHINOS, E. Role of oxidative stress and mitochondrial dysfunction in sepsis and potential therapies. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2017, p. 5985209, 2017. DOI: 10.1155/2017/5985209.

MODI, H. R. et al. Mitochondria-targeted antioxidant therapeutics for traumatic brain injury. **Antioxidants**, v. 13, n. 3, p. 303, 2024. DOI: 10.3390/antiox13030303.

NARENDRA, D. P.; YOULE, R. J. The role of PINK1-Parkin in mitochondrial quality control. **Nature Cell Biology**, v. 26, n. 10, p. 1639–1651, 2024. DOI: 10.1038/s41556-024-01513-9.

NAOI, M. et al. Mitochondria in neuroprotection by phytochemicals: bioactive polyphenols modulate mitochondrial apoptosis system, function and structure. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 20, n. 10, p. 2451, 2019. DOI: 10.3390/ijms20102451.

NOH, S. E. et al. Inhibition of cellular senescence hallmarks by mitochondrial transplantation in senescence-induced ARPE-19 cells. **Neurobiology of Aging**, v. 121, p. 157–165, 2023. DOI: 10.1016/j.neurobiolaging.2022.11.003.

PICARD, M. et al. An energetic view of stress: focus on mitochondria. **Frontiers in Neuroendocrinology**, v. 49, p. 72–85, 2018. DOI: 10.1016/j.yfrne.2018.01.001.

POURZAND, C.; ALBIERI-BORGES, A.; RACZEK, N. N. Shedding a new light on skin aging, iron- and redox-homeostasis and emerging natural antioxidants. **Antioxidants**, v. 11, n. 3, p. 471, 2022. DOI: 10.3390/antiox11030471.

PLASCENCIA-VILLA, G.; PERRY, G. Roles of oxidative stress in synaptic dysfunction and neuronal cell death in Alzheimer's disease. **Antioxidants**, v. 12, n. 8, p. 1628, 2023. DOI: 10.3390/antiox12081628.

RAUF, A. et al. Reactive oxygen species in biological systems: pathways, associated diseases, and potential inhibitors – a review. **Food Science & Nutrition**, v. 12, n. 2, p. 675–693, 2024. DOI: 10.1002/fsn3.3784.

SILVA, L. E. Q. et al. A narrative review: antioxidant use in neurodegenerative diseases. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n2-146.

SINGH, A. et al. Oxidative stress: a key modulator in neurodegenerative diseases. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1583, 2019. DOI: 10.3390/molecules24081583.

SPINELLI, J. B.; HAIGIS, M. C. The multifaceted contributions of mitochondria to cellular metabolism. **Nature Cell Biology**, v. 20, p. 745–754, 2018. DOI: 10.1038/s41556-018-0124-1.

STEVEN, S. et al. Vascular inflammation and oxidative stress: major triggers for cardiovascular disease. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2019, p. 7092151, 2019. DOI: 10.1155/2019/7092151.

TALEBI, M. et al. The interplay between oxidative stress and autophagy: focus on the development of neurological diseases. **Behavioral and Brain Functions**, v. 18, n. 1, p. 3, 2022. DOI: 10.1186/s12993-022-00187-3.

WANG, G.; WANG, B.; YANG, P. Epigenetics in congenital heart disease. **Journal of the American Heart Association**, v. 11, n. 7, e025163, 2022. DOI: 10.1161/JAHA.121.025163.

WANG, Q. et al. Mitophagy in the pathogenesis and management of disease. **Cell Research**, v. 36, p. 11–37, 2026. DOI: 10.1038/s41422-025-01203-7.

WANG, L.; ZHOU, X.; LU, T. Role of mitochondria in physiological activities, diseases, and therapy. **Molecular Biomedicine**, v. 6, p. 42, 2025. DOI: 10.1186/s43556-025-00284-5.

VARADARAJAN, S. G. et al. Central nervous system regeneration. **Cell**, v. 185, n. 1, p. 77–94, 2022. DOI: 10.1016/j.cell.2021.10.029.

WATTS, M. E. et al. Brain energy and oxygen metabolism: emerging role in normal function and disease. **Frontiers in Molecular Neuroscience**, v. 11, p. 216, 2018. DOI: 10.3389/fnmol.2018.00216.

WU, R.; WU, Y. SKQ1: a mitochondria-targeted antioxidant with therapeutic potential. **Journal of Drug Targeting**, 2026. DOI: 10.1080/1061186X.2026.2613054.

XIAO, X. et al. Metabolic dysfunction and mitochondrial failure in Alzheimer's disease: integrating pathophysiology, clinical evidence and emerging interventions. **Frontiers in Neurology**, v. 17, 2026. DOI: 10.3389/fneur.2026.1772036.

ZHANG, L. X. et al. Resveratrol (RV): a pharmacological review and call for further research. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 143, p. 112164, 2021. DOI: 10.1016/j.biopha.2021.112164.

ZUO, J. et al. Redox signaling at the crossroads of human health and disease. **MedComm**, v. 3, n. 2, e127, 2022. DOI: 10.1002/mco2.127.

CAPÍTULO 28

RADIAÇÕES EM PERSPECTIVA MULTIDISCIPLINAR: DIÁLOGO ENTRE CIÊNCIA, SAÚDE, TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE

RADIATION FROM A MULTIDISCIPLINARY PERSPECTIVE: A DIALOGUE AMONG SCIENCE, HEALTH, TECHNOLOGY, ENVIRONMENT, AND SOCIETY

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.28

Submetido em: 11/09/2026
Revisado em: 19/09/2026
Publicado em: 21/09/2026

Erica Silvani Souza

Universidade do estado do Rio de Janeiro, Instituto de Física, Rio de Janeiro-RJ

http://lattes.cnpq.br/4581358230952810

André Nunes Barbosa

Instituto de Engenharia Nuclear, Reator Argonauta – IEN/CNEN, Rio de Janeiro-RJ

http://lattes.cnpq.br/3875462910720909

Francisco José de Oliveira Ferreira

Instituto de Engenharia Nuclear – IEN/CNEN, Rio de Janeiro-RJ

http://lattes.cnpq.br/7164669409485007

Resumo

As radiações participam de processos naturais e de aplicações médicas, industriais, agrícolas, científicas e energéticas, atravessando campos tradicionalmente separados do conhecimento. Este capítulo tem como objetivo analisar as radiações sob uma perspectiva multidisciplinar, articulando ciência, saúde, tecnologia, ambiente e sociedade. Realizou-se uma revisão narrativa de caráter multidisciplinar, baseada em documentos técnico-regulatórios, relatórios científicos, artigos e trabalhos acadêmicos, selecionados segundo pertinência temática, autoridade da fonte, atualidade e capacidade de relacionar as cinco dimensões analisadas. A síntese mostra que classificações como natural ou artificial e ionizante ou não ionizante, quando tomadas isoladamente, são insuficientes para avaliar riscos e benefícios. Os efeitos dependem das características da radiação e das condições de exposição, enquanto as aplicações exigem considerar finalidade, benefícios, riscos, proteção, impactos ambientais, regulação e responsabilidade institucional. Conclui-se que a perspectiva multidisciplinar permite compreender relações que ultrapassam os limites de uma única área do conhecimento e fornece uma base mais ampla para decisões tecnicamente fundamentadas, ambientalmente responsáveis e socialmente transparentes.

Palavras-Chave: aplicações das radiações, multidisciplinaridade, percepção social, proteção radiológica, radiações ionizantes.

Abstract

Radiation is involved in natural processes and in medical, industrial, agricultural, scientific, and energy applications, spanning fields of knowledge that are traditionally treated separately. This chapter aims to analyze radiation from a multidisciplinary perspective by integrating science, health, technology, environment, and society. A multidisciplinary narrative review was conducted based on technical and regulatory documents, scientific reports, articles, and academic studies selected according to thematic relevance, source authority, currency, and their ability to relate the five dimensions analyzed. The synthesis shows that classifications such as natural or artificial and ionizing or non-ionizing, when considered in isolation, are insufficient to assess risks and benefits. Effects depend on the characteristics of the radiation and the conditions of exposure, while applications require consideration of purpose, benefits, risks, protection, environmental impacts, regulation, and institutional responsibility. It is concluded that a multidisciplinary perspective enables an understanding of relationships that extend beyond the boundaries of a single field of knowledge and provides a broader basis for technically sound, environmentally responsible, and socially transparent decisions.

Keywords: radiation applications, multidisciplinarity, social perception, radiation protection, ionizing radiation.

Introdução

As radiações estavam presentes no Universo muito antes de se tornarem objeto de investigação científica ou instrumento tecnológico. Chegam à Terra na forma de luz solar e radiação cósmica e se originam de radionuclídeos naturalmente encontrados no solo, na água, no ar, nos alimentos e no próprio organismo humano. Ao longo do desenvolvimento científico, a compreensão desses fenômenos permitiu controlar diferentes formas de radiação e empregá-las na obtenção de imagens médicas, no tratamento de doenças, na esterilização de materiais, na inspeção industrial, na conservação de alimentos, no controle de pragas, na produção de energia e na pesquisa. Assim, as radiações pertencem simultaneamente à natureza e à tecnologia, atravessando situações tão cotidianas quanto a exposição à luz solar e tão especializadas quanto a radioterapia ou a operação de um reator nuclear (IAEA, 2004; WHO, 2023).

As radiações são abordadas a partir de diferentes perspectivas e suscitam questões distintas conforme o campo de conhecimento. Para a Física, a análise envolve a emissão e a propagação de energia por ondas ou partículas, bem como sua interação com a matéria. Para a Química, relaciona-se à estrutura dos átomos, à estabilidade dos núcleos, aos radionuclídeos e às transformações produzidas nos materiais. Na Biologia e na Saúde, o interesse se volta para a energia depositada nos tecidos, as respostas celulares e as aplicações diagnósticas e terapêuticas. Nas engenharias, as radiações integram equipamentos, processos produtivos, sistemas de controle e dispositivos de segurança.

Quando a análise alcança o ambiente e a sociedade, surgem ainda questões sobre impactos, regulamentação, percepção de risco, comunicação pública e responsabilidade institucional. Compreender as radiações exige, portanto, acompanhar um mesmo fenômeno a partir dessas diferentes perspectivas, reconhecendo o que cada uma delas permite explicar (IAEA, 2004; UNEP, 2016).

Nenhuma dessas perspectivas, isoladamente, é suficiente para compreender todas as implicações do uso das radiações. A Física pode descrever uma fonte, calcular a energia depositada e estimar uma dose, mas esses dados não determinam, por si sós, se uma prática médica, industrial ou energética é justificada, como seus riscos devem ser gerenciados ou se ela é socialmente aceitável. Do mesmo modo, a percepção pública do risco não se forma apenas a partir de valores dosimétricos ou probabilidades estatísticas. Ela também é influenciada pela familiaridade com a tecnologia, pelo caráter voluntário ou involuntário da exposição, pela possibilidade de controle, pela memória de acidentes, pela confiança nas instituições e pela maneira como benefícios e possíveis danos são distribuídos. Por isso, preocupações manifestadas pela população não devem ser simplesmente classificadas como desconhecimento científico: elas revelam dimensões sociais e éticas que precisam ser consideradas na comunicação e na tomada de decisão (SLOVIC, 1987; WHO, 2017).

Adotar uma perspectiva multidisciplinar significa, portanto, mais do que reunir conceitos e vocabulários de diferentes áreas. Significa acompanhar as radiações desde sua origem e interação com a matéria até seus efeitos biológicos, suas aplicações tecnológicas, seus impactos ambientais e suas repercussões sociais. Este capítulo tem como objetivo analisar as radiações sob uma perspectiva multidisciplinar, articulando cinco dimensões — ciência, saúde, tecnologia, ambiente e sociedade — e examinando como os fundamentos físicos, químicos e biológicos sustentam diferentes aplicações; como benefícios e riscos dependem das condições de exposição e controle; e como proteção radiológica, comunicação e responsabilidade institucional conectam o conhecimento técnico às decisões coletivas. O argumento central é que as radiações não pertencem exclusivamente a uma disciplina: constituem um eixo capaz de revelar a interdependência entre produção científica, inovação tecnológica, proteção da vida e organização da sociedade.

Percurso Metodológico

Este capítulo apresenta uma revisão narrativa de caráter multidisciplinar. A modalidade foi escolhida por permitir a articulação de documentos técnico-regulatórios, relatórios científicos e estudos de campos distintos, sem a pretensão de esgotar a literatura. A revisão buscou construir uma síntese conceitual sobre fundamentos, aplicações, benefícios, riscos e responsabilidades associados às radiações (ROTHER, 2007).

Foram priorizadas publicações de organismos nacionais e internacionais reconhecidos, complementadas por artigos e trabalhos acadêmicos sobre aplicações tecnológicas, proteção radiológica, alfabetização científica e comunicação de risco. A seleção considerou a pertinência temática, a autoridade da fonte, a atualidade e a capacidade de relacionar ciência, saúde, tecnologia, ambiente e sociedade. As informações selecionadas foram organizadas e analisadas segundo essas cinco dimensões, tendo como eixos de leitura a natureza e a interação das radiações; as respostas biológicas; os benefícios e riscos das aplicações; as relações com o ambiente; e a influência da regulação, da comunicação e da participação social.

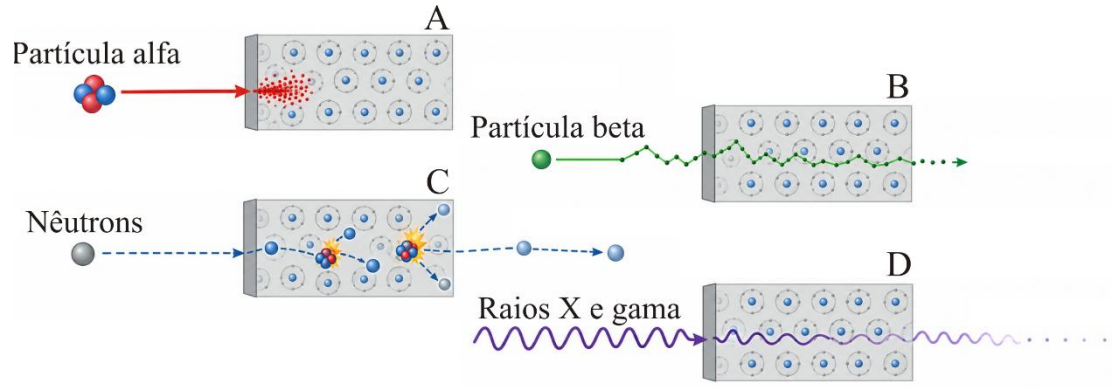
- **1. Fundamentos científicos: da emissão aos efeitos biológicos**

Radiação é uma forma de transferência de energia por ondas eletromagnéticas ou partículas. Quando possui energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas, é classificada como ionizante, como ocorre com raios X e gama, partículas alfa e beta e nêutrons. Ondas de rádio, micro-ondas, infravermelho e luz visível são não ionizantes nas condições usuais. Essa classificação descreve um mecanismo físico, não uma escala automática de perigo: os efeitos dependem da energia da radiação, da dose e da taxa de dose, da geometria da exposição e das características do meio atingido (UNEP, 2016).

Cada tipo de radiação transfere energia de modo particular. Raios X e gama são progressivamente atenuados ao atravessar a matéria; partículas carregadas perdem energia sobretudo por interações elétricas e apresentam alcances característicos. Nêutrons, por não possuírem carga, interagem com os núcleos atômicos. As diferenças entre os mecanismos de interação fazem com que a atenuação dos nêutrons apresente contrastes distintos daqueles produzidos por raios X ou gama. Assim, a neutrongrafia pode revelar estruturas pouco visíveis por essas técnicas, tornando-as complementares na inspeção não destrutiva (PEREIRA, 2017; SOUZA, 2012; SOUZA; BARBOSA; FERREIRA, 2026).

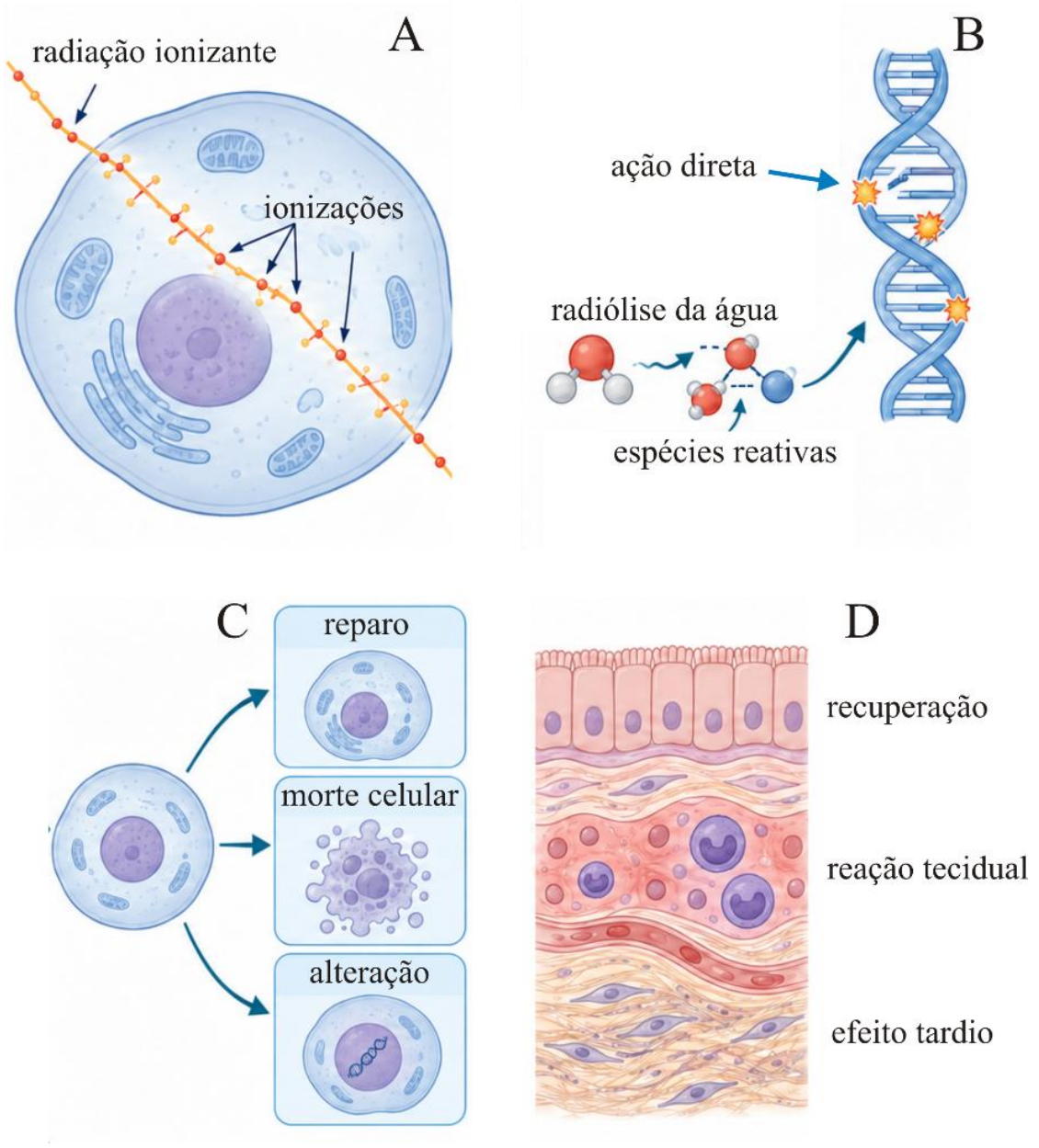
Nos tecidos, a energia depositada pode alterar diretamente moléculas biologicamente importantes ou agir indiretamente pela radiólise da água e pela formação de espécies reativas. As lesões celulares podem ser reparadas, persistir ou levar à perda de função e à morte celular. O desfecho varia com a dose, a taxa de dose, o volume irradiado, o tipo de radiação e a radiossensibilidade do tecido. Assim, a resposta biológica resulta de uma sequência que conecta a deposição física de energia a transformações químicas e celulares (UNEP, 2016; WHO, 2023).

Figura 1: Interação e penetração das radiações ionizantes na matéria: (A) partícula alfa, (B) partícula beta, (C) nêutrons e (D) raios X e gama. A penetração e a atenuação dependem da energia da radiação incidente e das características do material-alvo.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2: Sequência entre (A) deposição de energia, (B) alterações moleculares, (C) respostas celulares e (D) possíveis efeitos biológicos.



Fonte: Elaborada pelos autores.

Irradiação e contaminação são situações distintas. Irradiação é a incidência de radiação sobre um objeto ou organismo, sem exigir material radioativo; após uma radiografia convencional, o paciente não se torna radioativo. Contaminação implica material radioativo sobre superfícies ou no organismo. Diante de uma fonte externa, tempo, distância e blindagem reduzem a exposição; diante de contaminação, é preciso também conter a dispersão e avaliar eventual incorporação (WHO, 2023). Dose absorvida, em gray (Gy), expressa a energia depositada por unidade de massa; dose

equivalente e dose efetiva, em sievert (Sv), incorporam fatores ligados à radiação e aos tecidos para fins de proteção (ANSN, 2025).

- **2. Saúde: diagnóstico, terapia e proteção do paciente**

Desde a descoberta dos raios X por Wilhelm Conrad Röntgen, em 1895, o conhecimento sobre as interações da radiação com a matéria passou a fundamentar diferentes formas de diagnóstico e tratamento. Na radiografia e na tomografia, detectores registram a radiação transmitida pelo corpo, permitindo formar imagens a partir das diferenças de atenuação entre os tecidos. Na medicina nuclear, radiofármacos acompanham funções fisiológicas e processos metabólicos; em algumas aplicações, também depositam energia seletivamente em tecidos doentes (OLIVEIRA, 2006).

Na radioterapia, a dose é planejada para controlar o tumor e preservar, tanto quanto possível, os tecidos sadios. Embora diagnóstico por imagem, medicina nuclear e radioterapia tenham como base a interação da radiação com a matéria, diferem quanto às fontes empregadas, à distribuição da dose e à finalidade clínica. Essa diversidade exige a integração entre Física, Biologia, Medicina, computação, instrumentação e controle da qualidade.

A proteção do paciente apoia-se na justificação, pela qual o benefício clínico esperado deve superar o possível detrimento, e na otimização, que busca compatibilizar a exposição com a finalidade clínica do procedimento. Reduzir indiscriminadamente a dose pode prejudicar a imagem ou o tratamento. Protocolos, equipamentos bem mantidos, qualificação profissional e comunicação clara são partes do cuidado, sobretudo para crianças, gestantes e pessoas submetidas a procedimentos repetidos (UNSCEAR, 2022).

- **3. Tecnologia, indústria, agricultura e pesquisa**

Fora dos hospitais, as radiações revelam estruturas, acompanham processos e modificam materiais. Na indústria, raios X, raios gama e nêutrons permitem inspecionar soldas e componentes sem destruí-los; sistemas baseados em fontes radioativas permitem medir espessura, densidade e nível, enquanto traçadores ajudam a localizar vazamentos e estudar fluxos. Feixes de elétrons e radiação gama também esterilizam produtos e alteram polímeros. Dosimetria, padronização e controle da qualidade permitem utilizar essas interações de forma controlada, seja para obter informações, seja para modificar materiais.

Na agricultura e no processamento de alimentos, a irradiação pode reduzir microrganismos, controlar pragas e atender a exigências fitossanitárias sem tornar o produto radioativo nas condições autorizadas. Na técnica do inseto estéril, insetos criados em laboratório são esterilizados e liberados para reduzir a reprodução da população-alvo. A eficácia dessas práticas depende de planejamento, acompanhamento ambiental, regulamentação e comunicação com produtores e consumidores.

Na pesquisa, radioisótopos são empregados como traçadores, enquanto aceleradores e reatores possibilitam diferentes aplicações, como produção de radioisótopos e técnicas de análise e imageamento. A neutrongrafia constitui um exemplo dessas aplicações, complementando outras técnicas radiográficas na investigação de estruturas internas (PEREIRA, 2017; SOUZA, 2012; SOUZA; BARBOSA; FERREIRA, 2026). O uso dessas tecnologias exige controle das fontes e materiais radioativos ao longo de seu ciclo de vida. O acidente com césio-137 em Goiânia mostrou como a perda de rastreabilidade e o descarte inadequado podem transformar uma tecnologia útil em grave risco, reforçando a importância de inventário, fiscalização, treinamento e destinação segura (IAEA, 1988; ANSN, 2025).

- **4. Energia e ambiente**

Em uma usina nuclear, a energia liberada pela fissão é convertida em calor, utilizado na geração de vapor que movimenta uma turbina acoplada a um gerador elétrico. A partir dessa etapa, a central se assemelha a outras termelétricas, mas a origem nuclear do calor envolve conhecimentos de Física, Termodinâmica, ciência dos materiais, Química da água, instrumentação e engenharia de sistemas. A avaliação, contudo, não se limita à operação: inclui mineração, fabricação do combustível, descomissionamento, rejeitos, uso da água, segurança, custos e governança.

Por apresentar baixas emissões de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida, a energia nuclear integra as opções de mitigação climática. Sua contribuição, entretanto, depende do contexto: custos, prazos, integração à rede, disponibilidade de água, capacidade institucional, gestão de rejeitos e aceitação pública variam entre países e projetos (IPCC, 2022).

Como outras termelétricas, usinas nucleares rejeitam parte do calor para o ambiente. Nos sistemas que utilizam corpos hídricos para resfriamento, a captação e a devolução de água aquecida podem afetar os ecossistemas, dependendo da vazão, da

temperatura e das características do ambiente aquático. Esse impacto não radiológico mostra que o licenciamento precisa integrar engenharia térmica, hidrologia e ecologia.

Os rejeitos radioativos exigem classificação, tratamento, acondicionamento, armazenamento e destinação de acordo com suas características e os requisitos de proteção aplicáveis. A proteção deve alcançar trabalhadores, público, ambiente e gerações futuras. Em emergências, também é necessário ponderar as próprias medidas de proteção: evacuações podem reduzir a exposição, mas acarretar deslocamento, perda de renda e sofrimento. Monitoramento, logística, comunicação e participação comunitária são inseparáveis da resposta (WHO, 2017).

- **5. Proteção radiológica e responsabilidade compartilhada**

A proteção radiológica distingue exposições planejadas, existentes e de emergência, pois práticas rotineiras, condições preexistentes e acidentes exigem respostas diferentes. As decisões de proteção apoiam-se na justificação e na otimização e, nas situações em que se aplicam, em limites de dose para exposições ocupacionais e do público. Para pacientes, limites prévios poderiam impedir procedimentos necessários, razão pela qual prevalecem a justificação clínica e a otimização (ANSN, 2025).

Estar abaixo de um limite não encerra a análise: ainda é preciso verificar se a exposição pode ser razoavelmente reduzida e como riscos e benefícios se distribuem. Da mesma forma, a proteção não cabe apenas ao profissional que opera a fonte. Autoridades reguladoras, titulares, gestores, fabricantes, equipes e instituições formadoras têm responsabilidades próprias.

Segurança efetiva depende de projeto adequado, recursos, qualificação, registros, fiscalização e aprendizagem com incidentes. Uma cultura de segurança também requer canais para comunicar problemas sem barreiras, reconhecendo que falhas podem ter causas organizacionais e sistêmicas, e não apenas individuais (ANSN, 2025).

- **6. Sociedade, percepção e comunicação do risco**

A percepção pública das radiações é assimétrica: acidentes, armas e contaminação permanecem presentes na memória social, enquanto fontes naturais e aplicações rotineiras recebem menos atenção. Isso não decorre apenas de desconhecimento. Riscos invisíveis, involuntários, pouco familiares ou percebidos como fora do controle individual são avaliados de modo diferente; confiança, justiça e participação também influenciam sua aceitação (SLOVIC, 1987).

Comunicar risco não significa apenas transmitir números. Valores de dose apresentados sem contexto podem confundir, assim como omitir incertezas ou medidas de proteção; garantias absolutas, por outro lado, comprometem a credibilidade. A comunicação responsável esclarece o que se sabe, quem decide e quais ações estão disponíveis. Em emergências, rapidez, coerência institucional, escuta das comunidades e atualização transparente integram a própria resposta de saúde pública (WHO, 2017).

A circulação digital amplia o acesso ao conhecimento, mas também difunde imagens e comparações descontextualizadas. A alfabetização científica ajuda a reconhecer fontes, interpretar evidências e compreender incertezas. Como decisões sobre exames, fontes industriais ou usinas envolvem conhecimento científico, valores e diferentes distribuições de riscos e benefícios, a participação qualificada requer instituições dispostas a informar, ouvir e justificar suas escolhas (SANTOS; MORTIMER, 2000).

- **7. Integração das dimensões: do fenômeno à decisão**

A perspectiva multidisciplinar acompanha um percurso: a fonte produz radiação; sua interação com a matéria gera sinais, transformações ou deposição de energia; e esses processos podem resultar em informação, modificação de materiais ou efeitos biológicos. A avaliação de suas aplicações conduz do fenômeno físico à tomada de decisão, combinando critérios científicos e regulatórios com finalidade, alternativas, custos, riscos, impactos ambientais e valores sociais.

Esse percurso evita tanto considerar uma aplicação adequada apenas por sua eficácia técnica quanto tratar toda radiação como fonte inevitável de dano. Reconhece ainda efeitos indiretos: o resfriamento de uma usina pode alterar ecossistemas; uma evacuação pode reduzir a exposição e causar sofrimento; a recusa de um exame pode evitar uma dose e comprometer o diagnóstico. A articulação entre especialidades torna visíveis essas relações e fornece bases mais amplas para a tomada de decisão.

Considerações Finais

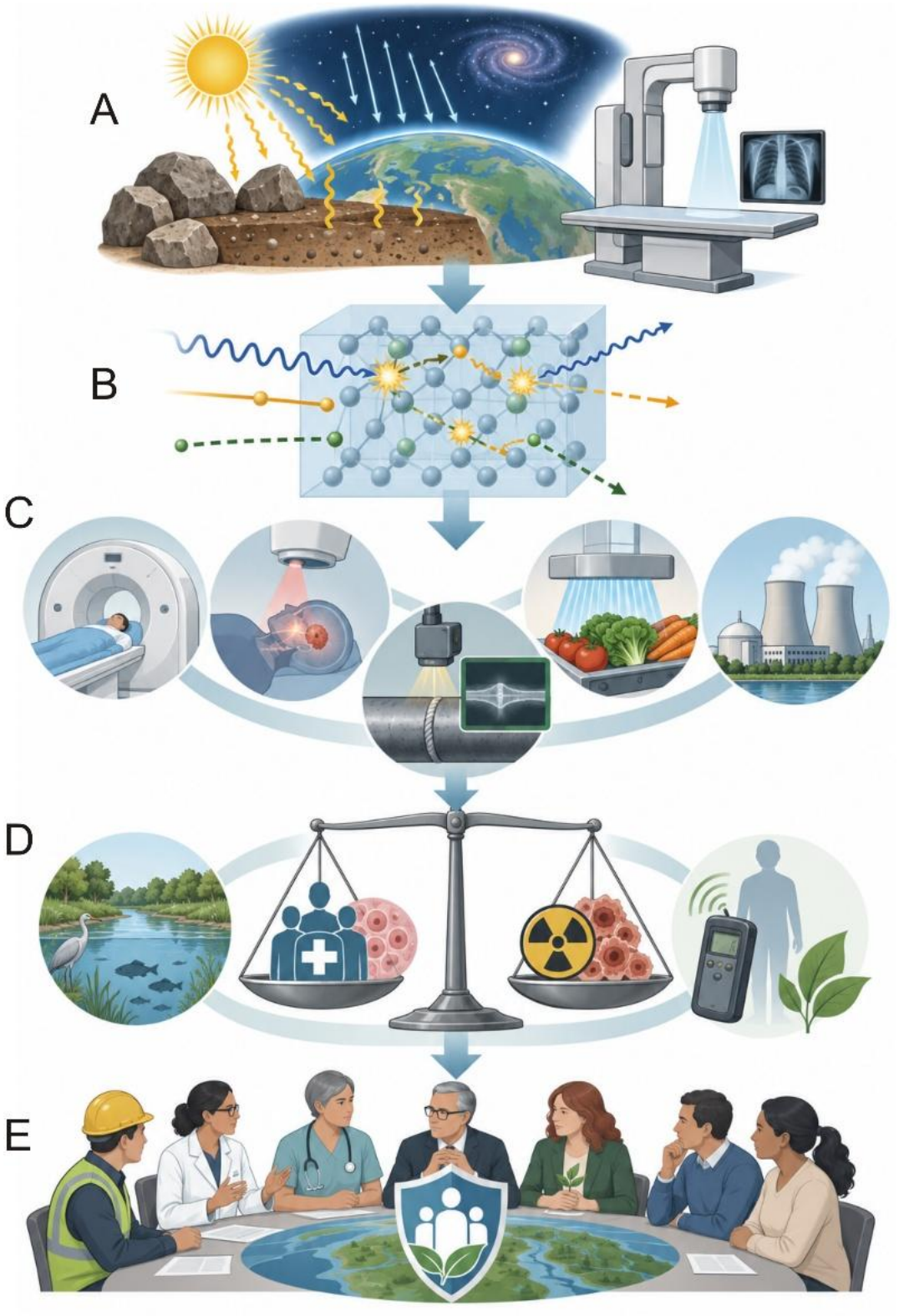
As radiações constituem um objeto multidisciplinar porque conectam fenômenos fundamentais a decisões concretas. Sua compreensão começa na emissão e na propagação de energia, passa pelas interações físicas e químicas e pelos efeitos biológicos e alcança aplicações médicas, industriais, agrícolas, científicas e energéticas. Em todos esses domínios, os benefícios das aplicações dependem não apenas de sua viabilidade técnica,

mas também de conhecimento, planejamento, qualidade, proteção, controle e responsabilidade institucional.

A análise mostrou que classificações como natural ou artificial e ionizante ou não ionizante são insuficientes, quando tomadas isoladamente, para avaliar riscos e benefícios, assim como é inadequado reduzir as radiações à oposição entre benéficas e perigosas. Os efeitos das radiações dependem de suas características e das condições de exposição, enquanto a aceitabilidade de uma prática envolve finalidade, alternativas, benefícios, riscos e consequências diretas e indiretas. Por isso, decisões relacionadas às radiações não podem se apoiar exclusivamente em critérios técnicos. Impactos ambientais, distribuição de riscos e benefícios, equidade, comunicação, confiança pública e participação social também fazem parte da avaliação.

A perspectiva multidisciplinar não elimina a especialização, mas articula contribuições de diferentes campos e impede que uma única dimensão seja tomada como explicação completa. Ao articular ciência, saúde, tecnologia, ambiente e sociedade, amplia-se a capacidade de avaliar aplicações, comunicar benefícios e riscos e construir decisões mais transparentes. Mais do que reunir diferentes temas, a multidisciplinaridade permite compreender problemas cuja complexidade ultrapassa os limites de uma única área do conhecimento e oferece uma base mais ampla para decisões tecnicamente fundamentadas e socialmente responsáveis.

Figura 3: Da fonte de radiação à decisão social: integração entre fontes naturais e artificiais (A), interação da radiação com a matéria (B), aplicações (C), avaliação de benefícios, riscos e impactos (D) e proteção, regulação e comunicação na tomada de decisão (E).



Fonte: Elaborada pelos autores.

Referências

ANSN – Autoridade Nacional de Segurança Nuclear. **Norma ANSN 3.01: requisitos básicos de radioproteção e segurança radiológica de fontes de radiação**. Resolução CNEN nº 344, de 2 de julho de 2025. Brasília, DF: ANSN, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/ansn/pt-br/regulacao/regulacao/normas-regulatorias/grupo-3-protecao-radiologica. Acesso em: 9 set. 2026.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2022: mitigation of climate change.** Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. DOI: 10.1017/9781009157926. https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/2929481A59B59C57C743A79420A2F9FF/9781009157933AR.pdf/Climate_Change_2022_-_Mitigation_of_Climate_Change.pdf?event-type=FTLA

IAEA – International Atomic Energy Agency. **The radiological accident in Goiânia**. Vienna: IAEA, 1988. Disponível em: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub815_web.pdf. Acesso em: 9 set. 2026.

IAEA – International Atomic Energy Agency. **Radiation, people and the environment**. Vienna: IAEA, 2004. Disponível em: https://www.iaea.org/sites/default/files/radiation0204.pdf. Acesso em: 7 set. 2026.

OLIVEIRA, R. *et al*. Preparações radiofarmacêuticas e suas aplicações. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 2, p. 151-165, 2006. DOI: 10.1590/S1516-93322006000200002.

PEREIRA, M.A.S. "**Imageamento com nêutrons: 30 anos de atividades no IPEN-CNEN/SP**", São Paulo: IPEN, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/cnen/pt-br/material-divulgacao-videos-imagens-publicacoes/publicacoes-1/Imageamentocomneutrons.pdf

ROTHER, E. T. Revisão sistemática x revisão narrativa. **Acta Paulista de Enfermagem**, v. 20, n. 2, p. v-vi, 2007. DOI: 10.1590/S0103-21002007000200001.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 110-132, 2000. DOI: 10.1590/1983-21172000020202.

SLOVIC, P. **Perception of risk. Science**, v. 236, n. 4799, p. 280-285, 1987. DOI: 10.1126/science.3563507.

SOUZA, E. S. **Caracterização de um sistema digital de aquisição de imagens radiográficas utilizando nêutrons térmicos e raios gama para a inspeção de componentes mecânicos**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://www.bdtd.uerj.br:8443/bitstream/1/11699/1/Erica%20Silvani%20Souza%20Pt%201.pdf e

https://www.bdtd.uerj.br:8443/bitstream/1/11699/2/Erica%20Silvani%20Souza%20Pt%202.pdf. Acesso em: 9 set. 2026.

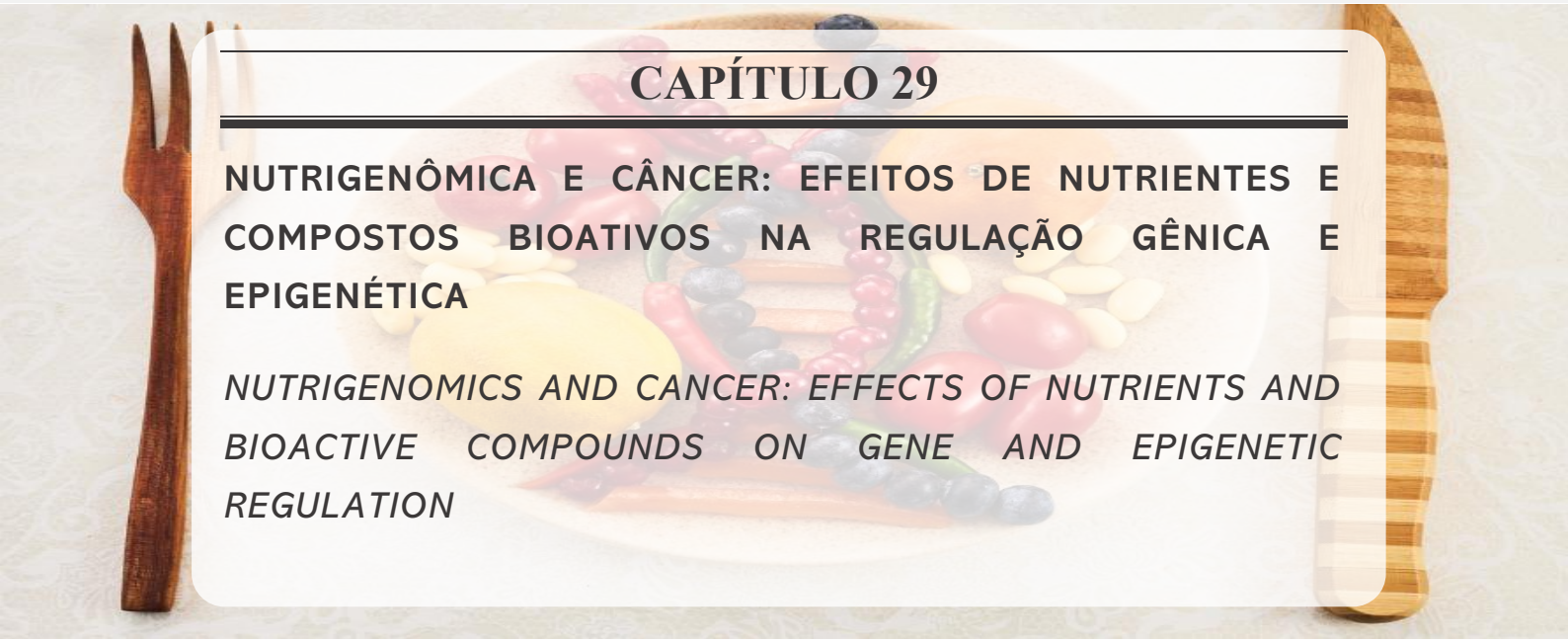
SOUZA, E. S.; BARBOSA, A. N.; FERREIRA, F. J. O que é a neutrongrafia? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 48, e20250552, 2026. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2025-0552.

UNEP – United Nations Environment Programme. **Radiation: effects and sources**. Nairobi: UNEP, 2016. Disponível em: https://www.unep.org/resources/report/radiation-effects-and-sources. Acesso em: 7 set. 2026.

UNSCEAR – United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, effects and risks of ionizing radiation: UNSCEAR 2020/2021 Report. v. 1, **Scientific Annex A: Evaluation of medical exposure to ionizing radiation**. New York: United Nations, 2022. Disponível em: https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2020_2021_1.html. Acesso em: 7 set. 2026.

WHO – World Health Organization. **Communicating risk in public health emergencies: a WHO guideline for emergency risk communication policy and practice**. Geneva: WHO, 2017. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789241550208. Acesso em: 7 set. 2026.

WHO – World Health Organization. **Ionizing radiation and health effects. Geneva: WHO, 2023**. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects. Acesso em: 7 set. 2026.



CAPÍTULO 29

NUTRIGENÔMICA E CÂNCER: EFEITOS DE NUTRIENTES E COMPOSTOS BIOATIVOS NA REGULAÇÃO GÊNICA E EPIGENÉTICA

NUTRIGENOMICS AND CANCER: EFFECTS OF NUTRIENTS AND BIOACTIVE COMPOUNDS ON GENE AND EPIGENETIC REGULATION

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.29

Submetido em: 11/09/2026
Revisado em: 19/09/2026
Publicado em: 24/09/2026

Maria Raissa Holanda Alves
Acadêmica de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Nutrição, Cuité-PB
http://lattes.cnpq.br/2084159366874162

Anna Clarysse de Queiroz Medeiros
Acadêmica de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Nutrição, Cuité-PB
http://lattes.cnpq.br/4444771819330579

Myrelle Elias Costa
Acadêmica de Bacharelado em Farmácia, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Saúde, Cuité-PB
http://lattes.cnpq.br/6104310161429990

Carlos Romero Gomes de Oliveira Júnior
Acadêmico em Enfermagem, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Enfermagem, Cuité-PB

https://lattes.cnpq.br/0583044213048334

Damarys Teodosio Guedes

Acadêmica de Bacharelado em Enfermagem, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Enfermagem, Cuité-PB

https://orcid.org/0009-0007-9445-1900

Carliane Rebeca Coelho da Silva

Pós-Doutora em Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE

https://orcid.org/0000-0002-9462-5823

Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Professor Associado, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Cuité-PB

https://orcid.org/0000-0003-3438-0446

Resumo

A nutrigenômica tem ampliado a compreensão das interações entre alimentação e genoma, demonstrando que nutrientes e compostos bioativos podem interferir na expressão gênica e em mecanismos epigenéticos relacionados à carcinogênese. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas acerca dos efeitos de nutrientes e compostos bioativos da dieta sobre a regulação gênica e epigenética associada ao desenvolvimento e à progressão do câncer. Trata-se de uma revisão integrativa da literatura, fundamentada em estudos que investigaram as interações entre componentes dietéticos, expressão gênica, mecanismos epigenéticos e vias moleculares relacionadas ao câncer. As evidências analisadas indicam que compostos como curcumina, resveratrol, epigalocatequina-3-galato, sulforafano, genisteína e quercetina, bem como nutrientes como folato, vitaminas e minerais, podem modular processos envolvidos na carcinogênese por meio de alterações na metilação do DNA, modificações de histonas, regulação de RNAs não codificantes e interferência em vias de sinalização celular relacionadas à proliferação, apoptose, inflamação, estresse oxidativo e sobrevivência celular. Enzimas e reguladores epigenéticos, incluindo DNA metiltransferases e histona desacetilases, figuram entre os principais alvos moleculares descritos. Entretanto, apesar dos resultados promissores observados principalmente em estudos experimentais, a heterogeneidade dos modelos utilizados, as diferenças de dose, biodisponibilidade e metabolismo dos compostos e a limitada quantidade de evidências clínicas dificultam a transposição direta desses achados para recomendações terapêuticas. Conclui-se que a nutrigenômica constitui uma abordagem relevante para compreender como componentes da dieta podem modular mecanismos moleculares associados ao câncer, apresentando potencial para contribuir para estratégias de prevenção e, futuramente, para abordagens de nutrição de precisão, embora sejam necessários estudos clínicos mais robustos para estabelecer sua aplicabilidade.

Palavras-chave: Nutrigenômica. Câncer. Epigenética. Expressão gênica. Compostos bioativos. Nutrição de precisão.

Abstract

Nutrigenomics has expanded our understanding of the interactions between diet and the genome, demonstrating that nutrients and bioactive compounds can influence gene expression and epigenetic mechanisms linked to carcinogenesis. In this context, this study aimed to analyze scientific evidence regarding the effects of dietary nutrients and bioactive compounds on gene and epigenetic regulation associated with cancer development and progression. This is an integrative literature review based on studies investigating the interactions between dietary components, gene expression, epigenetic

mechanisms, and cancer-related molecular pathways. The analyzed evidence indicates that compounds such as curcumin, resveratrol, epigallocatechin-3-gallate, sulforaphane, genistein, and quercetin—as well as nutrients like folate, vitamins, and minerals—can modulate processes involved in carcinogenesis. This occurs through alterations in DNA methylation, histone modifications, regulation of non-coding RNAs, and interference with cell signaling pathways related to proliferation, apoptosis, inflammation, oxidative stress, and cell survival. Epigenetic enzymes and regulators, including DNA methyltransferases and histone deacetylases, are among the key molecular targets described. However, despite promising results observed primarily in experimental studies, the direct translation of these findings into therapeutic recommendations is hindered by the heterogeneity of the models used, differences in compound dosage, bioavailability, and metabolism, and the limited body of clinical evidence. In conclusion, nutrigenomics represents a relevant approach for understanding how dietary components can modulate cancer-associated molecular mechanisms, offering potential contributions to prevention strategies and, in the future, precision nutrition approaches; however, more robust clinical studies are required to establish its applicability.

Keywords: Nutrigenomics. Cancer. Epigenetics. Gene expression. Bioactive compounds. Precision nutrition.

Introdução

O câncer constitui um dos principais desafios contemporâneos para a saúde pública, compreendendo um conjunto heterogêneo de doenças caracterizadas pela aquisição progressiva de alterações capazes de modificar mecanismos fundamentais de proliferação, diferenciação, morte e sobrevivência celular. O desenvolvimento neoplásico não decorre, portanto, de um único evento molecular, mas de um processo multifatorial no qual alterações genéticas, epigenéticas, metabólicas e ambientais interagem ao longo do tempo, favorecendo a transformação celular e a progressão tumoral. Nesse contexto, a compreensão da carcinogênese tem se expandido para além da identificação de mutações na sequência do DNA, incorporando mecanismos regulatórios capazes de modificar a expressão dos genes sem necessariamente alterar sua sequência nucleotídica (IRIMIE *et al*., 2019; FAGBOHUN *et al*., 2023).

Entre esses mecanismos, as alterações epigenéticas assumem particular relevância na biologia do câncer. Modificações nos padrões de metilação do DNA, alterações pós-traducionais das histonas e desregulação de RNAs não codificantes podem interferir na organização da cromatina e, consequentemente, na ativação ou repressão de genes envolvidos no controle do ciclo celular, reparo do DNA, apoptose, diferenciação, angiogênese, resposta inflamatória e estabilidade genômica. Diferentemente das mutações permanentes na sequência do DNA, parte das alterações epigenéticas apresenta natureza dinâmica e potencialmente reversível, característica que tem despertado interesse crescente na investigação de fatores ambientais capazes de interferir nesses processos regulatórios (ONG; MORENO; ROSS, 2012; MIERZIAK *et al*., 2021).

A alimentação insere-se nesse cenário como um dos componentes ambientais potencialmente capazes de interagir com os sistemas moleculares responsáveis pela manutenção da homeostase celular. Os alimentos não representam apenas fontes de energia e de substratos estruturais para o organismo; seus nutrientes, metabólitos e compostos bioativos podem participar da regulação de vias de sinalização, atuar como ligantes de receptores nucleares, fornecer substratos e cofatores para reações metabólicas e influenciar mecanismos relacionados ao controle da expressão gênica. Essa perspectiva ampliou consideravelmente a interface entre as ciências da nutrição, genética, biologia molecular e metabolismo, contribuindo para o desenvolvimento da denominada genômica nutricional (FENECH *et al*., 2011; LAL *et al*., 2022; KIANI *et al*., 2022).

Dentro desse campo, nutrigenética e nutrigenômica constituem conceitos relacionados, porém distintos. A nutrigenética investiga principalmente como variantes genéticas individuais podem modificar a absorção, o metabolismo e a resposta fisiológica aos componentes alimentares, enquanto a nutrigenômica se concentra nos efeitos dos nutrientes e compostos bioativos sobre a expressão gênica e sobre sistemas moleculares associados ao transcriptoma, proteoma, metaboloma e epigenoma. Essa distinção é particularmente importante porque demonstra a natureza bidirecional da relação entre alimentação e genoma: por um lado, características genéticas podem determinar respostas diferentes a uma mesma exposição alimentar; por outro, componentes da dieta podem modificar a atividade de genes e vias regulatórias específicas (FENECH *et al*., 2011; FRANZAGO *et al*., 2020; KIANI *et al*., 2022).

Sob a perspectiva nutrigenômica, os componentes alimentares podem interferir na expressão gênica por diferentes mecanismos. Entre eles destacam-se a ligação direta a receptores nucleares, a ativação ou inibição de fatores de transcrição e cascatas intracelulares de sinalização, a alteração da disponibilidade de substratos metabólicos e a modulação de mecanismos epigenéticos. Componentes bioativos da dieta também têm sido associados a modificações na estrutura da cromatina, regulação de RNAs não codificantes e alterações da atividade de enzimas responsáveis pela metilação do DNA e pelas modificações de histonas (MIERZIAK *et al*., 2021; LAL *et al*., 2022).

A relação entre nutrientes e epigenoma é especialmente relevante para a compreensão desses fenômenos. Nutrientes envolvidos no metabolismo de um carbono, como folato e vitamina B12, além de compostos como colina, betaína, metionina e serina, participam direta ou indiretamente da disponibilidade de grupos metil utilizados em processos de metilação. A S-adenosilmetionina constitui um importante doador de grupos

metil para reações envolvendo DNA e histonas, estabelecendo uma ligação bioquímica entre o metabolismo nutricional e a regulação epigenética. Consequentemente, alterações na disponibilidade desses nutrientes podem modificar o ambiente metabólico no qual atuam enzimas como as DNA metiltransferases (DNMTs), influenciando padrões de expressão gênica (LAL *et al*., 2022).

Essa relação adquire importância adicional na oncologia porque a carcinogênese está frequentemente associada a profundas alterações do epigenoma. A hipometilação global do DNA pode contribuir para instabilidade genômica e ativação inadequada de regiões normalmente silenciadas, enquanto a hipermetilação localizada de regiões regulatórias pode contribuir para o silenciamento de genes supressores tumorais. Paralelamente, alterações na acetilação e metilação de histonas modificam a acessibilidade da cromatina e podem favorecer programas transcricionais associados à transformação e progressão neoplásica. Enzimas como DNMTs, histona acetiltransferases (HATs), histona desacetilases (HDACs), metiltransferases e desmetilases de histonas constituem, dessa forma, importantes componentes da interface entre metabolismo, epigenética e câncer (ONG; MORENO; ROSS, 2012).

A possibilidade de determinados componentes da alimentação influenciarem essas enzimas estimulou o desenvolvimento da nutriepigenômica, área que investiga como exposições nutricionais podem modificar padrões epigenéticos e, consequentemente, a atividade gênica. Evidências experimentais demonstram que compostos presentes na alimentação podem modificar a atividade de DNMTs, HATs e HDACs, além de interferir na expressão de microRNAs e outros RNAs não codificantes. Entretanto, esses efeitos são dependentes do composto, concentração, tecido, modelo experimental e contexto fisiopatológico, razão pela qual sua interpretação exige cautela, sobretudo quando se pretende extrapolar resultados obtidos em culturas celulares ou modelos animais para seres humanos (MIERZIAK *et al*., 2021).

Nesse contexto, diversos compostos bioativos vêm sendo investigados por seus possíveis efeitos sobre mecanismos moleculares associados à carcinogênese. Entre os mais estudados encontram-se curcumina, resveratrol, epigalocatequina-3-galato (EGCG), sulforafano e outros polifenóis e fitoquímicos. Em modelos experimentais, esses compostos têm sido associados à modulação de enzimas epigenéticas, fatores de transcrição e vias de sinalização envolvidas na proliferação celular, inflamação, apoptose, estresse oxidativo, invasão e sobrevivência celular. A literatura também descreve efeitos de micronutrientes e ácidos graxos sobre sistemas regulatórios relacionados ao

desenvolvimento tumoral, demonstrando que a interação entre dieta e expressão gênica compreende um conjunto de mecanismos muito mais amplo do que a simples atividade antioxidante tradicionalmente atribuída aos alimentos (FAGBOHUN *et al*., 2023; MIERZIAK *et al*., 2021).

A curcumina, composto polifenólico encontrado na Curcuma longa, por exemplo, tem sido investigada por sua capacidade de interferir em HATs, HDACs e DNMTs, além de modular RNAs não codificantes e vias relacionadas à inflamação e sobrevivência celular. O resveratrol, encontrado principalmente em uvas e outras fontes vegetais, apresenta interação descrita com reguladores epigenéticos como SIRT1 e, em modelos de células tumorais, foi associado a alterações da expressão de genes como BRCA1, TP53 e CDKN1A/p21, entre outros. Tais achados contribuem para demonstrar a plausibilidade biológica da interação entre moléculas provenientes da dieta e programas transcricionais relacionados à carcinogênese, embora não devam ser interpretados automaticamente como demonstração de eficácia terapêutica em pacientes com câncer.

Outro composto amplamente estudado é o sulforafano, um isotiocianato presente principalmente em vegetais crucíferos, como brócolis, couve e repolho. Estudos experimentais indicam que o sulforafano pode inibir HDACs, aumentar a acetilação de histonas e modificar a expressão de genes relacionados ao controle do ciclo celular e à apoptose. Dados recentes, contudo, ilustram adequadamente a diferença existente entre plausibilidade molecular e aplicabilidade clínica: embora estudos in vitro e in vivo apresentem resultados consistentes sobre determinados mecanismos epigenéticos, ensaios clínicos iniciais têm se concentrado também em aspectos como biodisponibilidade e segurança, sem que isso permita estabelecer, até o momento, eficácia antineoplásica clínica equivalente aos tratamentos oncológicos convencionais.

Além dos fitoquímicos, nutrientes e componentes dietéticos como vitaminas, minerais e ácidos graxos poli-insaturados também são investigados no contexto nutrigenômico do câncer. Vitaminas do complexo B participam do metabolismo de um carbono e, consequentemente, da disponibilidade de grupos metil para reações epigenéticas; vitaminas com funções antioxidantes e regulatórias podem interferir em vias de sinalização celular; e ácidos graxos podem influenciar fatores de transcrição, receptores nucleares e processos inflamatórios. Revisões sobre micronutrientes e câncer descrevem interação com vias como MAPK, PKC, PI3K, WNT/β-catenina e NF-κB, evidenciando a amplitude dos mecanismos pelos quais a disponibilidade nutricional pode se relacionar com a regulação celular (FAGBOHUN *et al*., 2023).

Outro eixo emergente dessa interação envolve a microbiota intestinal. Parte dos efeitos dos alimentos sobre o hospedeiro não resulta exclusivamente da ação direta dos nutrientes ingeridos, mas da transformação desses substratos pelos microrganismos intestinais. Fibras alimentares, polifenóis e outros componentes podem ser metabolizados pela microbiota e originar moléculas biologicamente ativas, incluindo ácidos graxos de cadeia curta. Entre eles, o butirato apresenta particular interesse por sua capacidade de atuar como inibidor de determinadas HDACs, estabelecendo uma conexão entre alimentação, microbioma, metabolismo e remodelamento da cromatina. Assim, o eixo dieta–microbiota–epigenoma amplia o conceito tradicional de nutrigenômica e demonstra que a resposta molecular à alimentação depende também da atividade metabólica microbiana (EDKAIDEK; DAHIYA; NIGAM, 2026).

A produção de metabólitos microbianos acrescenta ainda outra dimensão à heterogeneidade das respostas nutricionais. Indivíduos submetidos a exposições alimentares semelhantes podem apresentar diferentes comunidades microbianas e distintos perfis metabólicos, produzindo concentrações diferentes de moléculas capazes de interagir com mecanismos regulatórios do hospedeiro. Evidências recentes descrevem ácidos graxos de cadeia curta, urolitinas e ácidos fenólicos derivados do metabolismo microbiano como possíveis moduladores de metilação do DNA, modificações de histonas e RNAs não codificantes. Esse fenômeno reforça a compreensão de que a relação entre alimento e expressão gênica não é linear, mas dependente da interação entre dieta, genoma, epigenoma, metabolismo e microbiota intestinal (EDKAIDEK; DAHIYA; NIGAM, 2026).

A complexidade dessas interações ajuda a explicar o crescente interesse pela nutrição de precisão. Enquanto recomendações nutricionais populacionais são elaboradas para atender às necessidades médias de grupos, a nutrição de precisão procura considerar características individuais que possam modificar a resposta à alimentação. Em perspectiva futura, informações provenientes da genômica, epigenômica, transcriptômica, metabolômica e microbiômica poderão ser integradas a dados clínicos e nutricionais para identificar padrões de resposta e subsidiar intervenções alimentares mais individualizadas. Entretanto, a existência de mecanismos moleculares biologicamente plausíveis não significa que biomarcadores nutrigenômicos já possam ser empregados rotineiramente para definir dietas antineoplásicas individualizadas.

Essa distinção entre potencial científico e aplicação clínica é fundamental no campo oncológico. Grande parte das evidências relacionadas aos efeitos antitumorais ou

epigenéticos de compostos bioativos deriva de estudos in vitro e modelos animais. Nesses estudos, concentrações de determinadas substâncias podem ser superiores às alcançadas pela ingestão habitual de alimentos, e fatores como absorção, metabolismo, biodisponibilidade, distribuição tecidual e interação com outros componentes da dieta podem modificar significativamente os efeitos observados no organismo humano. Revisões contemporâneas destacam, portanto, a necessidade de estudos longitudinais, ensaios clínicos bem controlados, padronização de biomarcadores epigenéticos e integração de abordagens multiômicas antes que muitas dessas descobertas possam ser incorporadas de forma segura e reprodutível à prática clínica.

Esse cuidado torna-se ainda mais importante quando a discussão envolve pacientes em tratamento oncológico. Compostos bioativos ou micronutrientes capazes de interferir em processos oxidativos, enzimas metabólicas ou vias de sinalização celular não devem ser automaticamente considerados benéficos em qualquer dose ou contexto terapêutico. O efeito biológico de uma substância pode variar de acordo com sua concentração, forma química, biodisponibilidade, tipo tumoral, características metabólicas do paciente e tratamento utilizado. Desse modo, a nutrigenômica deve ser compreendida como uma ferramenta de investigação dos mecanismos que conectam dieta e biologia tumoral, e não como justificativa para substituir terapias oncológicas estabelecidas por alimentos, nutracêuticos ou suplementos.

Ao mesmo tempo, reconhecer essas limitações não reduz a relevância científica da área. Pelo contrário, permite estabelecer de forma mais precisa quais questões necessitam ser respondidas. A identificação de alterações epigenéticas potencialmente reversíveis, de vias metabólicas sensíveis a nutrientes e de diferenças interindividuais na resposta aos componentes alimentares abre perspectivas para o desenvolvimento de biomarcadores e estratégias de prevenção e cuidado nutricional cada vez mais fundamentadas biologicamente. A literatura recente aponta, entretanto, que a consolidação dessa abordagem dependerá de estudos capazes de relacionar modificações moleculares a desfechos clínicos relevantes, além da validação de biomarcadores em populações maiores e mais diversas.

Dessa forma, a investigação das relações entre dieta, expressão gênica e câncer encontra-se em uma zona de convergência entre nutrição, genética, epigenética, oncologia e medicina de precisão. Compreender essa interface pode contribuir tanto para esclarecer mecanismos pelos quais os hábitos alimentares se relacionam à carcinogênese quanto para identificar possibilidades futuras de individualização do cuidado nutricional.

Contudo, é necessário diferenciar evidências de associação epidemiológica, resultados mecanísticos obtidos em células e animais e evidências provenientes de intervenções realizadas em seres humanos, evitando que achados experimentais sejam interpretados como recomendações clínicas antes da necessária validação.

Diante desse cenário, emerge o seguinte problema de pesquisa: de que maneira nutrientes e compostos bioativos presentes na dieta podem modular a expressão gênica e mecanismos epigenéticos relacionados à carcinogênese, e qual é o nível atual de evidência para a aplicação desses conhecimentos na prevenção e no suporte nutricional ao cuidado oncológico? A formulação dessa questão permite abordar não apenas os potenciais mecanismos moleculares envolvidos, mas também a consistência das evidências existentes e as limitações que ainda separam os achados experimentais de sua aplicação clínica.

A realização deste estudo justifica-se, portanto, pela necessidade de sistematizar criticamente as evidências disponíveis sobre as interações entre componentes alimentares e mecanismos moleculares associados ao câncer. Para a prática do nutricionista, essa análise assume especial importância diante da crescente disseminação de alegações relacionadas a alimentos funcionais, compostos bioativos, nutracêuticos, suplementação e dietas personalizadas no contexto oncológico. A compreensão do nível de evidência associado a essas intervenções é necessária para diferenciar mecanismos biologicamente plausíveis de estratégias efetivamente validadas em seres humanos, contribuindo para uma atuação profissional fundamentada em evidências e para o uso responsável dos avanços da nutrição molecular.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é analisar as evidências científicas acerca das interações moleculares entre nutrientes e compostos bioativos da dieta e a modulação da expressão gênica e epigenética no contexto da carcinogênese, prevenção e cuidado oncológico. Especificamente, busca-se compreender os principais mecanismos moleculares e epigenéticos envolvidos na interação entre dieta e expressão gênica; identificar nutrientes e compostos bioativos investigados por sua atuação sobre vias relacionadas à carcinogênese; descrever genes, enzimas epigenéticas, fatores de transcrição e vias de sinalização potencialmente modulados por esses componentes; analisar a participação da microbiota intestinal e de seus metabólitos na interface entre alimentação e epigenoma; distinguir as evidências provenientes de estudos experimentais daquelas obtidas em seres humanos; e discutir as limitações, desafios e perspectivas para

a incorporação da nutrigenômica e da nutrição de precisão à prática nutricional em oncologia.

Figura 1. Visão geral dos principais componentes da dieta e bioativos com seus mecanismos moleculares e epigenéticos primordiais e os seus efeitos no desenvolvimento do câncer.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Metodologia

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, de abordagem qualitativa e caráter descritivo-analítico, destinada a reunir, avaliar e sintetizar as evidências científicas disponíveis acerca dos efeitos de nutrientes e compostos bioativos sobre a regulação gênica e epigenética relacionada ao câncer. A escolha desse método fundamentou-se na possibilidade de integrar resultados provenientes de diferentes delineamentos de pesquisa, incluindo estudos experimentais, observacionais e clínicos, permitindo uma compreensão abrangente dos mecanismos moleculares investigados e do nível de evidência disponível para sua aplicação no contexto da nutrição e da oncologia. A condução da revisão foi fundamentada nos princípios metodológicos propostos para revisões integrativas por Whittemore e Knafl (2005), contemplando a identificação do problema, busca na literatura, avaliação dos estudos, análise dos dados e apresentação da síntese do conhecimento (Figura 2).

Para aumentar a transparência e a rastreabilidade do processo de identificação e seleção dos estudos, foram considerados, quando aplicáveis ao delineamento desta revisão, os princípios de relato estabelecidos pelo Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses – PRISMA 2020, especialmente quanto à identificação dos registros, remoção de duplicatas, triagem, avaliação da elegibilidade e apresentação dos estudos incluídos (Figura 3). O PRISMA 2020 apresenta recomendações específicas para documentar de maneira transparente como os estudos foram identificados, selecionados e analisados.

A questão norteadora foi estruturada considerando os elementos População, Interesse e Contexto (PICo), adaptados ao caráter da investigação. Considerou-se como população/contexto os estudos relacionados ao câncer e à carcinogênese; como fenômeno de interesse, a exposição a nutrientes e compostos bioativos da dieta; e como desfechos moleculares de interesse, as alterações na expressão gênica e nos mecanismos epigenéticos. Dessa forma, estabeleceu-se a seguinte pergunta: “Quais evidências científicas demonstram que nutrientes e compostos bioativos da dieta podem modular a expressão gênica e mecanismos epigenéticos relacionados à carcinogênese e quais são as possíveis implicações desses mecanismos para a prevenção e o cuidado nutricional em oncologia?”

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Biblioteca Virtual em Saúde (BVS)/LILACS e SciELO. O

Google Acadêmico poderá ser utilizado como ferramenta complementar para identificação de estudos potencialmente relevantes não recuperados pelas estratégias principais, não sendo considerado, entretanto, como substituto das bases bibliográficas estruturadas. Documentos institucionais provenientes de organismos reconhecidos, como a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Instituto Nacional de Câncer (INCA), poderão ser empregados exclusivamente para contextualização epidemiológica e recomendações oficiais, não integrando a amostra principal utilizada para a síntese dos mecanismos nutrigenômicos.

Para construção das estratégias de busca foram utilizados descritores controlados dos vocabulários Medical Subject Headings (MeSH) e Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), complementados, quando necessário, por termos livres relacionados ao objeto da investigação. Os descritores foram combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, organizados em três eixos conceituais: (1) nutrigenômica e componentes alimentares; (2) expressão gênica e epigenética; e (3) câncer e carcinogênese.

Como estratégia-base em língua inglesa, foram utilizadas combinações envolvendo os termos: “Nutrigenomics”, “Nutrients”, “Bioactive Compounds”, “Diet”, “Gene Expression”, “Epigenetics”, “DNA Methylation”, “Histone Modification”, “MicroRNAs”, “Neoplasms” e “Cancer”. Em português, foram empregados os correspondentes “Nutrigenômica”, “Nutrientes”, “Compostos Bioativos”, “Dieta”, “Expressão Gênica”, “Epigenética”, “Metilação do DNA”, “Modificações de Histonas”, “MicroRNAs”, “Neoplasias” e “Câncer”. As estratégias foram adaptadas às particularidades de indexação e sintaxe de cada base consultada.

Uma estratégia geral de busca poderá ser representada pela seguinte combinação:

(“Nutrigenomics” OR “Nutrients” OR “Bioactive Compounds” OR “Diet”) AND (“Gene Expression” OR “Epigenetics” OR “DNA Methylation” OR “Histone Modification” OR “MicroRNAs”) AND (“Neoplasms” OR “Cancer”)

Além da estratégia abrangente, foram realizadas buscas direcionadas para compostos e mecanismos que emergiram como relevantes durante a investigação, incluindo termos relacionados a curcumin, resveratrol, sulforaphane, epigallocatechin gallate, polyphenols, omega-3 fatty acids, vitamins, short-chain fatty acids, gut microbiota, DNMT e HDAC, sempre associados aos termos referentes à expressão gênica, epigenética e câncer. Essas buscas complementares tiveram como finalidade aumentar a sensibilidade da recuperação de estudos mecanísticos diretamente relacionados ao objetivo da revisão.

Foram elegíveis estudos publicados entre 2016 e 2026, priorizando-se, dessa maneira, a literatura produzida nos últimos dez anos. Trabalhos anteriores a esse período foram utilizados excepcionalmente para fundamentação conceitual ou metodológica quando considerados referências seminais para a compreensão da nutrigenômica, epigenética nutricional ou do método de revisão, não sendo contabilizados entre os estudos contemporâneos que constituíram o núcleo principal da análise.

Foram adotados como critérios de inclusão: artigos científicos originais envolvendo modelos in vitro, estudos em animais ou seres humanos; estudos observacionais e ensaios clínicos; artigos de revisão, incluindo revisões narrativas, sistemáticas e metanálises, quando pertinentes à contextualização e comparação dos achados; publicações em periódicos revisados por pares; trabalhos redigidos em português ou inglês; e estudos que avaliem explicitamente a relação entre nutrientes ou compostos bioativos e pelo menos um mecanismo de regulação gênica ou epigenética relacionado ao câncer, incluindo expressão gênica, metilação do DNA, modificações de histonas, atividade de enzimas epigenéticas, RNAs não codificantes, fatores de transcrição ou vias moleculares associadas à carcinogênese.

Um ajuste importante em relação à metodologia anterior é a retirada do critério "texto completo disponível gratuitamente". A disponibilidade gratuita não constitui indicador de qualidade científica e poderia introduzir viés de seleção ao excluir estudos relevantes simplesmente pelo modelo de acesso adotado pelo periódico.

Foram excluídos estudos duplicados; resumos de congressos; editoriais, cartas ao editor e artigos de opinião; relatos de caso; dissertações e teses não publicadas na forma de artigo científico; estudos sem relação direta com câncer; pesquisas exclusivamente nutrigenéticas que avaliem variantes genéticas individuais sem investigar interação da dieta com expressão gênica ou mecanismos epigenéticos; trabalhos que abordem alimentação e câncer exclusivamente em nível epidemiológico sem avaliar mecanismos moleculares compatíveis com o objetivo da revisão; e estudos nos quais não seja possível identificar relação entre o componente nutricional investigado e o desfecho molecular analisado.

A seleção foi realizada inicialmente pela leitura dos títulos e resumos recuperados nas bases de dados. Os registros potencialmente elegíveis foram posteriormente submetidos à leitura do texto completo, sendo aplicados os critérios previamente definidos. As duplicatas identificadas entre as diferentes bases foram removidas antes da

etapa final de elegibilidade. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão foi documentado por meio de fluxograma adaptado às recomendações do PRISMA 2020.

Após a aplicação dos critérios de elegibilidade e análise da pertinência temática, foram selecionados 20 artigos para compor a base científica principal desta revisão integrativa. Os estudos contemplaram publicações relacionadas à nutrigenômica, nutriepigenômica, regulação da expressão gênica, compostos bioativos, micronutrientes, microbiota intestinal e nutrição de precisão no contexto do câncer. Foram ainda utilizadas quatro referências complementares destinadas à fundamentação metodológica e à contextualização nutricional, não contabilizadas entre os estudos que constituíram a base principal da análise.

Para cada estudo incluído foi realizada extração padronizada das seguintes informações: autor e ano de publicação; país; delineamento do estudo; modelo experimental ou população investigada; tipo de câncer; nutriente ou composto bioativo analisado; dose ou concentração, quando disponível; alvo molecular; mecanismo de regulação gênica ou epigenética; principais genes, proteínas, enzimas ou vias de sinalização envolvidas; principais resultados; e limitações identificadas. Essas informações foram organizadas em uma matriz de síntese para permitir a comparação entre os estudos.

Considerando a heterogeneidade dos delineamentos e modelos experimentais, os resultados foram submetidos à síntese qualitativa e análise temática, não sendo realizada metanálise. Para interpretação dos achados, as evidências foram agrupadas segundo o tipo de investigação — estudos in vitro, estudos in vivo em modelos animais, estudos observacionais em humanos e estudos de intervenção clínica — evitando a extrapolação direta de resultados experimentais para a prática clínica.

Os resultados também foram categorizados segundo os principais mecanismos identificados, incluindo metilação do DNA; modificações de histonas; regulação de microRNAs e outros RNAs não codificantes; modulação de fatores de transcrição e receptores nucleares; vias de sinalização relacionadas à proliferação, apoptose, inflamação, estresse oxidativo, angiogênese e invasão tumoral; e mecanismos relacionados à interação entre microbiota intestinal, metabólitos e epigenoma. Essa organização permitiu comparar não apenas quais nutrientes ou compostos apresentam atividade molecular descrita, mas também a natureza e a consistência das evidências que sustentam cada associação.

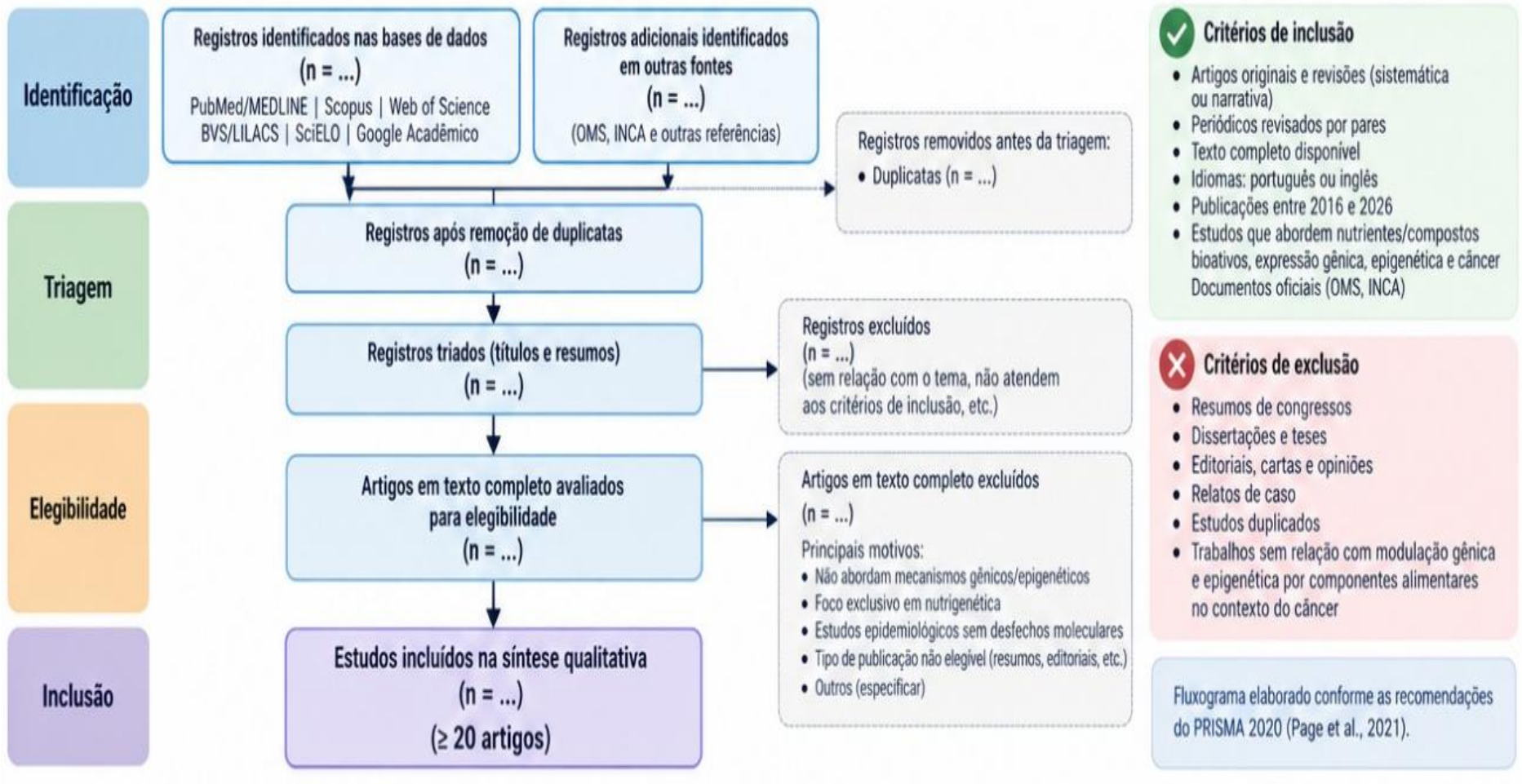
Por fim, a interpretação dos resultados considerará a hierarquia e a capacidade de translação das evidências, distinguindo achados mecanísticos observados em sistemas celulares ou animais daqueles demonstrados em seres humanos. Foram consideradas limitações relacionadas à biodisponibilidade, concentração dos compostos, heterogeneidade entre modelos experimentais, características dos diferentes tipos tumorais e ausência ou disponibilidade de ensaios clínicos. Essa abordagem foi empregada para evitar que efeitos moleculares experimentais sejam apresentados como benefícios clínicos estabelecidos e para identificar as principais lacunas existentes para a aplicação da nutrigenômica à nutrição de precisão em oncologia.

Figura 2. Etapas metodológicas da revisão integrativa, nutrigenômica, regulação gênica e epigenética do câncer.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Figura 3. Fluxograma de seleção dos estudos PRISMA 2020.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

Resultados e Discussão

A base científica principal desta revisão foi constituída por 20 artigos publicados predominantemente entre 2016 e 2026. Os estudos apresentaram diferentes delineamentos e níveis de evidência, incluindo investigações mecanísticas, estudos experimentais e revisões da literatura voltadas à compreensão das interações entre dieta, expressão gênica, mecanismos epigenéticos e câncer. Em conjunto, as publicações abordaram nutrientes, compostos bioativos, metabólitos derivados da microbiota e mecanismos regulatórios relacionados à metilação do DNA, modificações de histonas, RNAs não codificantes, fatores de transcrição, receptores nucleares e vias de sinalização celular.

A análise integrada da literatura evidenciou que a relação entre alimentação, expressão gênica e câncer ocorre por múltiplos mecanismos moleculares e não pode ser reduzida à ação isolada de um nutriente ou composto bioativo. De forma geral, os estudos analisados convergem para quatro grandes mecanismos pelos quais componentes da dieta podem interferir na regulação gênica: modificações na metilação do DNA, alterações pós-traducionais de histonas, regulação de RNAs não codificantes e modulação de fatores de transcrição e vias intracelulares de sinalização. Esses processos podem repercutir sobre genes envolvidos em proliferação celular, apoptose, resposta inflamatória, reparo do DNA, diferenciação, angiogênese e metabolismo celular (MIERZIAK *et al*., 2021; BAKRIM *et al*., 2025).

Entre os compostos mais recorrentes na literatura encontram-se curcumina, resveratrol, sulforafano, epigalocatequina-3-galato (EGCG), genisteína e quercetina, além de nutrientes relacionados ao metabolismo de um carbono, vitaminas, minerais, ácidos graxos e metabólitos derivados da microbiota intestinal. Entretanto, a análise conjunta demonstra que esses compostos não apresentam um mecanismo único de ação. Uma mesma molécula pode interagir com diferentes alvos epigenéticos e vias de sinalização, enquanto diferentes nutrientes podem convergir para um mesmo mecanismo regulatório.

Os nutrientes e compostos bioativos não alteram necessariamente a sequência do genoma, mas podem modificar a atividade gênica por mecanismos regulatórios e epigenéticos. Essa distinção é essencial, uma vez que alterações epigenéticas interferem na estrutura da cromatina e na atividade transcricional sem necessariamente promover

mudanças na sequência nucleotídica do DNA (MIERZIAK *et al*., 2021; BAKRIM *et al*., 2025).

Antes de seguirmos para o detalhamento é importante observar a base de dados construída e completa para as análises referentes aos estudos empregados para construção dos resultados deste trabalho, dispostos na Tabela 1.

Tabela 1. Caracterização dos estudos que compuseram a base científica principal da revisão.

Autor/ano	Foco principal	Componentes/tema	Mecanismo abordado	Tipo de evidência
Açar; Akbulut, 2023	Epigenética nutricional e câncer	Fitoquímicos	DNMT, HDAC, ncRNA	Revisão
Bakrim et al., 2025	Epi-nutrientes e câncer	Curcumina, EGCG, genisteína, quercetina, resveratrol, sulforafano	Metilação, TET, histonas	Revisão
Bishop et al., 2017	Câncer colorretal	Butirato	miRNA/epigenética	Revisão mecanística
Boroomand et al., 2026	Nutrigenômica e oncologia de precisão	Diversos bioativos	Metilação, histonas, ncRNA	Revisão
Caradonna et al., 2020	Dieta e nutrigenômica	Dieta mediterrânea/bioativos	Epigenoma/miRNA	Revisão
Edkaidek et al., 2026	Microbiota e epigenoma	SCFAs, urolitinas, metabólitos	Epigenética	Revisão
Fagbohun et al., 2023	Micronutrientes e câncer	Vitaminas/micronutrientes	Genes e sinalização	Revisão
Franzago et al., 2020	Dieta–genes	Nutrientes	Epigenética	Revisão
Ghazi et al., 2020	Metilação e câncer	Folato, colina, bioativos	DNMT/metilação	Revisão
Hajjar et al., 2021	Câncer colorretal	Butirato	HDAC	Revisão
Han et al., 2018	Câncer colorretal	Butirato	HDAC/apoptose	Experimental *in vitro*
Irimie et al., 2019	Micronutrientes e câncer	Vitaminas, selênio, AGPI	Nutrigenômica	Revisão
Jiang et al., 2021	Flavonoides e câncer	Flavonoides	DNMT, HDAC, ncRNA	Revisão
Kiani et al., 2022	Nutrigenômica	Nutrientes/polimorfismos	Interação gene–dieta	Revisão

Kumari et al., 2022	Bioativos	Diversos fitoquímicos	Metilação, histonas, ncRNA	Revisão
Lal et al., 2022	Sinalização nutricional	Nutrientes	Receptores/vias	Revisão
Livingstone et al., 2022	Nutrição de precisão	Multiômica	Variabilidade individual	Revisão
Mierziak et al., 2021	Expressão gênica	Bioativos	Metilação, histonas, ncRNA, receptores	Revisão
Nasir et al., 2020	Nutrigenômica e câncer	Nutrientes	Epigenética	Revisão
Ramos-Lopez et al., 2022	Nutrição de precisão	Multiômica	Genômica/epigenômica/metabolômica	Revisão

Fonte: Elaboração própria a partir dos estudos analisados, 2026.

- **Nutrientes e compostos bioativos como moduladores da expressão gênica**

A primeira constatação decorrente da síntese dos estudos é que componentes da dieta podem atuar em diferentes níveis da regulação da expressão gênica. Mierziak *et al*. (2021) agrupam esses mecanismos em alterações da estrutura da cromatina, incluindo metilação do DNA e modificações de histonas; regulação por RNAs não codificantes; ativação de fatores de transcrição por cascatas de sinalização; e interação direta de moléculas dietéticas com receptores nucleares.

Essa diversidade de mecanismos demonstra que o conceito contemporâneo de nutrigenômica ultrapassa a interpretação tradicional dos alimentos exclusivamente como fornecedores de energia, vitaminas e minerais. Determinadas moléculas provenientes da dieta ou de seu metabolismo podem funcionar como substratos, cofatores, ligantes ou moduladores de proteínas envolvidas no controle transcricional e epigenético.

No contexto do câncer, essa interação assume importância porque a transformação neoplásica envolve tanto alterações genéticas quanto profundas modificações da regulação gênica. Padrões anormais de metilação do DNA, modificações de histonas e alterações na expressão de RNAs não codificantes podem contribuir para ativação inadequada de oncogenes ou redução da expressão de genes supressores tumorais. Bakrim *et al*. (2025) destacam DNMTs e HDACs entre os principais reguladores epigenéticos investigados nesse contexto.

A reversibilidade potencial de parte dessas modificações diferencia os fenômenos epigenéticos das mutações permanentes do DNA e ajuda a explicar o interesse crescente

pela influência da alimentação sobre o epigenoma. Isso, contudo, não significa que a ingestão de determinado alimento seja capaz de "corrigir" isoladamente o epigenoma de um tumor. Os efeitos descritos dependem do composto, concentração, biodisponibilidade, tecido, tipo tumoral e contexto metabólico (Tabela 2).

Tabela 2. Principais componentes dietéticos e mecanismos nutrigenômicos/epigenéticos identificados na literatura.

Componente	Principais fontes	Alvos/mecanismos investigados	Processos associados	Predomínio da evidência
Curcumina	*Curcuma longa*	DNMTs, HDACs/HATs, miRNAs e vias de sinalização	Expressão gênica, apoptose, proliferação e inflamação	Principalmente experimental
Resveratrol	Uvas, frutas vermelhas, amendoim	SIRT1, histonas, fatores de transcrição e miRNAs	Ciclo celular, apoptose, estresse celular	Experimental; evidência humana limitada
Sulforafano	Brócolis e outros crucíferos	HDACs, DNMTs, Nrf2 e mecanismos redox	Expressão de genes de defesa, ciclo celular e apoptose	Experimental, com estudos humanos iniciais
EGCG	Chá verde	DNMTs, HDACs e regulação de genes supressores	Metilação, invasão e proliferação	Predominantemente *in vitro*
Genisteína	Soja e derivados	DNMTs, histonas e receptores celulares	Expressão gênica, proliferação e diferenciação	Predominantemente experimental
Quercetina	Cebola, maçã, frutas e vegetais	Metilação de regiões promotoras e outros mecanismos epigenéticos	Reexpressão gênica e controle proliferativo	Predominantemente *in vitro*
Folato/B12/colina	Vegetais, leguminosas, alimentos de origem animal e ovos	Metabolismo de um carbono/SAM/DNMTs	Manutenção dos padrões de metilação do DNA	Evidência mecanística e humana variável
Vitamina C	Frutas e hortaliças	Enzimas TET e mecanismos de desmetilação	Regulação epigenética	Mecanística/experimental
Butirato	Produzido pela fermentação microbiana de fibras	Inibição de HDACs	Acetilação de histonas, expressão gênica e homeostase intestinal	Mecanística e experimental
Polifenóis metabolizados pela microbiota	Frutas, chá, cacau, uvas e	SCFAs, urolitinas, ácidos fenólicos; eixo microbiota–epigenoma	Metilação, histonas e	Emergente

outros vegetais	RNAs não codificantes

Fonte: Elaboração própria a partir dos estudos analisados, 2026.

A literatura recente amplia, portanto, a tabela apresentada na versão inicial do artigo. Curcumina, resveratrol, ômega-3, sulforafano e butirato não representam todos os agentes relevantes. A revisão de Bakrim *et al*. (2025), por exemplo, destaca também EGCG, genisteína e quercetina entre os compostos investigados por seus efeitos sobre mecanismos epigenéticos relacionados ao câncer.

- **Metilação do DNA como elo entre nutrição, epigenética e câncer**

A metilação do DNA constitui um dos mecanismos mais recorrentes nos estudos analisados. Esse processo depende da atividade das DNA metiltransferases e da disponibilidade metabólica de doadores de grupos metil. Consequentemente, existe uma interface direta entre metabolismo nutricional e manutenção do epigenoma.

Nutrientes envolvidos no metabolismo de um carbono, como folato, vitamina B12 e colina, participam direta ou indiretamente da geração e disponibilidade de grupos metil utilizados em reações celulares. Bakrim *et al*. (2025) descrevem o folato como um importante componente relacionado à disponibilidade de grupos metil e destacam também a participação de colina, zinco e vitamina B12 na manutenção dos processos de metilação mediados por DNMTs.

A relação entre metilação e câncer, entretanto, é complexa. Não se pode considerar simplesmente que “mais metilação” seja benéfica ou prejudicial. Tumores podem apresentar simultaneamente hipometilação global em determinadas regiões do genoma e hipermetilação localizada de regiões regulatórias, incluindo promotores de genes envolvidos no controle do crescimento celular. Portanto, o efeito biologicamente relevante depende da região genômica, do gene envolvido e do contexto celular.

Nesse cenário, alguns fitoquímicos têm sido investigados por sua capacidade de interferir na atividade de DNMTs. Estudos citados por Bakrim *et al*. (2025) descrevem, por exemplo, alterações na metilação de genes relacionados ao câncer após exposição experimental a EGCG, curcumina e quercetina. Entre os achados relatados encontram-se modulação da metilação do gene RECK por polifenóis do chá verde e reativação experimental de genes supressores tumorais após alterações de marcas epigenéticas por quercetina e EGCG.

Esses resultados são biologicamente relevantes porque demonstram que moléculas dietéticas podem, em condições experimentais, interferir na maquinaria epigenética. Entretanto, a concentração empregada em culturas celulares nem sempre corresponde àquela alcançada nos tecidos humanos após o consumo alimentar, o que impede a transposição automática desses achados para recomendações clínicas.

- **Modificações de histonas e remodelamento da cromatina**

As modificações de histonas constituíram outro eixo importante identificado. A acetilação e desacetilação das histonas alteram a compactação da cromatina e, consequentemente, a acessibilidade do DNA à maquinaria transcricional. Entre as enzimas mais investigadas encontram-se HATs, HDACs e sirtuínas.

Diversos compostos bioativos foram relacionados experimentalmente à atividade dessas enzimas. Curcumina, resveratrol, sulforafano, EGCG e metabólitos microbianos aparecem entre os agentes investigados. Bakrim *et al*. (2025) descrevem que compostos alimentares podem atuar como ativadores, inibidores ou substratos de enzimas epigenéticas e ressaltam o interesse crescente pela modulação de HDACs e DNMTs.

O sulforafano apresenta particular interesse nesse eixo. Derivado dos glicosinolatos encontrados em vegetais crucíferos, tem sido associado experimentalmente à inibição da atividade de HDACs e a modificações da expressão de genes relacionados ao controle do ciclo celular e à resposta ao estresse.

A interpretação adequada desses resultados é diferente daquela apresentada no texto anterior. Não é cientificamente seguro afirmar que o sulforafano ou a curcumina "contrabalançam o fenótipo tumoral" no organismo humano de maneira estabelecida. A formulação mais adequada é que esses compostos demonstram capacidade de modular mecanismos epigenéticos associados ao fenótipo tumoral em modelos experimentais, constituindo candidatos relevantes para investigação translacional.

- **RNAs não codificantes e regulação pós-transcricional**

Um terceiro mecanismo emergente envolve os RNAs não codificantes, particularmente os microRNAs. Essas moléculas regulam a expressão gênica pós-transcricionalmente e podem apresentar comportamento oncogênico ou supressor tumoral, dependendo dos genes-alvo e do contexto celular.

A revisão de Bakrim *et al*. (2025) descreve evidências de que fitoquímicos podem modificar direta ou indiretamente a expressão de miRNAs oncogênicos e supressores

tumorais. Os autores também discutem estratégias experimentais envolvendo miRNA mimics e anti-miRNAs como formas de reprogramação epigenética, demonstrando a importância crescente dessa camada regulatória na oncologia molecular.

Nesse aspecto, a nutrigenômica contemporânea não deve ser limitada ao modelo clássico "nutriente → gene". Os resultados sugerem uma rede mais complexa:

componente alimentar → metabolismo → sinalização celular → reguladores epigenéticos/RNAs não codificantes → expressão de múltiplos genes → fenótipo celular.

Essa interpretação ajuda a explicar por que um mesmo composto pode apresentar efeitos diferentes dependendo do tipo celular e do ambiente metabólico.

- **Curcumina, resveratrol, sulforafano, EGCG, genisteína e quercetina: convergências e diferenças**

Entre os fitoquímicos analisados, observa-se importante convergência sobre determinados alvos moleculares, mas também diferenças nos mecanismos predominantes.

A curcumina apresenta uma das redes de interação molecular mais amplas, sendo investigada em relação à atividade de DNMTs, HDACs/HATs, fatores de transcrição e RNAs não codificantes. Estudos experimentais descritos na literatura também relacionam a curcumina à modulação de regiões promotoras e à atividade de genes envolvidos em respostas antioxidantes e controle celular.

O resveratrol tem sido particularmente relacionado à atividade de sirtuínas, incluindo SIRT1, além de modificações de histonas e vias relacionadas ao metabolismo e à resposta ao estresse. É importante, contudo, evitar uma interpretação linear segundo a qual "ativar SIRT1" seria invariavelmente antitumoral, pois o papel dessas proteínas depende do contexto biológico e tumoral.

O sulforafano apresenta destaque por sua interação com HDACs e mecanismos relacionados ao Nrf2, enquanto a EGCG tem sido investigada por efeitos sobre DNMTs e HDACs. Estudos experimentais em células de câncer cervical demonstraram que EGCG pode modificar a expressão de genes supressores tumorais concomitantemente à modulação dessas enzimas epigenéticas.

A quercetina, por sua vez, foi associada experimentalmente a alterações na metilação de regiões CpG promotoras e reexpressão de genes supressores em células de câncer cervical. A genisteína, encontrada principalmente na soja, também aparece na literatura relacionada à modulação de DNMTs, histonas e outros mecanismos

regulatórios. Bakrim *et al*. (2025) agrupam esses compostos entre os principais "epi-nutrientes" atualmente investigados.

Essa multiplicidade de alvos reforça que os compostos bioativos não devem ser interpretados como agentes farmacológicos altamente específicos. Suas ações são frequentemente pleiotrópicas, dependentes da concentração e influenciadas por metabolismo, biodisponibilidade e características do sistema experimental.

- **Nutrientes, fatores de transcrição e vias de sinalização relacionadas ao câncer**

A regulação nutrigenômica não ocorre exclusivamente por mecanismos epigenéticos. Os estudos analisados também indicam interação com fatores de transcrição, receptores nucleares e cascatas intracelulares.

Mierziak *et al*. (2021) destacam que componentes bioativos podem modificar a expressão gênica tanto por alterações da cromatina quanto pela ativação de fatores de transcrição por cascatas de sinalização e pela ligação direta a receptores nucleares.

Entre as vias frequentemente investigadas encontram-se NF-κB, Nrf2, PI3K/AKT, MAPK, PPARs e vias relacionadas ao controle do ciclo celular e apoptose. A modulação dessas redes pode alterar a expressão de conjuntos inteiros de genes relacionados à inflamação, sobrevivência celular, metabolismo, estresse oxidativo e proliferação.

Esse resultado exige uma correção importante da versão anterior sobre os ácidos graxos ômega-3. Não é adequado afirmar que a redução de VEGF "estrangula" o suprimento vascular do tumor. Evidências experimentais permitem discutir a possibilidade de modulação de mediadores inflamatórios, receptores nucleares e mecanismos relacionados à angiogênese, mas o efeito depende do modelo, dose, ácido graxo analisado e tipo tumoral. A linguagem deve refletir essa complexidade.

Da mesma maneira, a atividade antioxidante não deve ser utilizada isoladamente como sinônimo de atividade antineoplásica. O equilíbrio redox exerce funções complexas no câncer e, em determinadas circunstâncias, espécies reativas de oxigênio também participam dos mecanismos pelos quais tratamentos antineoplásicos promovem morte celular. Isso reforça a necessidade de diferenciar o consumo alimentar habitual da utilização farmacológica ou suplementar de antioxidantes.

- **O eixo dieta–microbiota–epigenoma amplia o modelo nutrigenômico**

Um dos resultados mais atuais da análise foi a ampliação do modelo tradicional de interação direta entre nutriente e célula. Evidências recentes demonstram que parte dos efeitos moleculares dos componentes alimentares pode ser intermediada pela microbiota intestinal.

Edkaidek, Dahiya e Nigam (2026) descrevem um eixo microbiota–epigenoma no qual fibras, peptídeos e polifenóis são metabolizados pelas comunidades microbianas, originando moléculas capazes de interferir na regulação gênica do hospedeiro. Entre esses metabólitos encontram-se ácidos graxos de cadeia curta, urolitinas e ácidos fenólicos, associados à modulação da metilação do DNA, modificações de histonas e RNAs não codificantes.

O butirato representa um dos exemplos mais bem estabelecidos dessa interface. Produzido principalmente pela fermentação microbiana de fibras alimentares, apresenta capacidade de interferir na atividade de HDACs. Dessa forma, o efeito biológico atribuído à fibra não depende exclusivamente da molécula ingerida, mas também da composição e da capacidade metabólica da microbiota.

Esse aspecto altera profundamente o modelo conceitual da nutrigenômica:

DIETA → MICROBIOTA → METABÓLITOS → EPIGENOMA → EXPRESSÃO GÊNICA

e não apenas:

DIETA → GENE.

A revisão de Edkaidek, Dahiya e Nigam (2026) destaca ainda que diferenças na composição microbiana e nos denominados metabótipos podem modificar a magnitude da resposta epigenética entre indivíduos.

Essa observação apresenta implicações importantes para a nutrição de precisão. Duas pessoas podem ingerir quantidades semelhantes de determinado polifenol ou fibra e produzir perfis distintos de metabólitos biologicamente ativos em decorrência das diferenças na microbiota intestinal.

Ao mesmo tempo, os próprios autores ressaltam que a contribuição específica dos compostos bioativos derivados da dieta para a regulação epigenética mediada pela microbiota ainda é insuficientemente compreendida, constituindo uma lacuna relevante da literatura atual.

- **A biodisponibilidade como barreira entre o efeito molecular e o efeito clínico**

A análise integrada dos estudos revela que um dos principais obstáculos para a tradução clínica da nutrigenômica é a biodisponibilidade.

Resultados obtidos pela exposição direta de células tumorais a determinada concentração de curcumina, resveratrol, quercetina ou sulforafano não significam que concentração equivalente seja alcançada no tecido tumoral após o consumo do alimento correspondente.

Após a ingestão, essas substâncias estão sujeitas à digestão, absorção intestinal, metabolismo hepático, conjugação, distribuição, transformação pela microbiota e excreção. Os metabólitos resultantes podem apresentar atividade diferente daquela observada para a molécula original.

Edkaidek, Dahiya e Nigam (2026) ressaltam que compostos bioativos dietéticos frequentemente apresentam biodisponibilidade limitada e que apenas uma fração pode ser absorvida na forma original. Os autores destacam ainda que a capacidade funcional da microbiota influencia sua biotransformação e contribui para diferenças interindividuais importantes.

Mierziak *et al*. (2021) apresentam limitação semelhante. Segundo os autores, grande parte dos estudos sobre regulação da expressão gênica por componentes bioativos foi realizada em culturas celulares, sistemas que não reproduzem integralmente metabolismo, interação entre tecidos, transformação dos compostos e exposição simultânea a múltiplos fatores observados no organismo humano.

A biodisponibilidade constitui, portanto, uma variável intermediária indispensável para interpretar os resultados:

dose ingerida ≠ dose absorvida ≠ concentração plasmática ≠ concentração tecidual ≠ concentração utilizada experimentalmente.

Esse princípio deve orientar a interpretação dos efeitos antitumorais atribuídos aos componentes alimentares.

- **Hierarquia das evidências: do mecanismo molecular à aplicação em humanos**

Um dos resultados mais relevantes desta revisão não diz respeito a um composto específico, mas à distribuição desigual da força das evidências.

A literatura disponível é particularmente rica em demonstrações mecanísticas. Estudos celulares permitem identificar alterações em DNMTs, HDACs, miRNAs, fatores de transcrição, proteínas e genes após exposição a determinados compostos. Modelos animais acrescentam informações sobre metabolismo e interação entre tecidos. Entretanto, a demonstração de que determinado mecanismo ocorre em células ou animais não equivale à comprovação de que uma intervenção nutricional produz benefício clínico em pacientes.

Mierziak *et al*. (2021) ressaltam explicitamente que os dados disponíveis são baseados em grande parte em culturas celulares e que existem diferenças metodológicas relacionadas à aquisição e processamento de amostras, isolamento de RNA, DNA e proteínas e protocolos de ensaios enzimáticos. Os autores destacam ainda que mesmo estudos em organismos inteiros frequentemente não incorporam adequadamente a variabilidade interindividual de metabolismo e biodisponibilidade.

Os autores apontam os ensaios clínicos randomizados como fonte particularmente importante de evidência, mas observam que nem todas as questões nutricionais podem ser investigadas dessa maneira e que grande parte das evidências humanas permanece observacional.

Diante disso, os resultados desta revisão podem ser interpretados segundo uma sequência translacional:

EVIDÊNCIA MECANÍSTICA

células e sistemas moleculares

↓

EVIDÊNCIA PRÉ-CLÍNICA

modelos animais

↓

EVIDÊNCIA HUMANA OBSERVACIONAL

associações entre exposição e biomarcadores/desfechos

↓

EVIDÊNCIA DE INTERVENÇÃO

ensaios clínicos

↓

APLICABILIDADE CLÍNICA

recomendações reproduzíveis, seguras e validadas.

A maior densidade de evidências encontrada concentra-se atualmente nos primeiros níveis dessa sequência. Essa constatação constitui uma das principais respostas ao problema de pesquisa.

- **Variabilidade interindividual e limites da ideia de uma "dieta anticâncer molecular"**

Outro aspecto recorrente é a grande variabilidade existente entre indivíduos. O efeito biológico de determinado nutriente não depende exclusivamente da quantidade ingerida, mas de características genéticas, epigenéticas, metabólicas, fisiológicas e microbianas.

A própria microbiota representa uma fonte expressiva dessa heterogeneidade. Diferenças na composição e capacidade metabólica das comunidades intestinais podem determinar quanto e quais metabólitos foram produzidos a partir de fibras e polifenóis.

Da mesma forma, Mierziak *et al*. (2021) ressaltam que estudos frequentemente deixam de considerar diferenças individuais no metabolismo e na biodisponibilidade dos componentes bioativos.

Isso significa que a antiga conclusão de que "a padronização de condutas generalistas em nutrigenômica é ultrapassada" também precisa ser reformulada. As recomendações populacionais continuam desempenhando papel fundamental na saúde pública. O que a nutrigenômica oferece é a possibilidade futura de complementar essas recomendações com informações moleculares individualizadas quando biomarcadores suficientemente robustos e clinicamente validados estiverem disponíveis.

- **Nutrição de precisão: potencial elevado, aplicação clínica ainda em consolidação**

A integração dos estudos aponta para a nutrição de precisão como uma perspectiva importante, mas ainda não plenamente incorporada à oncologia clínica.

Em princípio, a combinação de informações provenientes da genômica, epigenômica, transcriptômica, metabolômica e microbiômica pode permitir uma caracterização muito mais detalhada da resposta individual aos alimentos. O desenvolvimento tecnológico das plataformas multiômicas torna esse cenário progressivamente mais factível.

Entretanto, identificar uma associação molecular não significa possuir um biomarcador clínico validado. Para que determinada assinatura epigenética possa orientar

uma prescrição nutricional, é necessário demonstrar reprodutibilidade, especificidade, estabilidade, relação dose–resposta e associação com desfechos clinicamente relevantes.

A revisão de Mierziak *et al*. (2021) conclui justamente pela necessidade de procedimentos padronizados, diretrizes metodológicas consistentes e estudos de biodisponibilidade que considerem a variabilidade populacional.

Também é significativo que trabalhos muito recentes continuem descrevendo várias dessas aplicações como emergentes. Bakrim *et al*. (2025), por exemplo, discute estratégias inovadoras de formulação para aumentar a biodisponibilidade e direcionamento de compostos bioativos, incluindo sistemas nanoparticulados. Isso demonstra simultaneamente o potencial do campo e uma de suas limitações: se novas tecnologias de entrega são necessárias para atingir concentrações biologicamente relevantes, não se pode assumir que o consumo alimentar habitual reproduza os mesmos efeitos.

Portanto, no estágio atual das evidências, a nutrigenômica apresenta maior solidez como estrutura científica para compreender interações entre alimentação e regulação molecular do que como instrumento já consolidado para prescrever dietas antitumorais individualizadas.

- **Síntese integrada dos resultados e resposta ao objetivo do estudo**

Considerando conjuntamente os estudos analisados, os resultados sustentam a existência de uma interação biologicamente plausível e experimentalmente demonstrável entre componentes da dieta e mecanismos envolvidos na regulação da expressão gênica.

A primeira hipótese conceitual do trabalho encontra respaldo na literatura: nutrientes e compostos bioativos podem interagir com mecanismos regulatórios do genoma e do epigenoma. Essa interação envolve principalmente DNMTs, HDACs/HATs, sirtuínas, RNAs não codificantes, receptores nucleares e fatores de transcrição.

A segunda constatação é que essas alterações podem alcançar vias biologicamente relacionadas à carcinogênese. Proliferação, apoptose, inflamação, resposta ao estresse, reparo do DNA, angiogênese e invasão encontram-se entre os processos descritos na literatura. Bakrim *et al*. (2025) reúne evidências envolvendo curcumina, EGCG, genisteína, quercetina, resveratrol e sulforafano e destaca a capacidade experimental desses compostos de interagir com mecanismos epigenéticos associados ao câncer.

A terceira constatação, contudo, estabelece o principal limite da hipótese: a demonstração de mecanismos moleculares não constitui, por si só, comprovação de prevenção ou tratamento do câncer em seres humanos.

A Figura 2 resume essa interpretação:

DIETA E COMPONENTES BIOATIVOS

↓

Curcumina • Resveratrol • Sulforafano • EGCG • Genisteína • Quercetina • Micronutrientes • Fibras

↓

METABOLISMO + MICROBIOTA + BIODISPONIBILIDADE

↓

ALVOS MOLECULARES

DNMTs • HDACs/HATs • SIRT1 • TET • miRNAs • Nrf2 • NF-κB • receptores nucleares

↓

REGULAÇÃO GÊNICA E EPIGENÉTICA

Metilação do DNA • Modificações de histonas • RNAs não codificantes • Transcrição

↓

PROCESSOS RELACIONADOS À CARCINOGÊNESE

Proliferação • Apoptose • Inflamação • Estresse oxidativo • Angiogênese • Invasão

↓

EVIDÊNCIA PREDOMINANTEMENTE EXPERIMENTAL

↓

Necessidade de validação clínica em humanos

↓

POTENCIAL FUTURO PARA NUTRIÇÃO DE PRECISÃO

Esse modelo também incorpora um achado que se tornou mais evidente na literatura recente: a resposta à dieta não depende exclusivamente da relação direta entre molécula alimentar e DNA. O metabolismo do hospedeiro e a microbiota podem modificar substancialmente a natureza e a concentração das moléculas que efetivamente atingem os tecidos. Edkaidek, Dahiya e Nigam (2026) demonstram a relevância desse

eixo ao relacionar metabólitos microbianos a metilação do DNA, modificações de histonas e regulação por RNAs não codificantes.

Dessa maneira, a principal contribuição da nutrigenômica para a oncologia, à luz dos estudos analisados, não está na proposição imediata de uma "dieta capaz de tratar o câncer", mas na demonstração de que a alimentação integra uma rede molecular complexa capaz de interagir com mecanismos regulatórios envolvidos na homeostase e na carcinogênese.

Essa interpretação permite responder ao objetivo central desta revisão: existem evidências consistentes de que nutrientes e compostos bioativos podem modular expressão gênica e mecanismos epigenéticos relacionados ao câncer, especialmente em sistemas experimentais; entretanto, a magnitude, especificidade e relevância clínica desses efeitos em seres humanos permanecem heterogêneas e insuficientemente estabelecidas para sustentar prescrições antineoplásicas nutrigenômicas individualizadas como prática clínica rotineira.

O avanço da área dependerá, portanto, menos da identificação de novos compostos com atividade in vitro e mais da capacidade de conectar de forma reprodutível exposição alimentar → biodisponibilidade → alteração molecular → biomarcador → desfecho clínico. Essa transição representa o ponto crítico entre a nutrigenômica experimental e uma futura nutrição de precisão aplicada à oncologia.

Considerações Finais

A presente revisão permitiu analisar as evidências científicas acerca dos efeitos de nutrientes e compostos bioativos sobre a regulação gênica e epigenética no contexto do câncer, evidenciando que a relação entre alimentação e carcinogênese ultrapassa a função tradicional dos nutrientes como fontes energéticas ou componentes estruturais. Os estudos analisados demonstram que diferentes componentes da dieta podem interagir com mecanismos moleculares responsáveis pelo controle da expressão gênica, estabelecendo uma interface entre nutrição, metabolismo, epigenoma e processos biológicos relacionados ao desenvolvimento e à progressão tumoral.

Entre os mecanismos identificados, destacaram-se a modulação da metilação do DNA, as modificações de histonas, a regulação de microRNAs e outros RNAs não codificantes, bem como a interferência sobre fatores de transcrição, receptores nucleares e vias intracelulares de sinalização. Enzimas e proteínas reguladoras, como DNMTs, HDACs, HATs, TETs e sirtuínas, constituem importantes pontos de interação entre os

componentes nutricionais e o epigenoma. Dessa maneira, os achados analisados sustentam a existência de mecanismos biologicamente plausíveis pelos quais a alimentação pode participar da regulação de genes associados à proliferação celular, apoptose, inflamação, angiogênese, reparo do DNA, invasão tumoral e resposta ao estresse celular.

Entre os componentes mais investigados, destacaram-se curcumina, resveratrol, sulforafano, epigalocatequina-3-galato, genisteína, quercetina, ácidos graxos ômega-3, vitaminas, minerais e fibras alimentares, embora a natureza e a magnitude dos efeitos observados variem conforme o composto, a concentração utilizada, o tipo celular, o modelo experimental e o contexto tumoral. Os resultados reforçam, portanto, que não existe um mecanismo nutrigenômico único ou universal, mas uma complexa rede de interações na qual diferentes componentes alimentares podem atuar simultaneamente sobre múltiplos alvos moleculares.

A análise também evidenciou que a relação entre dieta e expressão gênica não ocorre exclusivamente por uma interação direta entre nutrientes e células do hospedeiro. A microbiota intestinal representa um importante componente intermediário desse processo, uma vez que fibras, polifenóis e outros constituintes alimentares podem ser metabolizados em moléculas biologicamente ativas, como ácidos graxos de cadeia curta, urolitinas e ácidos fenólicos. Esses metabólitos podem interagir com mecanismos epigenéticos e regulatórios, ampliando o modelo nutrigenômico para um eixo integrado entre dieta, microbiota, metabolismo, epigenoma e expressão gênica.

Entretanto, um dos principais achados desta revisão foi a existência de uma diferença substancial entre a demonstração de atividade molecular e a comprovação de benefício clínico. Embora numerosos estudos apresentem resultados promissores quanto à capacidade de determinados compostos bioativos modularem mecanismos relacionados à carcinogênese, parcela expressiva dessas evidências ainda deriva de experimentos in vitro e modelos animais. Assim, efeitos como redução da proliferação celular, aumento da apoptose de células tumorais, modulação de mediadores inflamatórios e interferência em mecanismos associados à angiogênese ou invasão tumoral não devem ser automaticamente interpretados como efeitos preventivos ou terapêuticos comprovados em seres humanos.

Essa distinção torna-se particularmente relevante diante das limitações relacionadas à biodisponibilidade. As concentrações utilizadas em determinados modelos experimentais podem ser superiores àquelas alcançáveis pela ingestão habitual dos

alimentos, além de sofrerem influência da absorção intestinal, metabolismo hepático, transformação pela microbiota, distribuição tecidual e eliminação. Somam-se a isso as diferenças interindividuais relacionadas ao genoma, epigenoma, metabolismo e composição da microbiota intestinal, demonstrando que indivíduos submetidos à mesma exposição alimentar podem apresentar respostas moleculares distintas.

Nesse sentido, os resultados não sustentam a utilização dos compostos bioativos analisados como substitutos das terapias oncológicas estabelecidas, tampouco permitem definir, no estágio atual do conhecimento, uma "dieta anticâncer" baseada exclusivamente em mecanismos nutrigenômicos. A principal contribuição da nutrigenômica para a oncologia encontra-se, atualmente, na compreensão dos mecanismos pelos quais componentes da alimentação podem interagir com processos moleculares relacionados à carcinogênese e na possibilidade de utilização futura desse conhecimento para aperfeiçoar estratégias de prevenção e cuidado nutricional.

Quanto ao objetivo proposto, considera-se que este foi alcançado, uma vez que a revisão permitiu identificar os principais nutrientes e compostos bioativos investigados, caracterizar mecanismos gênicos e epigenéticos potencialmente modulados, reconhecer a participação da microbiota e do metabolismo na resposta nutricional e distinguir as evidências experimentais daquelas disponíveis em seres humanos. Essa análise permitiu ainda estabelecer os principais limites existentes para a translação do conhecimento molecular para a prática nutricional em oncologia.

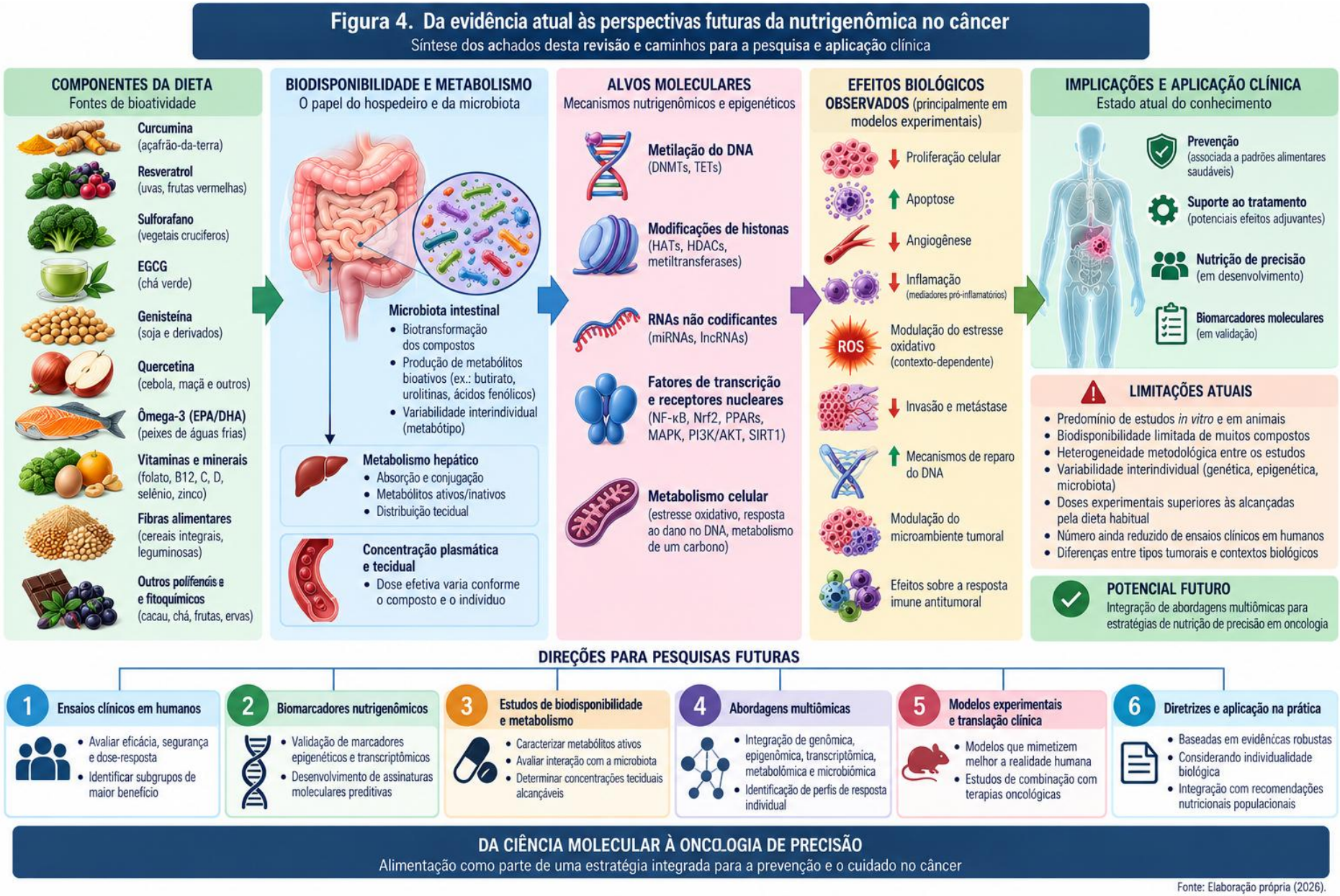
A nutrição de precisão surge, nesse contexto, como uma perspectiva relevante, porém ainda em desenvolvimento. A futura integração de informações genômicas, epigenômicas, transcriptômicas, metabolômicas e microbiômicas poderá contribuir para identificar diferentes perfis de resposta aos componentes alimentares e auxiliar na construção de estratégias nutricionais mais individualizadas. Contudo, sua incorporação à prática clínica dependerá da validação de biomarcadores, da padronização dos métodos analíticos e, principalmente, da demonstração de segurança e benefício em estudos conduzidos com seres humanos.

Cabe destacar que a predominância de revisões e evidências mecanísticas na base analisada constitui uma limitação desta revisão, especialmente para inferências sobre eficácia clínica. Embora os mecanismos moleculares associados à interação entre nutrientes, compostos bioativos e regulação gênica apresentem plausibilidade biológica consistente, a transposição desses achados para recomendações nutricionais

individualizadas em oncologia ainda depende de maior número de estudos clínicos controlados, padronização das intervenções e validação de biomarcadores.

Dessa forma, pesquisas futuras deverão priorizar ensaios clínicos controlados e estudos longitudinais, investigações de dose–resposta e biodisponibilidade, identificação e validação de biomarcadores nutrigenômicos, caracterização dos metabólitos efetivamente ativos nos tecidos e integração de abordagens multiômicas. Também será necessário considerar a interação entre intervenções nutricionais e tratamentos antineoplásicos, de modo a estabelecer não apenas possíveis benefícios, mas também segurança, contraindicações e potenciais interações.

Conclui-se, portanto, que a nutrigenômica fornece uma base científica relevante para compreender como nutrientes e compostos bioativos podem participar da regulação gênica e epigenética associada ao câncer, atendendo diretamente à proposta expressa no título deste estudo. Contudo, a principal mensagem decorrente das evidências analisadas é de equilíbrio: a plausibilidade molecular encontra-se mais avançada do que a comprovação clínica. O desafio para os próximos anos será transformar os mecanismos identificados experimentalmente em evidências clínicas reprodutíveis, capazes de estabelecer quais componentes alimentares, em quais doses, para quais indivíduos e em quais contextos oncológicos podem efetivamente produzir benefícios. Essa transição será fundamental para que a nutrigenômica avance da compreensão molecular para uma nutrição de precisão cientificamente validada, segura e integrada ao cuidado oncológico.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Referências

AÇAR, Y.; AKBULUT, G. Nutritional epigenetics and phytochemicals in cancer formation. Journal of the American Nutrition Association, v. 42, n. 7, p. 700-705, 2023. DOI: 10.1080/27697061.2022.2147106.

BAKRIM, S. et al. Epi-nutrients for cancer prevention: molecular mechanisms and emerging insights. Cell Biology and Toxicology, v. 41, art. 116, 2025. DOI: 10.1007/s10565-025-10054-2.

BISHOP, K. S.; XU, H.; MARLOW, G. Epigenetic regulation of gene expression induced by butyrate in colorectal cancer: involvement of microRNA. Genetics & Epigenetics, v. 9, 2017. DOI: 10.1177/1179237X17729900.

BOROOMAND, F. et al. The nutrigenomic-epigenetic axis in cancer: from dietary bioactives to precision oncology. Nutrition & Metabolism, v. 23, art. 96, 2026. DOI: 10.1186/s12986-026-01147-8.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2. ed. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014.

CARADONNA, F.; CONSIGLIO, O.; LUPARELLO, C.; GENTILE, C. Science and healthy meals in the world: nutritional epigenomics and nutrigenetics of the Mediterranean diet. Nutrients, v. 12, n. 6, art. 1748, 2020. DOI: 10.3390/nu12061748.

COZZOLINO, S. M. F. *Biodisponibilidade de nutrientes*. 6. ed. Barueri: Manole, 2020.

EDKAIDEK, H.; DAHIYA, D.; NIGAM, P. S. Epigenetic modulators: role of gut microbiome in transformation of nutrient bioactives and host gene regulation. Cells, v. 15, n. 11, art. 957, 2026. DOI: 10.3390/cells15110957.

FAGBOHUN, O. F.; GILLIES, C. R.; MURPHY, K. P. J.; RUPASINGHE, H. P. V. Role of antioxidant vitamins and other micronutrients on regulations of specific genes and signaling pathways in the prevention and treatment of cancer. International Journal of Molecular Sciences, v. 24, n. 7, art. 6092, 2023. DOI: 10.3390/ijms24076092.

FRANZAGO, M.; SANTURBANO, D.; VITACOLONNA, E.; STUPPIA, L. Genes and diet in the prevention of chronic diseases in future generations. International Journal of Molecular Sciences, v. 21, n. 7, art. 2633, 2020. DOI: 10.3390/ijms21072633.

GHAZI, T.; ARUMUGAM, T.; FOOLCHAND, A.; CHUTURGOON, A. A. The impact of natural dietary compounds and food-borne mycotoxins on DNA methylation and cancer. Cells, v. 9, n. 9, art. 2004, 2020. DOI: 10.3390/cells9092004.

HAJJAR, R.; RICHARD, C. S.; SANTOS, M. M. The role of butyrate in surgical and oncological outcomes in colorectal cancer. American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology, v. 320, n. 4, p. G601-G608, 2021. DOI: 10.1152/ajpgi.00316.2020.

HAN, A.; BENNETT, N.; AHMED, B.; WHELAN, J.; DONOHOE, D. R. Butyrate decreases its own oxidation in colorectal cancer cells through inhibition of histone

deacetylases. Oncotarget, v. 9, n. 43, p. 27280-27292, 2018. DOI: 10.18632/oncotarget.25546.

IRIMIE, A. I. et al. Role of key micronutrients from nutrigenetic and nutrigenomic perspectives in cancer prevention. Medicina, v. 55, n. 6, art. 283, 2019. DOI: 10.3390/medicina55060283.

JIANG, W.; XIA, T.; LIU, C.; LI, J.; ZHANG, W.; SUN, C. Remodeling the epigenetic landscape of cancer: application potential of flavonoids in the prevention and treatment of cancer. Frontiers in Oncology, v. 11, art. 705903, 2021. DOI: 10.3389/fonc.2021.705903.

KIANI, A. K. et al. Polymorphisms, diet and nutrigenomics. Journal of Preventive Medicine and Hygiene, v. 63, n. 2, supl. 3, p. E125-E141, 2022. DOI: 10.15167/2421-4248/jpmh2022.63.2S3.2754.

KUMARI, A.; BHAWAL, S.; KAPILA, S.; YADAV, H.; KAPILA, R. Health-promoting role of dietary bioactive compounds through epigenetic modulations: a novel prophylactic and therapeutic approach. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 62, n. 3, p. 619-639, 2022. DOI: 10.1080/10408398.2020.1825286.

LAL, M. K. et al. Nutrient-mediated perception and signalling in human metabolism: a perspective of nutrigenomics. International Journal of Molecular Sciences, v. 23, n. 19, art. 11305, 2022. DOI: 10.3390/ijms231911305.

LIVINGSTONE, K. M.; RAMOS-LOPEZ, O.; PÉRUSSE, L.; KATO, H.; ORDOVAS, J. M.; MARTÍNEZ, J. A. Precision nutrition: a review of current approaches and future endeavors. Trends in Food Science & Technology, v. 128, p. 253-264, 2022. DOI: 10.1016/j.tifs.2022.08.017.

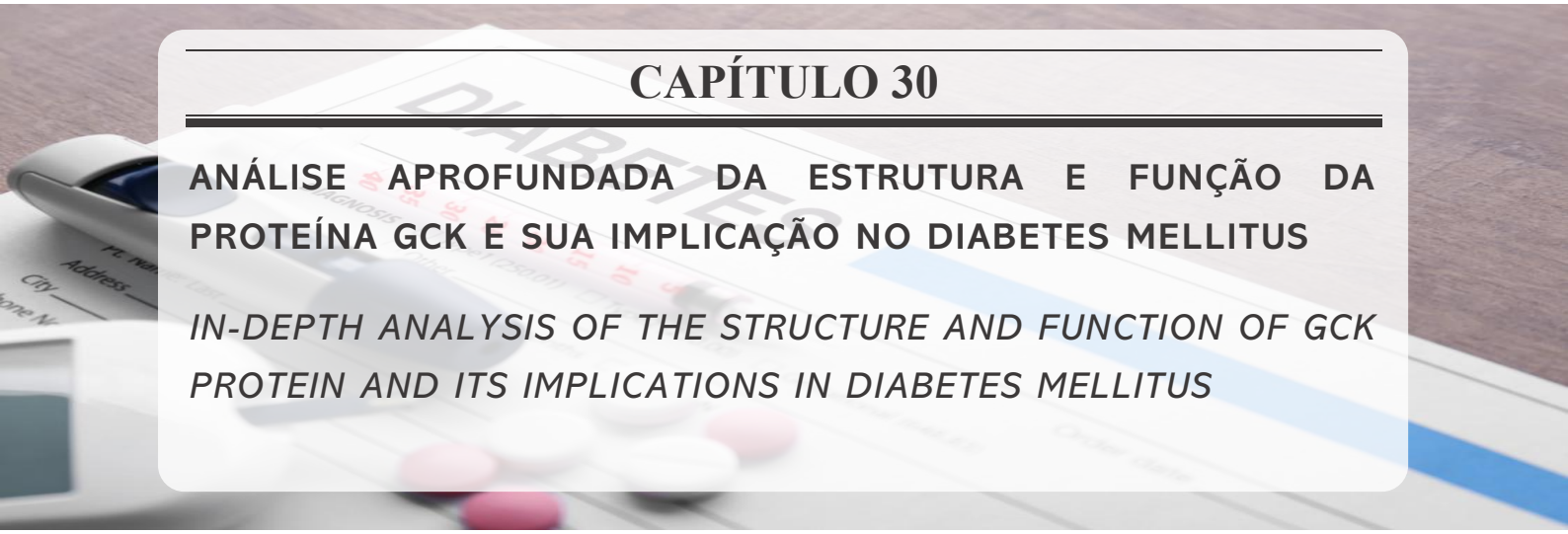
MIERZIAK, J.; KOSTYN, K.; BOBA, A.; CZEMPLIK, M.; KULMA, A.; WOJTASIK, W. Influence of the bioactive diet components on the gene expression regulation. Nutrients, v. 13, n. 11, art. 3673, 2021. DOI: 10.3390/nu13113673.

NASIR, A. et al. Nutrigenomics: epigenetics and cancer prevention: a comprehensive review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v. 60, n. 8, p. 1375-1387, 2020. DOI: 10.1080/10408398.2019.1571480.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, v. 372, n. 71, 2021. DOI: 10.1136/bmj.n71.

RAMOS-LOPEZ, O.; MARTINEZ, J. A.; MILAGRO, F. I. Holistic integration of omics tools for precision nutrition in health and disease. Nutrients, v. 14, n. 19, art. 4074, 2022. DOI: 10.3390/nu14194074.

WHITTEMORE, R.; KNAFL, K. The integrative review: updated methodology. *Journal of Advanced Nursing*, v. 52, n. 5, p. 546-553, 2005. DOI: 10.1111/j.1365-2648.2005.03621.x.



CAPÍTULO 30

ANÁLISE APROFUNDADA DA ESTRUTURA E FUNÇÃO DA PROTEÍNA GCK E SUA IMPLICAÇÃO NO DIABETES MELLITUS

IN-DEPTH ANALYSIS OF THE STRUCTURE AND FUNCTION OF GCK PROTEIN AND ITS IMPLICATIONS IN DIABETES MELLITUS

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.30

Submetido em: 01/09/2026
Revisado em: 22/09/2026
Publicado em: 24/09/2026

Damarys Teodosio Guedes

Acadêmica de Bacharelado em Enfermagem, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Enfermagem, Cuité-PB

https://orcid.org/0009-0007-9445-1900

Myrelle Elias Costa

Acadêmica de Bacharelado em Farmácia, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Saúde, Cuité-PB

http://lattes.cnpq.br/6104310161429990

Carlos Romero Gomes de Oliveira Júnior

Acadêmico em Enfermagem, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Enfermagem, Cuité-PB

https://lattes.cnpq.br/0583044213048334

Maria Raissa Holanda Alves

Acadêmica de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Nutrição, Cuité-PB

http://lattes.cnpq.br/2084159366874162

Anna Clarysse de Queiroz Medeiros

Acadêmica de Bacharelado em Nutrição, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Nutrição, Cuité-PB

http://lattes.cnpq.br/4444771819330579

Carliane Rebeca Coelho da Silva

Pós-Doutora em Biotecnologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE

https://orcid.org/0000-0002-9462-5823

Igor Luiz Vieira de Lima Santos

Professor Associado, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Educação e Saúde, Unidade Acadêmica de Biologia e Química, Cuité-PB

https://orcid.org/0000-0003-3438-0446

Resumo

A glucocinase (GCK) é uma enzima fundamental para a manutenção da homeostase glicêmica, atuando como sensor metabólico da glicose em células β pancreáticas e hepatócitos. Codificada pelo gene GCK, localizado no cromossomo 7p13 com 15 éxons, essa enzima catalisa a fosforilação da glicose em glicose-6-fosfato (G6P), etapa inicial e determinante para o metabolismo da glicose. No pâncreas, a atividade da GCK está diretamente relacionada à secreção de insulina, uma vez que o aumento da produção de ATP decorrente da glicólise promove o fechamento dos canais de potássio sensíveis ao ATP, desencadeando a despolarização da membrana celular, a entrada de cálcio e, consequentemente, a exocitose dos grânulos de insulina. No fígado, a GCK participa da captação e armazenamento da glicose, contribuindo para processos como glicogênese e glicólise. Alterações genéticas no gene GCK podem comprometer a atividade enzimática e resultar em diferentes distúrbios metabólicos. Mutações inativadoras estão associadas ao diabetes monogênico do tipo MODY 2 e à Diabetes Mellitus Neonatal Permanente, enquanto mutações ativadoras podem causar hipoglicemia hiperinsulinêmica congênita. Além disso, a regulação molecular da GCK envolve mecanismos complexos, incluindo interações proteicas, modificações pós-traducionais e controle transcricional, que influenciam diretamente sua funcionalidade. Dessa forma, a compreensão da estrutura, função e regulação da GCK é essencial para o entendimento da fisiopatologia do Diabetes Mellitus e para o desenvolvimento de estratégias diagnósticas e terapêuticas voltadas à medicina de precisão.

Palavras-Chave: Glucocinase, Diabetes, GCK, Proteínas, Funções moleculares.

Abstract

Glucokinase (GCK) is a fundamental enzyme for maintaining glycemic homeostasis, acting as a metabolic sensor of glucose in pancreatic β cells and hepatocytes. Encoded by the GCK gene, located on chromosome 7p13 com 15 exons, this enzyme catalyzes the phosphorylation of glucose to glucose-6-phosphate (G6P), an initial and crucial step in glucose metabolism. In the pancreas, GCK activity is directly related to insulin secretion, since the increased ATP production resulting from glycolysis promotes the closure of ATP-sensitive potassium channels, triggering cell membrane depolarization, calcium influx, and consequently, the exocytosis of insulin granules. In the liver, GCK participates in glucose uptake and storage, contributing to processes such as glycogenesis and glycolysis. Genetic alterations in the GCK gene can compromise enzymatic activity and result in various metabolic disorders. Inactivating mutations are associated with monogenic MODY-2 diabetes and persistent neonatal diabetes mellitus, while activating mutations can cause congenital hyperinsulinemic hypoglycemia. Furthermore, the molecular regulation of GCK involves complex mechanisms, including protein interactions, post-translational modifications, and transcriptional control, which directly influence its functionality. Therefore, understanding the structure, function, and regulation of GCK is essential for understanding the pathophysiology of diabetes mellitus and for developing diagnostic and therapeutic strategies geared towards precision medicine.

Keywords: Glucokinase, Diabetes, GCK, Proteins, Molecular Functions.

Introdução

Ao decorrer dos anos, a diabetes mellitus (DM) tem se tornado cada vez mais recorrente em meio a discussões científicas, além de gerar inúmeras questões que colaboram para o avanço científico e melhor desenvolvimento do tratamento da mesma. Segundo a American Diabetes Association (2010) o DM é um grupo de doenças metabólicas caracterizadas pela hiperglicemia causada por defeitos na secreção de insulina, na ação da insulina ou em ambas as situações.

A DM pode ser considerada como um dos principais problemas de saúde pública global na atualidade. Segundo o IDF Diabetes Atlas (2025), estima-se que 589 milhões de adultos entre 20 e 79 anos possuam a doença, o que corresponde a aproximadamente 11,1% da população adulta mundial. Além disso, o IDF aponta que cerca de 40% dos casos permanecem não diagnosticados e a projeção é de que esse número alcance 853 milhões até o ano de 2050, evidenciando um crescimento global expressivo da doença e reforçando seu caráter epidêmico.

Os tipos de diabetes mais abordados no meio social são os tipos 1 e tipo 2. O diabete mellitus tipo 1 é uma doença autoimune crônica em que o próprio sistema imunológico ataca e destrói as células beta pancreáticas, que são responsáveis pela produção de insulina (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2024). Em contrapartida, o diabetes mellitus tipo 2, é uma doença metabólica complexa, a qual os indivíduos que a possuem produzem a insulina, porém, apresentam resistência a ela, uma vez que as células do corpo não respondem adequadamente à ação dessa substância, facilitando a entrada da glicose no líquido intracelular (MIRANDA, 2025).

Segundo estudos, determinadas atitudes do cotidiano, como, por exemplo, o consumo de álcool e cigarro ou a inatividade física e a alimentação inadequada, o acúmulo de gordura corporal, entre outros fatores, levam o organismo à uma sobrecarga, o que pode gerar resistência à insulina ou deficiência da sua produção dentro do mesmo (MIRANDA, 2025). Somado a isso, também é válido salientar que a diabetes mellitus (DM) em alguns casos mais raros, dá-se quase que exclusivamente de um efeito genético, sem influência dos fatores ambientais anteriormente citados (REIS; VELHO, 2002).

Diversos fatores genéticos como, por exemplo, mutações genéticas, podem ser associados ao desenvolvimento da DM, dentre eles, a mutação do gene *GCK*. Tal gene, é responsável por codificar a glucocinase (GCK), enzima de extrema importância para o metabolismo da glicose presente nas células beta pancreáticas, responsáveis pela secreção de insulina, e nas células do fígado que realizam a sintetização de glicogênio (*AQEL et al.*, 2024).

Sendo assim, mutações no gene GCK podem ocasionar a ausência ou a má formação desta enzima, o que por consequência vai impossibilitar a sua atividade e aumentar o índice de glicose na corrente sanguínea, ocasionando nos indivíduos diferentes tipos de Diabetes Mellitus (DM), como a Diabetes Mellitus Neonatal Permanente (DMNP) e a diabetes mellitus de início na maturidade em jovens (MODY) (*HATTERSLEY et. al.*, 1992).

A medicina de precisão tem redefinido o manejo do diabete mellitus ao incorporar a heterogeneidade genética e molecular da doença na prática clínica (DAWED et al., 2022). Nesse contexto, o diagnóstico molecular, principalmente nas formas monogênicas, permite maior precisão diagnóstica e direcionamento terapêutico individualizado, com impacto direto nos resultados clínicos (NAYLOR et al., 2024). Ademais, evidências recentes reforçam que a incorporação da medicina de precisão no manejo do diabetes não somente aprimora a classificação dos pacientes, mas também permite intervenções terapêuticas mais direcionadas e eficazes, resultando em um melhor controle glicêmico e um potencial de redução de complicações futuras associadas ao diabetes (TAN et al., 2025).

Dessa maneira, pode-se afirmar que é de suma importância investigar e entender os mecanismos de funcionamento do gene GCK e sua influência no desenvolvimento dos diferentes tipos de DMs, principalmente a DMNP e a MODY, a fim de realizar um raciocínio lógico para solução dessas deficiências genéticas.

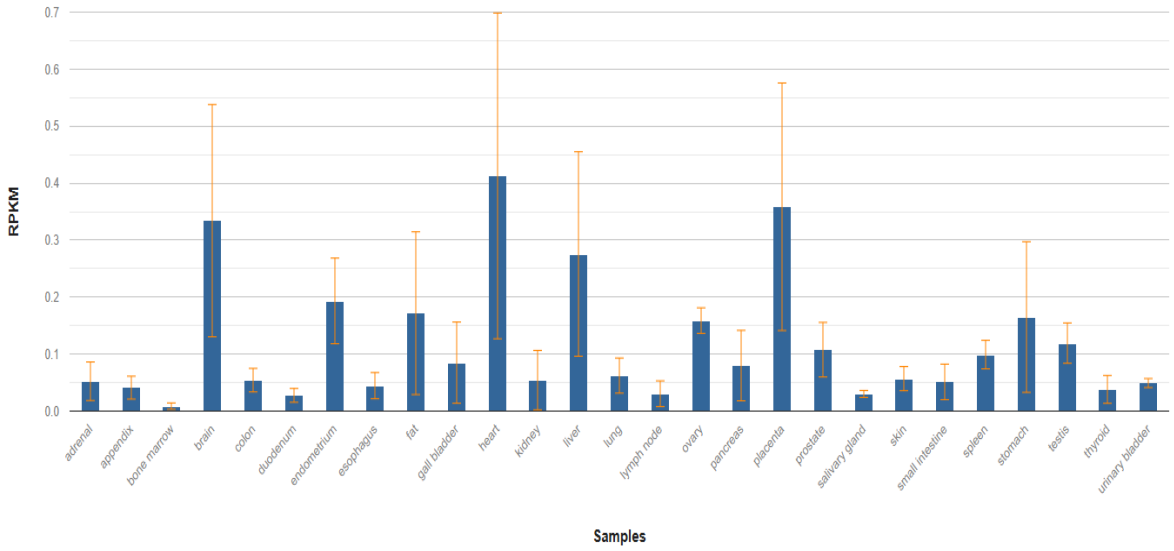
Desenvolvimento

- **Estrutura e Função do gene GCK**

O gene GCK codifica um membro da família de proteínas hexocinase. As hexocinases fosforilam a glicose para produzir glicose-6-fosfato, a primeira etapa na maioria das vias do metabolismo da glicose. Ao contrário de outras formas de hexocinase, esta enzima não é inibida pelo seu produto, a glicose-6-fosfato, mas permanece ativa enquanto a glicose estiver em abundância. O uso de múltiplos promotores e o splicing alternativo deste gene resulta em isoformas proteicas distintas que exibem expressão tecido-específica no pâncreas e no fígado. No pâncreas, esta enzima desempenha um papel na secreção de insulina estimulada pela glicose, enquanto no fígado, ela é importante na captação de glicose e na sua conversão em glicogênio. Mutações neste gene que alteram a atividade da enzima têm sido associadas a múltiplos tipos de diabetes e hipoglicemia hiperinsulinêmica. Também é conhecida como GK; GLK; HK4; HHF3; HKIV; HXKP; LGLK; MODY2; PNDM1; FGQTL3.

A classificação global das proteínas humanas em relação aos padrões de expressão espacial em diferentes órgãos e tecidos é importante para estudos de biologia humana e doenças. Na Figura 1 é possível ver o resultado de uma análise transcriptômica quantitativa (RNA-Seq) para classificar a expressão gênica tecido-específica em um conjunto representativo de todos os principais órgãos e tecidos humanos, combinando essa análise com o perfilamento baseado em anticorpos dos mesmos tecidos (FAGERBERG *et al.,* 2014). Um mapa integrado de expressão de RNA e proteínas espacial tecidual humana pode ser usado como ponto de partida para explorar os constituintes moleculares do corpo humano.

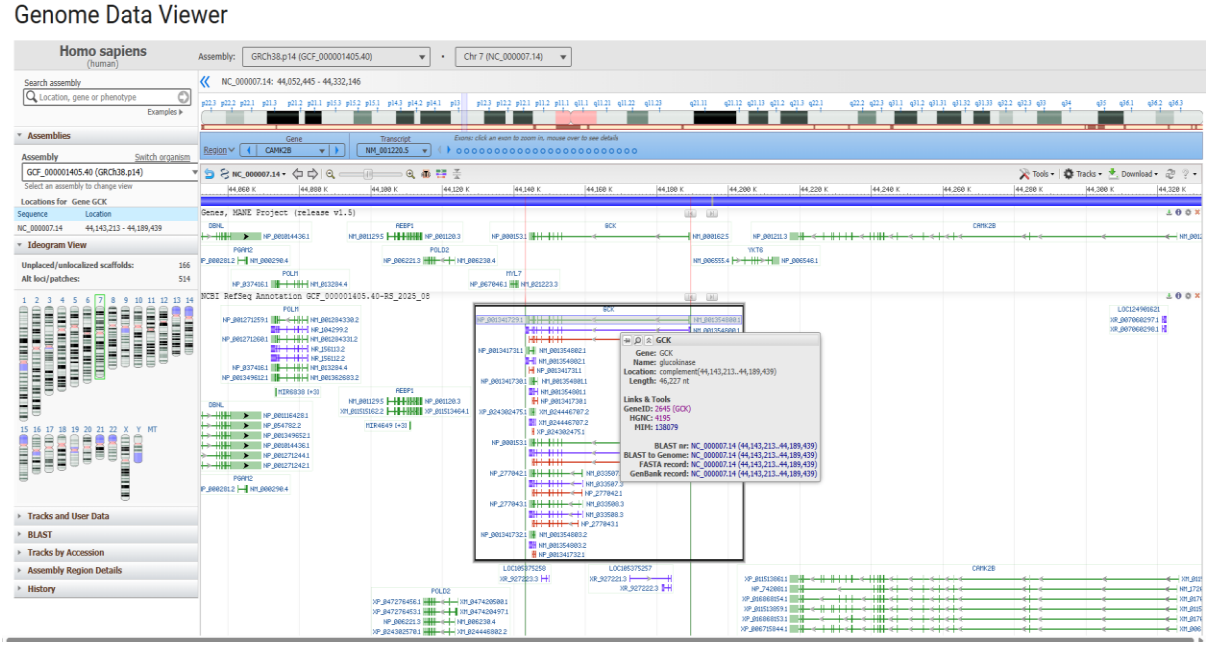
Figura 1: Principais regiões teciduais humanas produtoras da enzima GCK.



Fonte: (Fagerberg *et al.,* 2014), https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/2645

A glicocinase é uma enzima reguladora de suma importância nas células beta pancreáticas, sendo responsável pela regulação da secreção de insulina, hormônio regulador do açúcar no sangue (OSBAK *et al*., 2009). O gene GCK, responsável pela produção da glucocinase, encontra-se localizado no braço curto do sétimo cromossomo humano, especificamente na região 7p15.3-p15.1 (ABU AQEL *et al*., 2024).

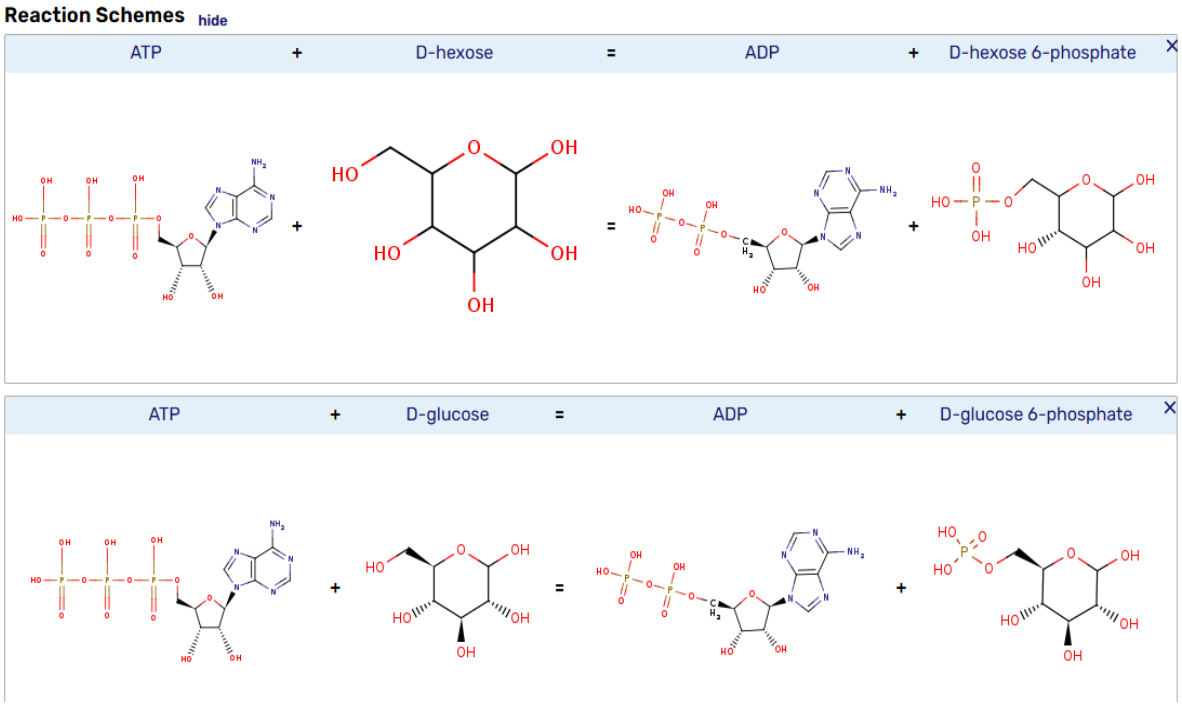
Figura 2: Demonstração da localização cromossomal do gene que codifica a proteína GCK.



Fonte: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/gdv/browser/gene/?id=2645

Catalisa a fosforilação de hexoses, como D-glicose, D-frutose e D-manose, em hexose 6-fosfato (D-glicose 6-fosfato, D-frutose 6-fosfato e D-manose 6-fosfato, respectivamente) (PubMed: 11916951 , PubMed: 15277402 , PubMed: 17082186 , PubMed: 18322640 , PubMed: 19146401 , PubMed: 25015100 , PubMed: 7742312 , PubMed: 8325892). Comparada a outras hexocinases, possui uma fraca afinidade por D-glicose e é eficaz apenas quando a glicose está abundante (Por similaridade). Expressa-se principalmente nas células beta pancreáticas e no fígado, constituindo uma etapa limitante da velocidade do metabolismo da glicose nesses tecidos(PubMed: 11916951, PubMed: 15277402, PubMed: 18322640, PubMed: 25015100, PubMed: 8325892). Como a secreção de insulina acompanha o metabolismo da glicose e a baixa afinidade da GCK pela glicose garante que ela possa alterar sua atividade enzimática dentro da faixa fisiológica de concentrações de glicose, a GCK atua como um sensor de glicose na célula beta pancreática (por similaridade). No pâncreas, desempenha um papel importante na modulação da secreção de insulina (por similaridade). No fígado, auxilia na captação e conversão da glicose, atuando como um determinante sensível à insulina do uso hepático de glicose (por similaridade). Necessário para fornecer D-glicose 6-fosfato para a síntese de glicogênio (PubMed: 8878425). Media a etapa inicial da glicólise catalisando a fosforilação da D-glicose em D-glicose 6-fosfato (PubMed: 7742312).

Figura 3: Esquema generalista da reação mediada pela GCK.



Fonte: https://www.brenda-enzymes.org/enzyme.php?ecno=2.7.1.1

- **Possível interação entre a GCK e vias de sinalização intracelular associadas à proliferação e sobrevivência celular**

A glucocinase (GCK) é tradicionalmente reconhecida por sua função metabólica na fosforilação da glicose e no controle da homeostase glicêmica, atuando como um importante sensor intracelular de glicose em células β pancreáticas e hepatócitos (MATSCHINSKY, 2002; STERNISHA; MILLER, 2019). Entretanto, evidências recentes sugerem que sua atividade pode exercer influência indireta sobre vias intracelulares relacionadas ao crescimento, sobrevivência e diferenciação celular. A Figura 4 apresenta a via MAPK, uma das principais cascatas de sinalização envolvidas na regulação da expressão gênica, proliferação celular e resposta a estímulos extracelulares (PEARSON *et al*., 2001).

A GCK atua como sensor de glicose nas células β pancreáticas, controlando a produção de ATP a partir do metabolismo glicolítico. O aumento da razão ATP/ADP desencadeia uma sequência de eventos que culmina na secreção de insulina (MATSCHINSKY, 2002; ABU AQEL *et al*., 2024). Paralelamente, alterações no estado metabólico celular promovidas pela atividade da GCK podem influenciar proteínas sinalizadoras sensíveis ao metabolismo energético, favorecendo a ativação de vias como PI3K/AKT e MAPK/ERK, envolvidas na

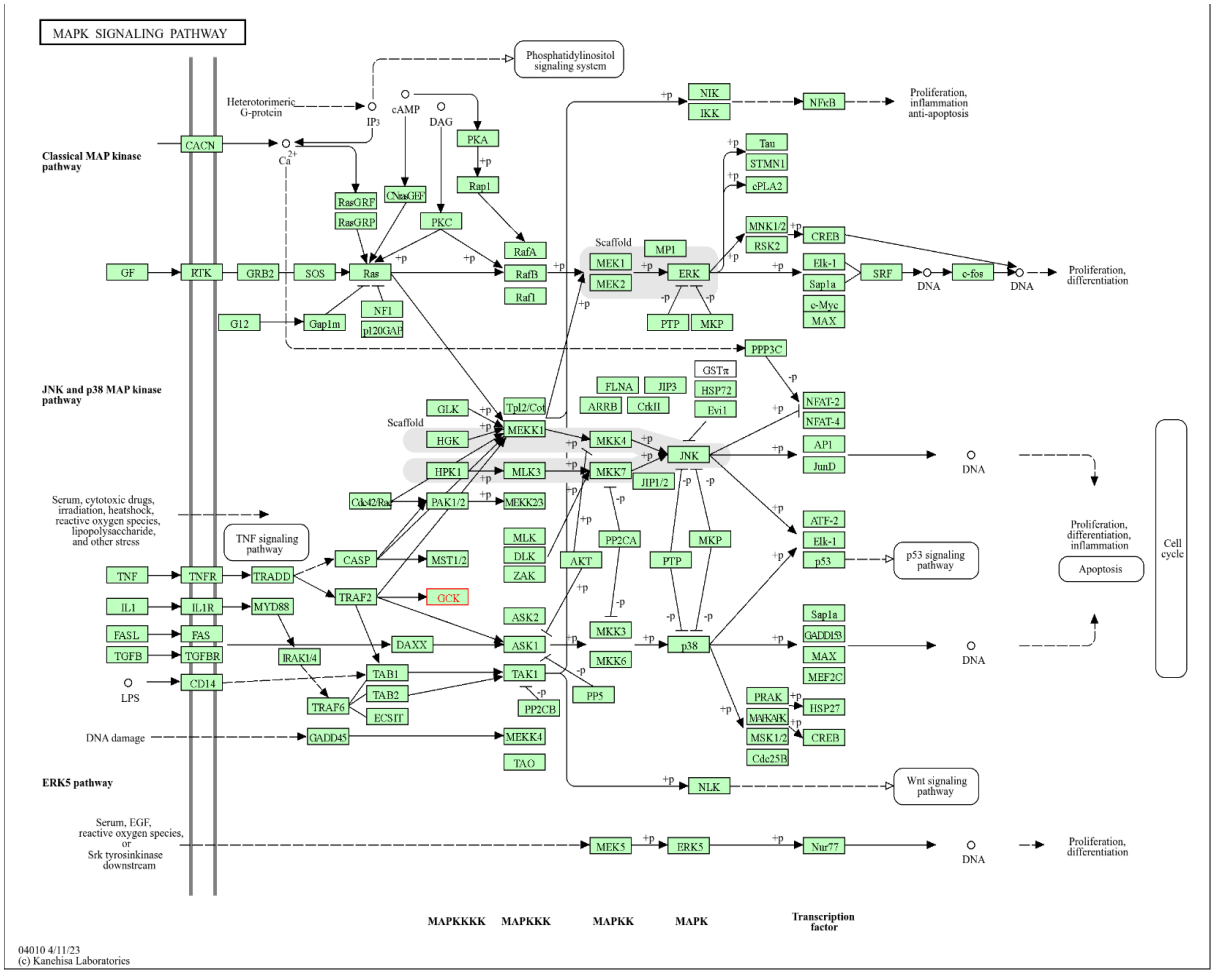
sobrevivência e adaptação funcional das células β pancreáticas (LEIBIGER *et al*., 2010; STERNISHA; MILLER, 2019).

A via MAPK é iniciada pela ativação de receptores tirosina-quinase (RTKs), seguida do recrutamento das proteínas adaptadoras GRB2 e SOS, que promovem a ativação da proteína Ras. Nesse contexto, a neurofibromina, codificada pelo gene *NF1*, atua como proteína GAP (GTPase-Activating Protein), promovendo a conversão de Ras-GTP para Ras-GDP e limitando a ativação da cascata RAF-MEK-ERK (RASMUSSEN; FRIEDMAN, 2000; RATNER; MILLER, 2015). A perda da função de *NF1* resulta em hiperativação de Ras e consequente aumento dos sinais proliferativos e de sobrevivência celular (RATNER; MILLER, 2015).

Embora a GCK não participe diretamente desse eixo molecular, sua atividade metabólica influencia o estado energético celular e a disponibilidade de metabólitos capazes de modular diversas vias de sinalização intracelular. Estudos experimentais demonstram que a glicose e o metabolismo mediado pela GCK podem estimular a ativação de ERK1/2 em células pancreáticas, contribuindo para mecanismos de adaptação funcional, sobrevivência celular e manutenção da massa de células β (BEN-OREN *et al*., 2004; LEIBIGER *et al*., 2010).

Além disso, estudos recentes sugerem que a integração entre metabolismo da glicose e sinalização intracelular representa um importante mecanismo de controle fisiológico, conectando sensores metabólicos, como a GCK, a redes moleculares associadas à proliferação, diferenciação e resposta ao estresse celular (STERNISHA; MILLER, 2019; DAWED; HAIDER; PEARSON, 2023). Dessa forma, alterações genéticas no gene *GCK* podem não apenas comprometer a secreção de insulina, mas também afetar indiretamente processos celulares regulados por vias de sinalização dependentes do estado metabólico, contribuindo para diferentes fenótipos clínicos observados no Diabetes Mellitus monogênico (OSBAK *et al*., 2009; ABU AQEL *et al*., 2024).

Figura 4: Representação esquemática da via de sinalização MAPK e de suas possíveis interações indiretas com mecanismos metabólicos mediados pela glucocinase (GCK). A ativação da GCK promove o metabolismo da glicose e o aumento da razão ATP/ADP, influenciando processos celulares associados à secreção de insulina, sobrevivência celular e regulação de vias de sinalização intracelular, incluindo componentes das cascatas PI3K/AKT e MAPK/ERK. A neurofibromina (NF1) atua como regulador negativo da proteína Ras, limitando a ativação de sinais proliferativos dependentes da via MAPK.

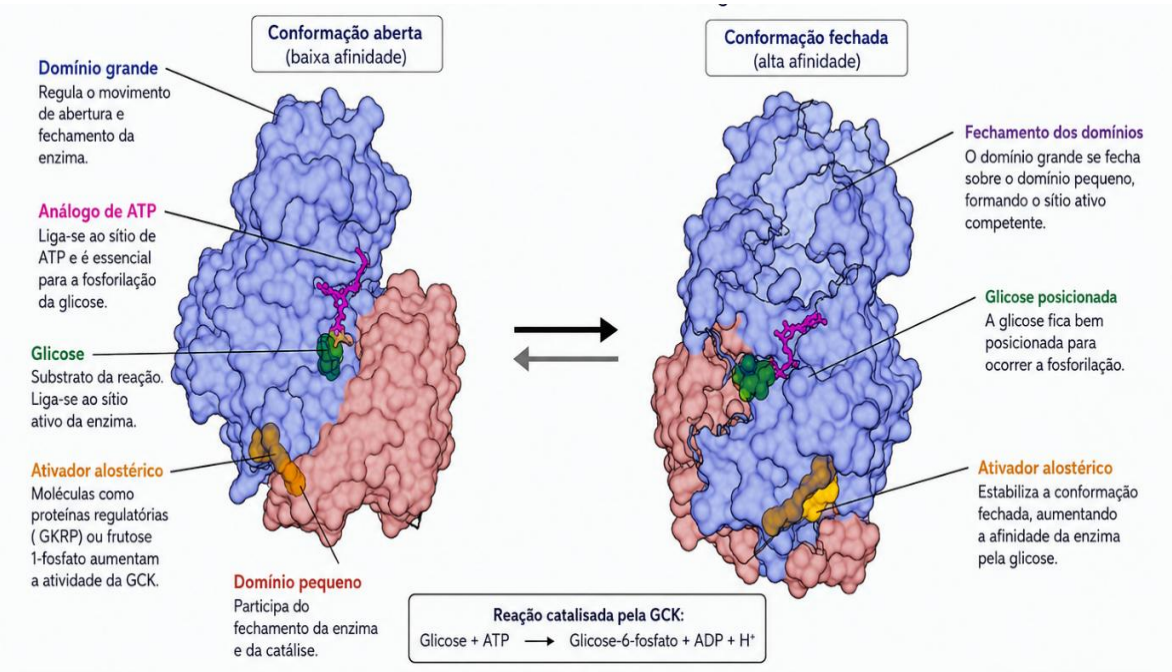


Fonte: https://www.kegg.jp/pathway/hsa04010+5871

/https://www.uniprot.org/uniprotkb/P35557/variant-viewer

A estrutura da enzima GCK normalmente é composta por dois domínios globulares (um grande e um pequeno) que juntos formam uma estrutura de dobradiça (ABU AQEL *et al*., 2024). Entre os dois domínios, a GCK possui uma fenda onde comumente se encontra o seu sítio ativo de ligação à glicose e o seu sítio ativo do seu ativador (KAMATA *et al.,* 2004). Para melhor compreensão, é possível notar as características supracitadas na Figura 5.

Figura 5: Estrutura geral da proteína GCK.



Fonte: Autoria própria, 2026.

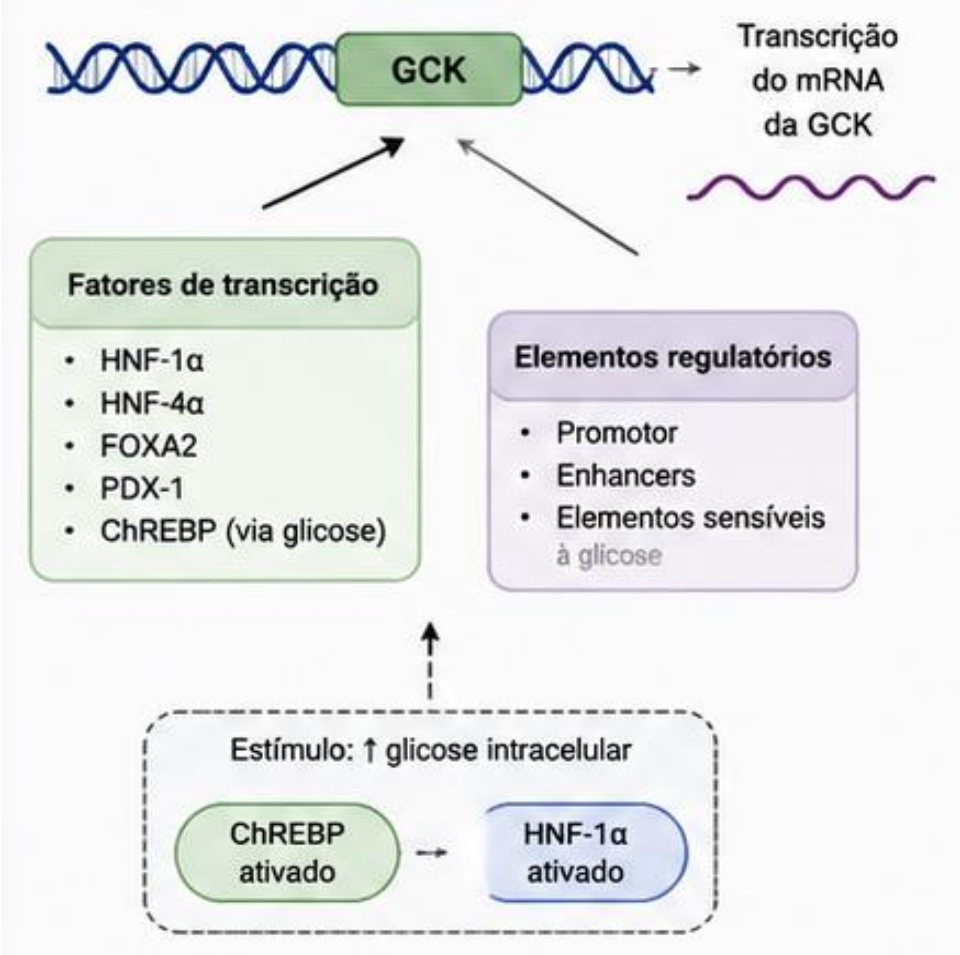
A enzima GCK possui duas conformações mais conhecidas e estudadas, sendo essas, a superaberta e a fechada. Em relação à estrutura e o estado de ativação da enzima, quando a mesma está em conformidade superaberta se mantém desativada e quando se encontra em conformidade fechada se encontra ativada (KAMATA *et al.,* 2004).

Sabendo que esta enzima está intimamente envolvida nos controles de glicose do sangue, é compreensível que alterações genéticas no gene que a codifica podem causar tanto hiperglicemia, quanto hipoglicemia, portanto, vale a pena discutir sobre como essa enzima atua de maneira funcional em células para avaliar a sua importância no processo de desenvolvimento da PNDM, da MODY2 e de demais formas de diabetes.

- **Regulação molecular da GCK e suas implicações metabólicas**

A GCK exerce papel central na homeostase atuando como um sensor intracelular de glicose, sendo uma enzima que possui atividade fortemente controlada por diferentes tipos de mecanismos regulatórios. Diferentemente de demais enzimas glicolíticas, a GCK não permanece continuamente ativa, ela alterna entre estados funcionalmente ativos e inativos a depender das condições metabólicas da célula. A regulação realizada por esta enzima influencia de maneira direta a glicólise, a produção de energia, a secreção hormonal e a sobrevivência celular (MATSCHINSKY, 2002).

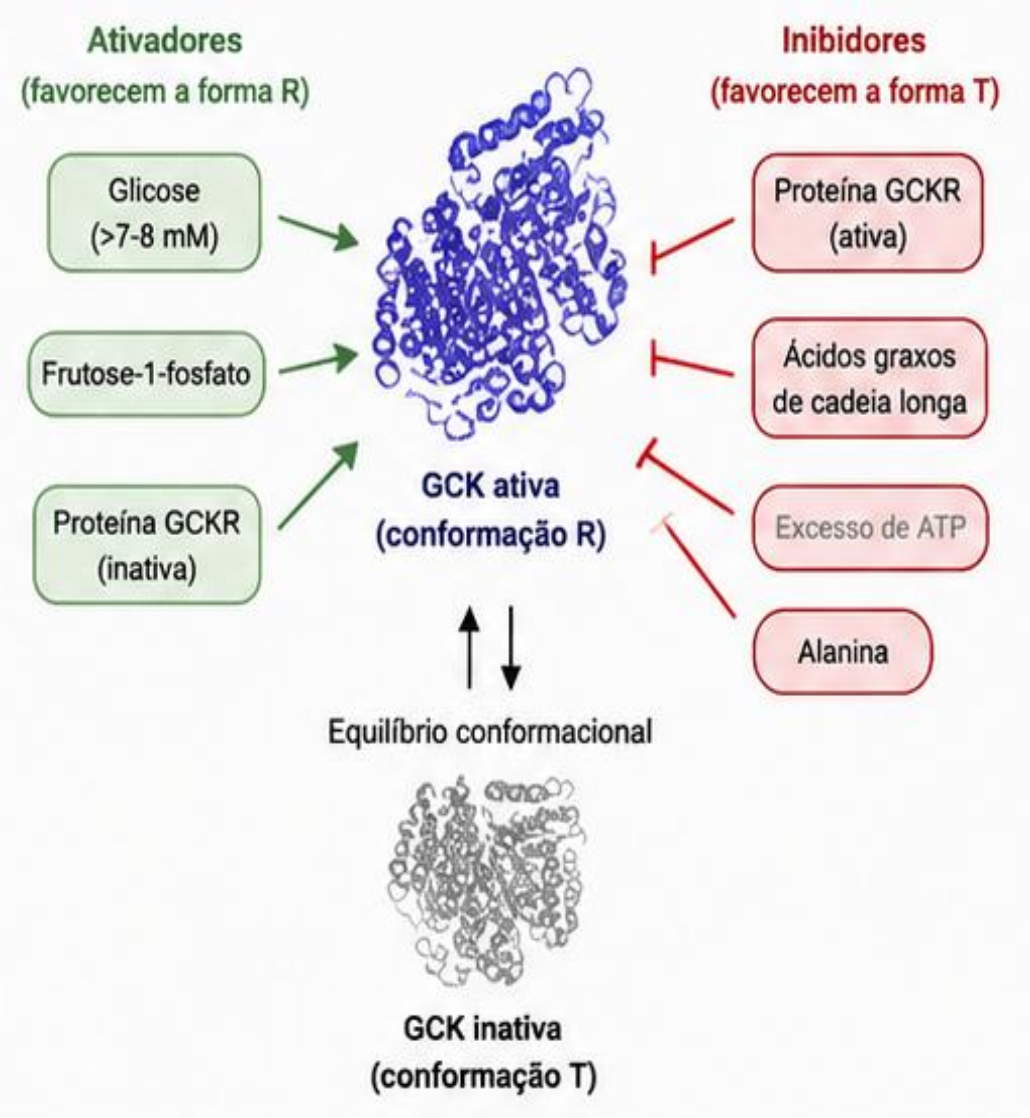
Figura 6: Regulação molecular da GCK e suas implicações metabólicas.



Fonte: Autoria própria, 2026.

Uma das maneiras de ativação desta enzima envolve a ação do óxido nítrico (NO), produzido pela enzima óxido nítrico sintase (NOS). O NO causa uma modificação pós-traducional denominada S-nitrosilação, capaz de converter a GCK da sua forma inativa para a ativa. Esse processo é reversível, uma vez que a enzima consegue voltar a seu estado inativo por meio da desnitrosilação, funcionando assim como um mecanismo regulatório comparável a um "interruptor molecular" que modula a atividade da GCK de acordo com as necessidades celulares (STERNISHA; MILLER, 2019).

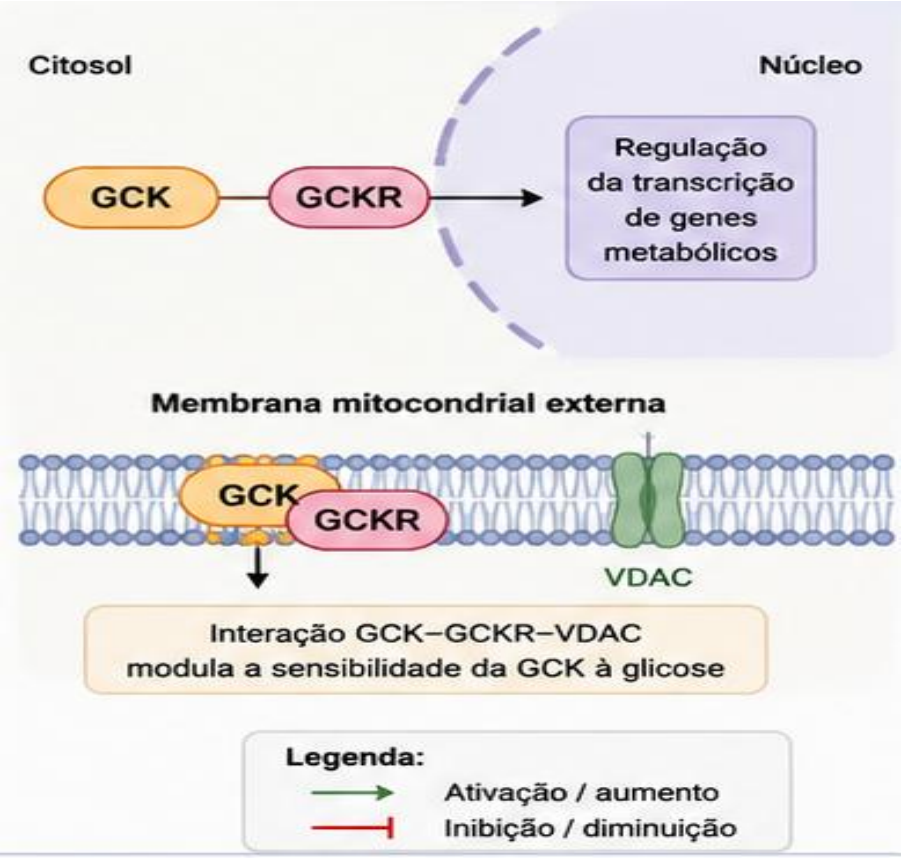
Figura 7: Regulação pós-traducional da GCK.



Fonte: Autoria própria, 2026.

A GCK também pode ser regulada pela mitocôndria, uma vez que ela interage com proteínas mitocondriais associadas à sobrevivência celular, como a proteína BAD (proteína envolvida no controle de sobrevivência e apoptose), integrando sinais metabólicos à produção de energia (STERNISHA; MILLER, 2019). Quando existem condições de disponibilidade adequada de glicose, a GCK ativa vai favorecer a geração de ATP para contribuir na manutenção celular e proteger contra a apoptose. Entretanto, a disfunção da GCK pode levar a célula á um estresse metabólico que vai comprometer a produção de ATP e aumentar a probabilidade de apoptose (ABU AQEL et al., 2024).

Figura 8: Compartimentalização celular e interação proteica.

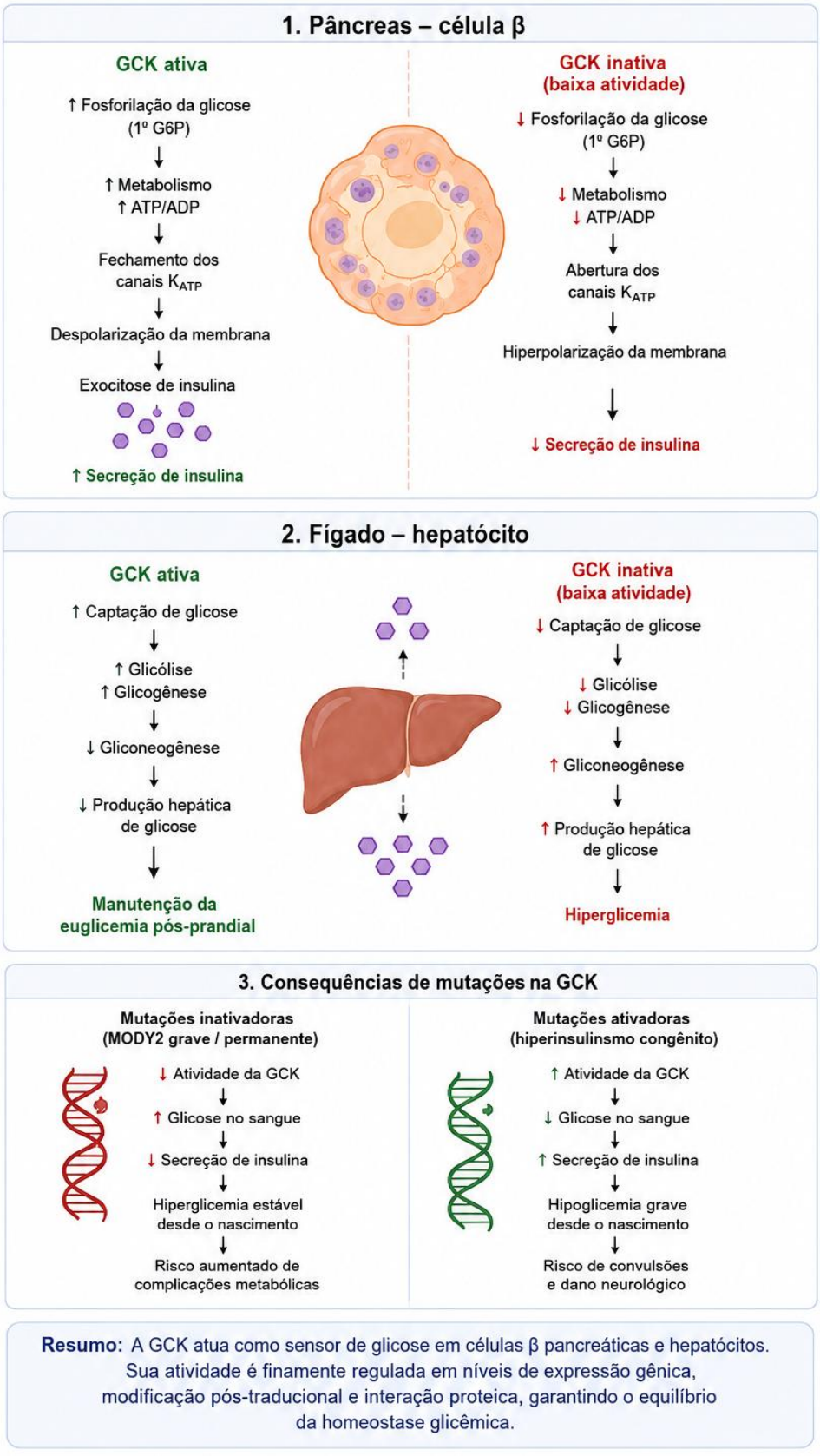


Fonte: Autoria própria, 2026

A partir disso, pode-se afirmar que a GCK funciona como um elo fundamental entre a detecção da glicose e a resposta hormonal que controla a glicemia e, sua ausência ou redução de sua atividade compromete esse processo, resultando em uma menor produção de ATP e secreção insuficiente de insulina (MATSCHINSKY, 2002).

Em suma, a regulação da GCK envolve diversos mecanismos intracelulares que vão determinar a sua funcionalidade, tais mecanismos asseguram um uso adequado da glicose, produção de ATP, a secreção hormonal e a preservação da viabilidade celular, o que destaca esta enzima como um componente fundamental na manutenção da homeostase glicêmica e na fisiopatologia das formas genéticas da Diabetes Mellitus (DAWED; HAIDER; PEARSON, 2023).

Figura 9: Implicações metabólicas da regulação da GCK.



Fonte: Autoria própria, 2026.

- **Funcionamento da enzima GCK no pâncreas**

O trabalho da enzima glucocinase em células beta pancreáticas se inicia a partir do momento que ocorre a entrada de glicose na célula por meio de proteínas canais, em seguida, a GCK ativada vai catalisar a fosforilação da glicose, transformando-a em G6P, que possui dependência de ATP. A G6P, segue a via glicolítica e torna-se piruvato, o mesmo que vai inserir-se dentro da mitocôndria para colaborar para o início da glicólise do ciclo de Krebs, o que acaba elevando a razão de adenosina trifosfato (ATP) por adenosina difosfato (ADP).

O aumento da quantidade de ATP colabora para o fechamento dos canais de potássio que são sensíveis ao ATP, consequentemente diminuindo o efluxo de potássio e levando à despolarização da membrana celular. Quando uma membrana celular encontra-se em estado de despolarização, os canais de cálcio dependentes de voltagem são abertos, permitindo o aumento do influxo de cálcio na célula. Essa grande quantia de cálcio atua como um sinal para que ocorra a exocitose dos grânulos de insulina que foram sintetizados a partir do processamento e empacotamento no Retículo Endoplasmático Rugoso (RER) e no Complexo de Golgi, resultando na liberação do hormônio na corrente sanguínea.

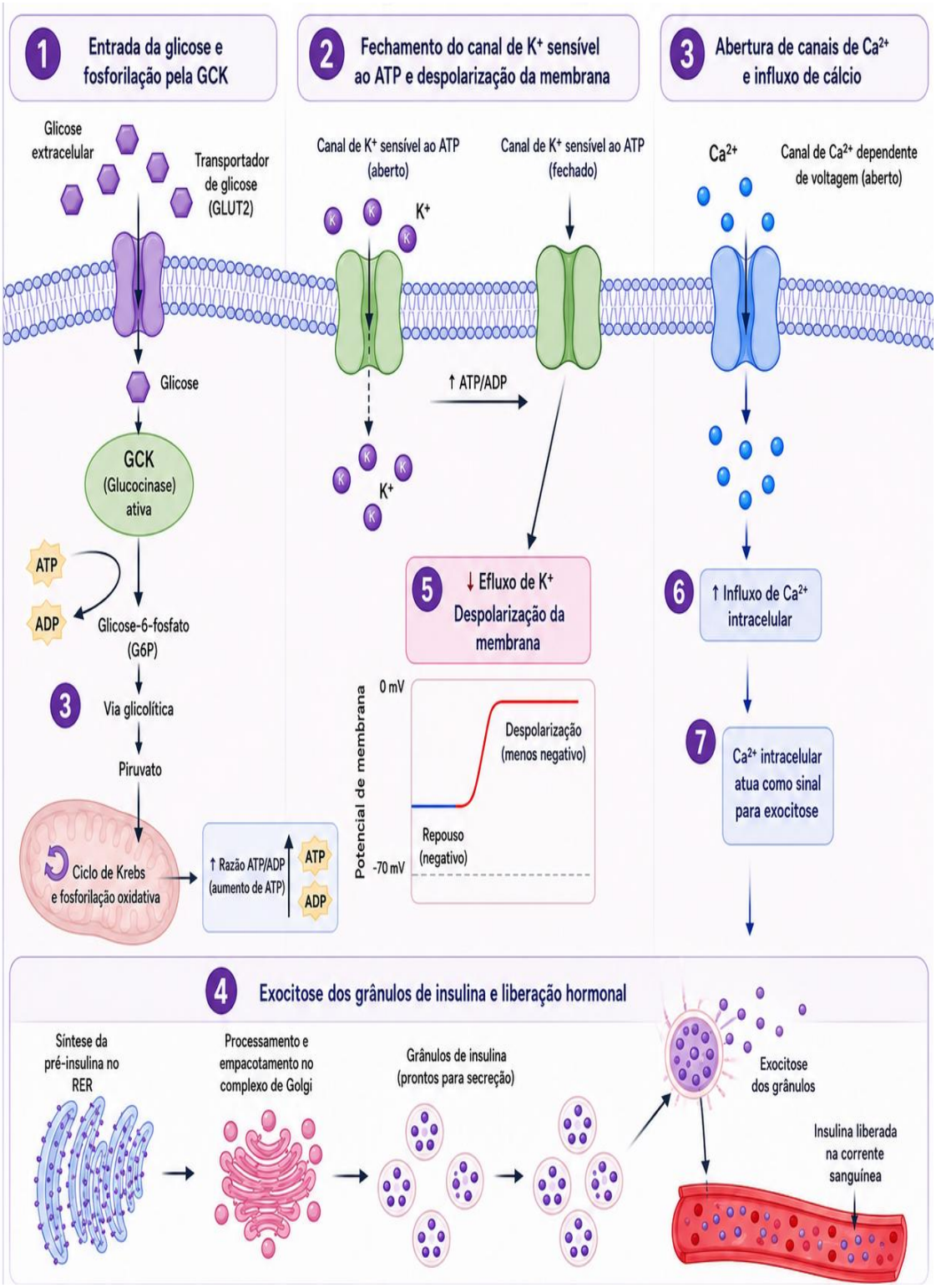
Sendo assim, é notório como a GCK participa ativamente no metabolismo da glicose, logo, quando seu gene possui alguma alteração que dificulte sua transcrição, o processo de glicólise será afetado, colaborando para o aumento de glicose no sangue e para o desenvolvimento da DM2. Para uma melhor compreensão do processo, a Figura 10 aborda de maneira clara todo o processo de funcionamento da enzima glucocinase que foi descrito anteriormente nesta seção.

A enzima GCK participa do metabolismo da glicose não somente nas células beta pancreáticas, mas também em células presentes nas ilhotas pancreáticas, como, por exemplo, células alfas e delta pancreáticas (BEDOYA *et al.*, 1987). A parte endócrina do pâncreas regula as alterações dos níveis de glicose no sangue secretando hormônios, como glucagon, secretados pelas células alfa pancreáticas e insulina secretada pelas células beta pancreáticas (HEDESKOV*,* 1980).

Nas células alfas pancreáticas a GCK possui um papel semelhante ao que possui nas células beta pancreáticas em termos de saturação e produto final como G6P (HEIMBERG *et al.*, 1995). Por mais que o processo de glicólise seja semelhante entre as

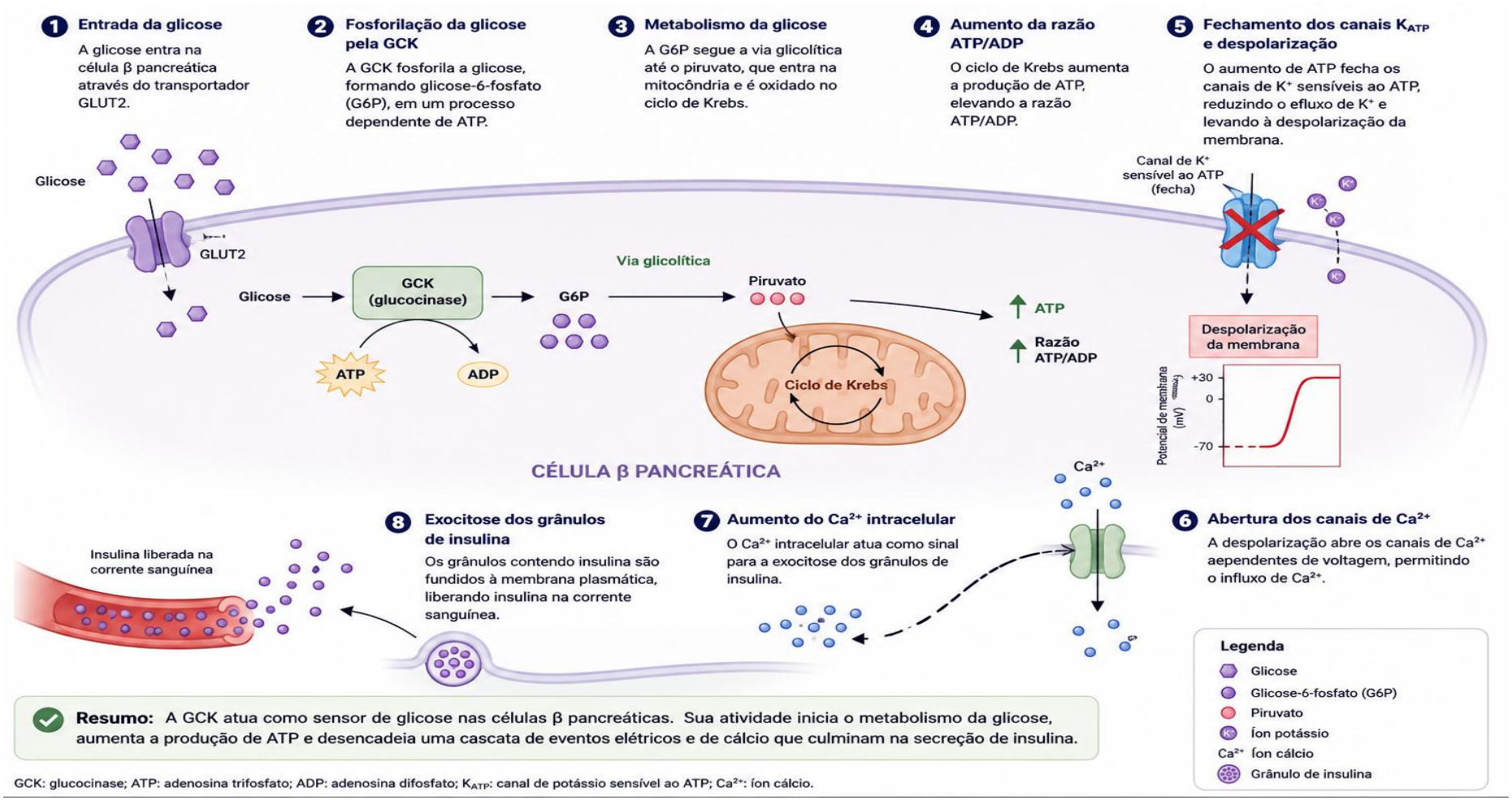
células alfa e beta pancreáticas, a quantidade de ATP produzido é menor nas células alfa, devido à menor eficiência da fosforilação oxidativa (DIAO *et al.*, 2008).

Figura 10: Mecanismos de atuação da enzima GCK na secreção de insulina nas células beta pancreáticas.



Fonte: Autoria própria, 2026

Figura 11: Funções da GCK nas células Beta Pancreáticas: do metabolismo da glicose à secreção da insulina.



Fonte: Autoria própria, 2026.

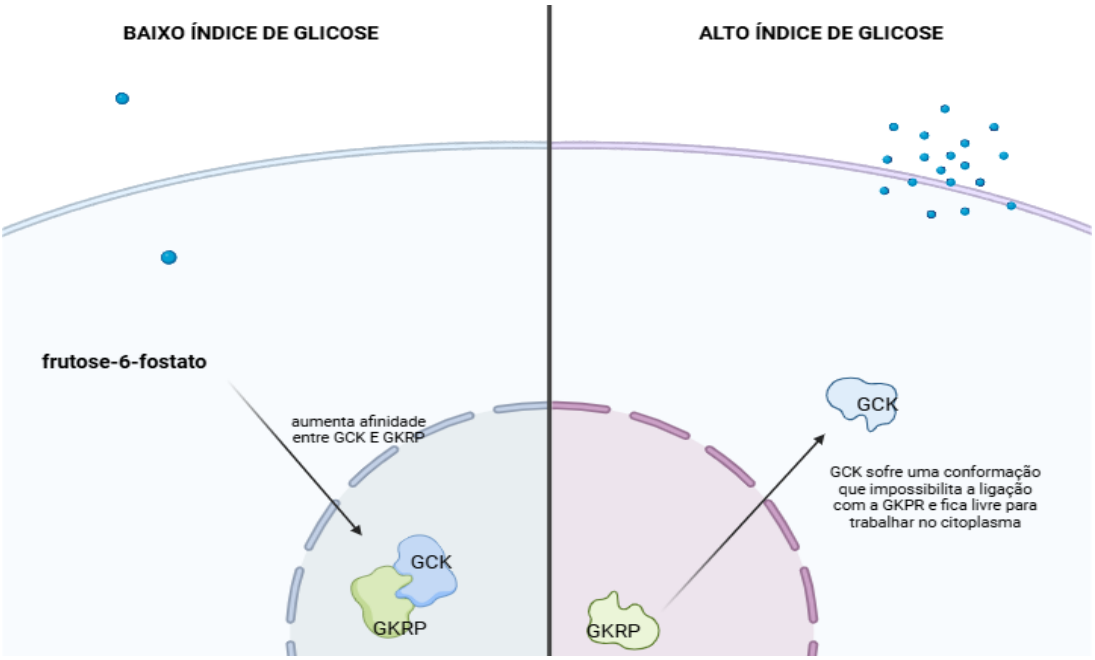
- **Funcionamento da enzima GCK no fígado**

O papel da GCK no fígado é de extrema importância para a regulação do metabolismo da glicose, especialmente logo após a ingestão de alimentos, pois ela favorece sua captação e a direciona para vias como a glicogênese e a glicólise. Diferente de como ocorre nas células pancreáticas, onde atua predominantemente como um sensor glicêmico, nas células hepáticas a função desta enzima é relacionada ao controle do fluxo metabólico da glicose (STERNISHA; MILLER, 2019).

O funcionamento da GCK hepática é finamente regulado por interações proteicas, principalmente pela proteína reguladora da glucocinase (GKRP), responsável por modular sua localização subcelular. A GKRP localiza-se no núcleo dos hepatócitos e, ao ligar-se à GCK, promove o sequestro da enzima no núcleo, reduzindo a atividade enzimática da mesma (ABU AQEL *et al*., 2024). Quando há baixa taxa de glicose, essa proteína reguladora, liga-se à conformação superaberta do GCK principalmente por meio de uma interação hidrofóbica, as regiões hidrofóbicas ficam estáveis mantendo a GCK presa no núcleo. Ou seja, em condições em que existe baixa disponibilidade de glicose, a GCK encontra-se no núcleo dos hepatócitos, associada com a GKRP, o que caracteriza um mecanismo de compartimentalização nuclear que limita sua atividade enzimática na fosforilação da glicose (LI et al., 2024). No caso contrário, ou seja, quando existe alta taxa de glicose, a GCK vai sofrer uma alteração conformacional impedindo a GKRP de se ligar a ela, ficando assim livre para ir ao citoplasma realizar sua ação enzimática (ABU AQEL *et al*., 2024).

Além disso, essa interação é modulada por metabólitos intracelulares, como a frutose-6-fosfato, que intensifica a ligação entre a GKRP e a GCK, reforçando o controle da atividade enzimática. Com isso, esse mecanismo permite a regulação dinâmica da glucocinase conforme as condições metabólicas, contribuindo assim para o controle da homeostase glicêmica (ABU AQEL *et al*., 2024).

Figura 12: Interação entre GCK e GKPR em hepatócitos.



Fonte: Autoria própria, 2026.

A figura 12 apresenta o mecanismo de interação entre a enzima GCK e a proteína GKPR, e, a influência da frutose-6-fosfato sobre ambas, esquematizando de maneira sucinta e clara a relação entre ambas e quando ela ocorre.

Conclusões

A análise dos mecanismos moleculares e metabólicos à glucocinase evidencia a complexidade de sua ação no controle da homeostase glicêmica. A integração entre sua atividade enzimática, suas alterações conformacionais e os seus diferentes mecanismos de regulação celular demonstram que o funcionamento adequado da GCK é de suma importância para a resposta do organismo às variações na disponibilidade de glicose.

No pâncreas, a atuação dessa enzima está diretamente associada ao reconhecimento das concentrações de glicose e ao desencadeamento dos mecanismos responsáveis pela secreção de insulina. Já no fígado, a regulação da GCK, espacialmente por meio da interação com a GKRP, permite o controle do fluxo metabólico da glicose de acordo com as condições energéticas do corpo.

Somado a isso, os mecanismo de regulação molecular desta enzima demonstram que sua funcionalidade não depende de maneira exclusiva da expressão do gene, mas também de modificações pós-traducionais, interações proteicas e alterações em sua localização no ambiente intracelular. Nesse contexto, alterações genéticas capazes de

modificar sua atividade podem comprometer diretamente a homeostase glicêmica e contribui para o desenvolvimento de diferentes fenótipos metabólicos associados ao Diabetes Mellitus.

Dessa maneira, o aprofundamento acerca da enzima GCK, sobre sua estrutura, função e regulação amplia a compreensão dos mecanismos fisiopatológicos relacionados ao Diabetes Mellitus, reforçando a relevância do diagnóstico molecular e da medicina de precisão. A compreensão dessas particularidades pode contribuir para a identificação mais precisa das alterações associadas ao gene GCK e para o desenvolvimento de estratégias terapêuticas mais específicas e direcionadas para as características moleculares de cada paciente.

Referências

ABU AQEL, Y. et al. Glucokinase (GCK) in diabetes: from molecular mechanisms to disease pathogenesis. *Cellular & Molecular Biology Letters*, v. 29, n. 1, art. 120, 2024. DOI: 10.1186/s11658-024-00640-3.

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. Diagnosis and classification of diabetes mellitus. *Diabetes Care*, v. 34, supl. 1, p. S62–S69, 2011. DOI: 10.2337/dc11-S062.

BAUER, M. W.; GASKELL, G.; ALLUM, N. C. Qualidade, quantidade e interesses do conhecimento: evitando confusões. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (org.). *Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som: um manual prático*. Petrópolis: Vozes, 2015.

BEDOYA, F. J.; OBERHOLTZER, J. C.; MATSCHINSKY, F. M. Glucokinase in B-cell-depleted islets of Langerhans. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, v. 35, n. 10, p. 1089–1093, 1987. DOI: 10.1177/35.10.3305701.

BEN-OREN, A. et al. Glucose-induced ERK activation in pancreatic beta cells. *Diabetologia*, v. 47, p. 1474–1483, 2004.

BRENDA ENZYME DATABASE. *Glucokinase: EC 2.7.1.2*. [S. l.]: BRENDA, [s. d.]. Disponível em: BRENDA Enzyme Database. Acesso em: 11 jul. 2026.

DAWED, A. Y.; HAIDER, E.; PEARSON, E. R. Precision medicine in diabetes. In: CASCORBI, I.; SCHWAB, M. (ed.). *Precision medicine*. Cham: Springer, 2023. p. 107–129.

DIAO, J. et al. UCP2 is highly expressed in pancreatic alpha-cells and influences secretion and survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 105, n. 33, p. 12057–12062, 2008. DOI: 10.1073/pnas.0710434105.

FAGERBERG, L. et al. Analysis of the human tissue-specific expression by genome-wide integration of transcriptomics and antibody-based proteomics. *Molecular & Cellular Proteomics*, v. 13, n. 2, p. 397–406, 2014. DOI: 10.1074/mcp.M113.035600.

GUENAT, E. et al. Counterregulatory responses to hypoglycemia in patients with glucokinase gene mutations. *Diabetes & Metabolism*, v. 26, n. 5, p. 377–384, 2000.

HATTERSLEY, A. T. et al. Linkage of type 2 diabetes to the glucokinase gene. *The Lancet*, v. 339, n. 8805, p. 1307–1310, 1992. DOI: 10.1016/0140-6736(92)91958-B.

HEDESKOV, C. J. Mechanism of glucose-induced insulin secretion. *Physiological Reviews*, v. 60, n. 2, p. 442–509, 1980. DOI: 10.1152/physrev.1980.60.2.442.

HEIMBERG, H. et al. Differences in glucose transporter gene expression between rat pancreatic alpha- and beta-cells are correlated to differences in glucose transport but not in glucose utilization. *Journal of Biological Chemistry*, v. 270, n. 15, p. 8971–8975, 1995. DOI: 10.1074/jbc.270.15.8971.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. *IDF Diabetes Atlas*. 11. ed. Brussels: International Diabetes Federation, 2025.

KAMATA, K. et al. Structural basis for allosteric regulation of the monomeric allosteric enzyme human glucokinase. *Structure*, v. 12, n. 3, p. 429–438, 2004. DOI: 10.1016/j.str.2004.02.005.

KOVÁCS, G. et al. Cost-effectiveness of genetic-based screening strategies for maturity-onset diabetes of the young. *Personalized Medicine*, v. 20, n. 4, p. 375–385, 2023. DOI: 10.2217/pme-2023-0023.

KYOTO ENCYCLOPEDIA OF GENES AND GENOMES. *MAPK signaling pathway – Homo sapiens (human): hsa04010*. Kyoto: Kanehisa Laboratories, [s. d.]. Disponível em: KEGG hsa04010. Acesso em: 11 jul. 2026.

LEIBIGER, I. B.; LEIBIGER, B.; BERGGREN, P.-O. Insulin signaling in the pancreatic beta-cell. *Annual Review of Nutrition*, v. 28, p. 233–251, 2008. DOI: 10.1146/annurev.nutr.28.061807.155530.

LI, P.; ZHU, D. Clinical investigation of glucokinase activators for the restoration of glucose homeostasis in diabetes. *Journal of Diabetes*, v. 16, n. 5, e13544, 2024. DOI: 10.1111/1753-0407.13544.

MATSCHINSKY, F. M. Regulation of pancreatic beta-cell glucokinase: from basics to therapeutics. *Diabetes*, v. 51, supl. 3, p. S394–S404, 2002.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *GCK glucokinase [Homo sapiens (human)]*. Bethesda: National Library of Medicine, [s. d.]. Gene ID: 2645. Disponível em: NCBI Gene GCK. Acesso em: 11 jul. 2026.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Genome Data Viewer: GCK glucokinase*. Bethesda: National Library of Medicine, [s. d.]. Disponível em: NCBI Genome Data Viewer. Acesso em: 11 jul. 2026.

NAYLOR, R. N. et al. Cost-effectiveness of MODY genetic testing: translating genomic advances into practical health applications. *Diabetes Care*, v. 37, n. 1, p. 202–209, 2014. DOI: 10.2337/dc13-0410.

NAYLOR, R. N. et al. Precision treatment of beta-cell monogenic diabetes: a systematic review. *Communications Medicine*, v. 4, n. 1, art. 145, 2024. DOI: 10.1038/s43856-024-00556-1.

OSBAK, K. K. et al. Update on mutations in glucokinase (GCK), which cause maturity-onset diabetes of the young, permanent neonatal diabetes, and hyperinsulinemic hypoglycemia. *Human Mutation*, v. 30, n. 11, p. 1512–1526, 2009. DOI: 10.1002/humu.21110.

PEARSON, G. et al. Mitogen-activated protein (MAP) kinase pathways: regulation and physiological functions. *Endocrine Reviews*, v. 22, n. 2, p. 153–183, 2001. DOI: 10.1210/edrv.22.2.0428.

RASMUSSEN, S. A.; FRIEDMAN, J. M. NF1 gene and neurofibromatosis type 1. *American Journal of Epidemiology*, v. 151, n. 1, p. 33–40, 2000.

RATNER, N.; MILLER, S. J. A RASopathy gene commonly mutated in cancer: the neurofibromatosis type 1 tumour suppressor. *Nature Reviews Cancer*, v. 15, n. 5, p. 290–301, 2015. DOI: 10.1038/nrc3911.

REIS, A. F.; VELHO, G. Bases genéticas do diabetes mellitus tipo 2. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, v. 46, n. 4, p. 426–432, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES. *Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes*. São Paulo: Sociedade Brasileira de Diabetes, 2024.

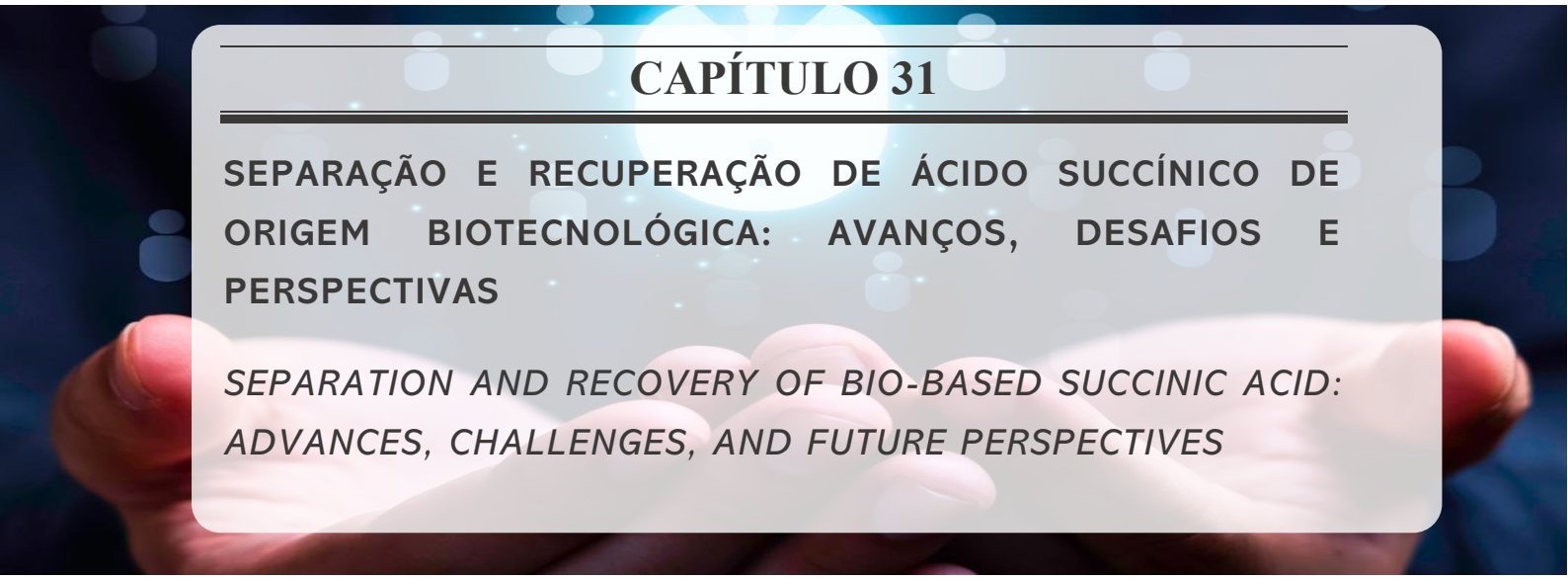
STERNISHA, S. M.; MILLER, B. G. Molecular and cellular regulation of human glucokinase. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 663, p. 199–213, 2019. DOI: 10.1016/j.abb.2019.01.011.

TAN, S. H. C.; LOH, W. J.; LIM, S. C. Precision medicine in diabetes care. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, v. 32, n. 1, p. 12–19, 2025. DOI: 10.1097/MED.0000000000000894.

THOMAS, J. R.; NELSON, J. K.; SILVERMAN, S. J. *Métodos de pesquisa em atividade física*. Porto Alegre: Artmed, 2012.

UNIPROT CONSORTIUM. *Hexokinase-4 – Homo sapiens (Human)*. UniProtKB, accession P35557. [S. l.]: UniProt Consortium, [s. d.]. Disponível em: UniProtKB P35557. Acesso em: 11 jul. 2026.

YANG, W. et al. Evaluation of efficacy and safety of glucokinase activators: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*, v. 14, art. 1175198, 2023. DOI: 10.3389/fendo.2023.1175198



CAPÍTULO 31

SEPARAÇÃO E RECUPERAÇÃO DE ÁCIDO SUCCÍNICO DE ORIGEM BIOTECNOLÓGICA: AVANÇOS, DESAFIOS E PERSPECTIVAS

SEPARATION AND RECOVERY OF BIO-BASED SUCCINIC ACID: ADVANCES, CHALLENGES, AND FUTURE PERSPECTIVES

DOI: https://doi.org/10.56001/25.9786501400518.31

Submetido em: 15/10/2026
Revisado em: 18/10/2026
Publicado em: 19/10/2026

Lucas Fernando dos Santos Biliatto
Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Eng. Química, São Carlos-SP
http://lattes.cnpq.br/8066798874550456
Gustavo Dias Maia
Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Eng. Química, São Carlos-SP
http://lattes.cnpq.br/3804133304643228
Alberto Colli Badino
Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Eng. Química, São Carlos-SP
http://lattes.cnpq.br/6244428434217018
Diego Andrade Lemos
Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Eng. Química, São Carlos-SP
http://lattes.cnpq.br/1174905383146257

Introdução

O ácido succínico, também conhecido como ácido butanodióico, é um ácido dicarboxílico encontrado naturalmente em plantas, animais e microrganismos (Yang et

al., 2020). Ele apresenta uma ampla aplicação industrial, especialmente nos setores químico, alimentício e farmacêutico, destacando-se como precursor de diversos compostos de interesse industrial (Ferone et al., 2017; Mancini et al., 2020).

Tradicionalmente, o ácido succínico é produzido por rotas petroquímicas, principalmente pela hidrogenação catalítica do anidrido maleico (Wang et al., 2022). Entretanto, a dependência de matérias-primas fósseis e os impactos ambientais associados têm incentivado o desenvolvimento de rotas alternativas baseadas em recursos renováveis. Nesse contexto, a produção biotecnológica por fermentação vem recebendo crescente atenção, devido ao potencial de utilização de matérias-primas renováveis e à possibilidade de obtenção de produtos de interesse industrial por meio de processos mais sustentáveis.

Apesar dessas vantagens, a produção fermentativa ainda enfrenta desafios relativos à recuperação e à purificação do ácido succínico. Uma vez que o produto é obtido em um meio complexo, contendo diversos componentes oriundos do processo biológico, os quais podem interferir nas etapas de separação, sua recuperação com elevada eficiência e pureza exige o desenvolvimento de operações de *downstream processing* compatíveis com as características do meio fermentativo (Wang et al., 2022).

Diversas estratégias de separação e purificação têm sido investigadas para a recuperação do ácido succínico. Tais estratégias apresentam distintos mecanismos de separação, condições operacionais e desempenhos quanto à recuperação, seletividade e pureza do produto. Além disso, a associação de diferentes etapas pode ser empregada para superar limitações individuais e melhorar o desempenho global do processo (Cheng et al., 2012; Li et al., 2016). Essa diversidade de abordagens torna premente a avaliação sistemática da evolução dos métodos empregados, bem como das principais tendências relatadas na literatura.

Diante desse cenário, o presente capítulo tem por objetivo realizar uma análise sistemática dos métodos empregados na recuperação e purificação do ácido succínico obtido por rotas biotecnológicas ao longo dos últimos 20 anos. Busca-se identificar as principais estratégias investigadas, a evolução temporal dessas estratégias e as principais limitações relatadas na literatura.

Metodologia

Para a análise da literatura sobre os métodos de separação e recuperação do ácido succínico de origem biotecnológica, foi empregada a metodologia Methodi Ordinatio 2.0

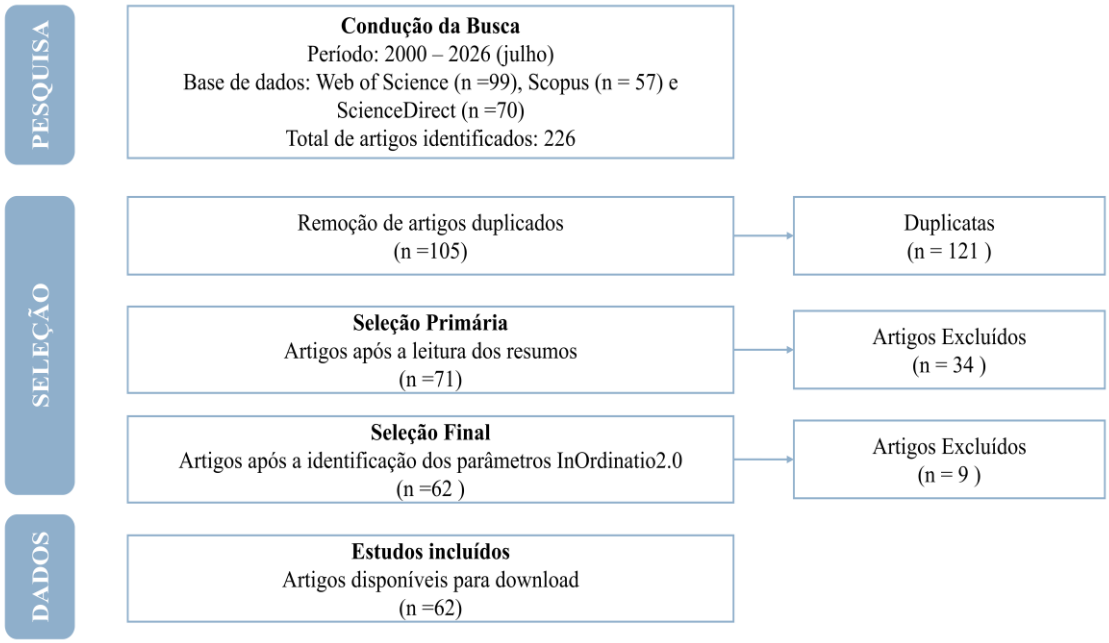
(Pagani et al., 2023), que sistematiza a seleção e a classificação dos estudos e permite compor um portfólio bibliográfico representativo da evolução do tema.

Definiram-se as seguintes palavras-chave e equações de busca aplicadas nas bases Web of Science, Scopus e ScienceDirect, adaptadas à sintaxe de cada plataforma.

"*Succinic Acid*" ***OR*** *"Butanedioic Acid" (Title)* ***AND*** *(Recovery* ***OR*** *Separation* ***OR*** *Purification* ***OR*** *"Downstream process*"* ***OR*** *Extract*) (Title)* ***AND*** *(Bioprocess* ***OR*** *Bioproduct* ***OR*** *Bio-Based* ***OR*** *Fermentation) (Topic)* ***AND*** *Article (Document Types)*"

A busca resultou em 226 registros, os quais foram organizados no software JabRef (v. 5.15) para remoção de duplicatas. Na seleção dos artigos, inicialmente foram lidos os resumos para identificar trabalhos fora do escopo da busca. Foram mantidos apenas estudos experimentais voltados à separação, recuperação e purificação do ácido succínico por rota biotecnológica, excluindo-se revisões, modelagens, simulações computacionais e trabalhos restritos à etapa fermentativa. Posteriormente, foram excluídos artigos sem Fator de Impacto identificável, variável necessária ao cálculo do índice InOrdinatio 2.0 (Pagani et al., 2023). Esse processo resultou em 62 artigos elegíveis, submetidos à classificação final. A Figura 1 apresenta o fluxo de identificação, triagem e seleção dos estudos.

Figura 1: Triagem sistemática da seleção dos artigos de revisão.



Fonte: Autores, 2026.

Foram considerados artigos científicos publicados entre 2006 e 07/2026 (data da busca). O índice InOrdinatio 2.0 integra o fator de impacto do periódico, o ano de

publicação e a média anual de citações, adotando-se o peso máximo (10) em todos os parâmetros, a fim de conferir maior rigor ao processo de seleção. Os 62 artigos elegíveis foram ordenados de forma decrescente segundo o índice, e os 50 de maior valor constituíram o portfólio bibliográfico definitivo, o qual foi utilizado na análise e discussão dos métodos de separação e recuperação do ácido succínico.

Resultados

A aplicação do Methodi Ordinatio 2.0 permitiu ordenar as publicações pelo índice InOrdinatio, sendo selecionados os 50 artigos mais bem posicionados para a análise. Por se tratar de um índice relativo, as pontuações foram interpretadas de forma comparativa em relação ao conjunto de artigos. O ranqueamento priorizou estudos recentes, relevantes e publicados em periódicos bem indexados, sem excluir contribuições mais antigas de forte impacto na área.

O estudo de Oreoluwa Jokodola et al. (2022), publicado na revista *Bioresource Technology* (Fator de Impacto 17,4), apresentou a maior pontuação (InOrdinatio de 320,7), destacando a investigação da otimização da produção e recuperação de ácido succínico a partir de hidrolisados ricos em xilose. Na sequência, aparecem Stylianou et al. (2023), publicado na *Chemical Engineering Journal*, abordando sobre biorreator eletroquímico de membrana com separação *in situ* (230,1), e Li et al. (2010), que abordaram a recuperação de ácido succínico por cristalização direta do caldo fermentado (217,9). Os trabalhos mais bem ranqueados pelo método combinam atualidade com publicação em periódicos de alto fator de impacto, mesmo quando o número absoluto de citações ainda é modesto.

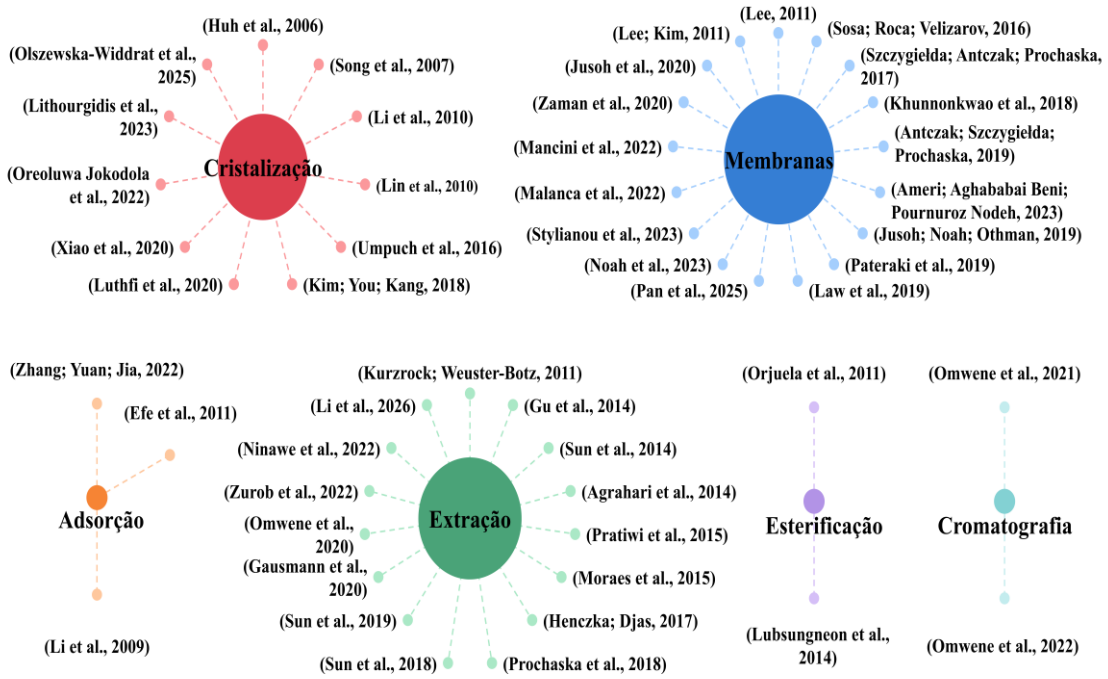
Entre os 30 artigos mais bem classificados, observou-se concentração de publicações na *Separation and Purification Technology* (11 artigos) e no *Journal of Membrane Science* (5 artigos), que, juntos, representam 53,3% desse subconjunto. Essa distribuição reflete a expressiva presença de pesquisas sobre os processos de separação por membrana, incluindo nanofiltração, eletrodiálise, osmose direta, além dos processos híbridos aplicados na recuperação e separação do ácido succínico. Já os periódicos *Chemical Engeneering Journal* e *Bioresource Technology*, embora apresentem menor número de ocorrências no portfólio analisado, se destacam pelos elevados índices individuais dos estudos de Oreoluwa Jokodola et al. (2022) e Stylianou et al. (2023), respectivamente.

O portfólio também contempla abordagens como cristalização, sistemas aquosos bifásicos, membranas líquidas emulsificadas e extração reativa aplicados a soluções sintéticas. A coexistência dessas tecnologias permite discutir diferentes estratégias de separação, considerando suas condições operacionais, potencial de recuperação e limitações de aplicação. Além disso, a presença de trabalhos mais antigos com datação da década de 2000 e início de 2010, como Huh et al. (2006) e Song et al. (2007),), amplia a perspectiva histórica sobre o desenvolvimento dessas rotas.

Assim, o ranqueamento pelo Methodi Ordinatio 2.0 forneceu um critério bibliométrico para priorizar a literatura, enquanto a análise dos artigos selecionados permitiu identificar a diversidade de operações e estratégias investigadas para o *downstream* do ácido succínico. A posição no ranking, contudo, não deve ser interpretada isoladamente como indicador de maturidade tecnológica ou superioridade de desempenho dos processos estudados.

Após a leitura integral e o fichamento dos 50 artigos selecionados, os estudos foram categorizados segundo as principais tecnologias empregadas na separação e recuperação do ácido succínico. A partir dessa categorização, foram identificados seis eixos tecnológicos principais: processos com membranas, extração, cristalização, adsorção, cromatografia e esterificação. A distribuição dos estudos entre tais categorias é apresentada na Figura 2, o que possibilita visualizar a representatividade das estratégias investigadas no corpus analisado.

Figura 2: Distribuição dos métodos principais utilizados na separação e recuperação do ácido succínico.



Fonte: Autores, 2026.

A distribuição dos 50 artigos analisados evidencia uma clara hierarquia entre as tecnologias empregadas na recuperação e purificação do ácido succínico ao longo dos últimos vinte anos. As tecnologias de membranas (17 artigos) e extração (15 artigos) concentram, em conjunto, aproximadamente dois terços da produção científica mapeada, configurando-se como as rotas mais investigadas e, provavelmente, as mais promissoras quanto ao escalonamento industrial. A cristalização figura como a terceira mais representativa (11 artigos), enquanto a adsorção (3 artigos), a esterificação e a cromatografia (2 artigos cada) constituem nichos tecnológicos mais restritos, o que indica linhas de pesquisa recentes, específicas ou ainda em consolidação no âmbito do *downstream processing* do ácido succínico.

Quanto à evolução temporal, observa-se uma transição progressiva nas prioridades tecnológicas da área. No período inicial (2006–2014), os estudos concentravam-se em processos mais tradicionais e de menor complexidade operacional, como cristalização (Huh et al., 2006; Song et al., 2007), extração reativa e líquido-líquido (Agrahari et al., 2014; Kurzrock; Weuster-Botz, 2011), além dos primeiros trabalhos em adsorção (Efe et al., 2011; Li et al., 2009) e esterificação (Lubsungneon et al., 2014; Orjuela et al., 2011), voltados sobretudo à prova de conceito de separação a partir de

caldos fermentados. A partir de meados da década de 2010, a extração adquiriu maturidade metodológica, com investigações mais refinadas acerca de solventes e agentes de extração (Gu et al., 2014; Henczka; Djas, 2018; Pratiwi et al., 2015; Sun et al., 2014, 2018, 2019), ao mesmo tempo que emergiram os primeiros estudos consistentes sobre membranas (Jusoh; Noah; Othman, 2019; Khunnonkwao et al., 2018; Sosa; Roca; Velizarov, 2016), o que indica um deslocamento do interesse para tecnologias de separação seletiva em regime contínuo. No período mais recente (2020–2026), observa-se acentuada intensificação e diversificação dos estudos sobre membranas, os quais incluem abordagens híbridas e integradas a outros processos (Mancini et al., 2022; Noah et al., 2023; Pan et al., 2025; Stylianou et al., 2023; Zaman et al., 2020). Paralelamente, a cristalização volta a assumir papel de destaque com trabalhos voltados à otimização do rendimento e da pureza do produto final (Lithourgidis et al., 2023; Olszewska-Widdrat et al., 2025; Xiao et al., 2020). A cromatografia, por sua vez, configura tendência ainda incipiente, restrita a publicações recentes (Omwene et al., 2021, 2022), o que reforça a hipótese de que a área tem evoluído de processos convencionais e de baixo custo para tecnologias mais seletivas, eficientes e passíveis de integração em sistemas de separação contínua.

Métodos utilizados na separação

- **Membranas**

Os processos com membranas constituem o maior grupo do portfólio, reunindo 17 estudos, o que corresponde a 34% dos arquivos selecionados. Essa categoria abrange configurações distintas, a saber: membranas líquidas emulsionadas, nanofiltração, diálise de Donnan, eletrodiálise com membrana bipolar, osmose direta, membranas de troca aniônica, eletromembranas, membranas eletroquímicas e eletrodeionização. Em conjunto, essas configurações atuam por distintos mecanismos de transporte (tamanho molecular, carga, potencial elétrico ou afinidade química) e podem ser ajustadas às características do caldo de fermentação e ao grau de pureza requerido.

As membranas líquidas emulsionadas constituem a configuração mais amplamente investigada. Lee (2011) obteve elevada eficiência de extração com valor superior a 98% com Amberlite LA-2 e 1-octanol, tendo destacado a estabilidade da emulsão e o intumescimento como aspectos críticos. Trabalhos posteriores buscaram diluentes de menor impacto ambiental e que conferissem maior estabilidade às emulsões.

Jusoh; Noah; Othman (2019) e Jusoh et al. (2020) empregaram óleos vegetais; Ameri, Aghababai Beni e Pournuroz Nodeh (2023) avaliaram diferentes aminas; e Noah et al. (2023) propuseram um sistema tipo *Pickering* com nanopartículas de Fe_2O_3, favorecendo a estabilidade interfacial e a desemulsificação.

No âmbito da nanofiltração, Zaman et al. (2020) obtiveram rejeições de succinato de 89 a 96% em soluções modelo e de aproximadamente 92% em caldo fermentativo real, ao passo que Antczak, Szczygiełda e Prochaska (2019) evidenciaram a relevância do *fouling* nas condições reais de operação. Mancini et al. (2022) apontaram a exclusão dielétrica, o efeito Donnan e a difusão como mecanismos determinantes para espécies iônicas, os quais dependem da densidade de carga da membrana e da composição iônica do meio.

Os processos eletromembranares empregam a força motriz elétrica. Szczygiełda, Antczak e Prochaska (2017) investigaram a eletrodiálise com membrana bipolar; Sosa, Roca e Velizarov (2016) integraram eletrodiálise, nanofiltração e diálise de Donnan; Pateraki et al. (2019) exploraram a extração eletroquímica direta; e Malanca et al. (2022) analisaram mecanismos de extração eletromembranar. Uma abordagem mais integrada foi proposta por Stylianou et al. (2023), os quais combinaram produção e separação *in situ* em biorreator de membrana eletroquímica. Avanços recentes buscam reduzir a resistência elétrica e aumentar a eficiência energética. Pan et al. (2025) reportaram recuperação superior a 91%, eficiência de corrente próxima de 90% e consumo de 2,53 kWh/kg de ácido succínico recuperado com material condutor iônico associado à eletrodeionização, enquanto Li et al. (2026) propuseram líquidos porosos combinando extração e adsorção para obtenção de ácido succínico de grau polimérico.

- **Extração**

A extração apresenta elevada representatividade nos estudos (15 estudos, 30%), com destaque para extração reativa, extração líquido-líquido, sistemas aquosos bifásicos, *salting-out, sugaring-out* e configurações com contactores de membrana. Essa diversidade evidencia a importância da transferência do ácido succínico para uma fase de maior afinidade pelo produto.

A extração reativa é uma das estratégias mais antigas e recorrentes. Huh et al. (2006) e Song et al. (2007) mostraram que a extração é favorecida pela forma não dissociada dos ácidos carboxílicos, alcançando este último 67,05% de recuperação e 99,5% de pureza numa sequência com destilação a vácuo e cristalização. Kurzrock;

Weuster-Botz (2011) avaliaram diferentes aminas e álcoois, obtendo até 95,5% de extração com aminas secundárias em sistema misturador-decantador, fortemente dependente do pH. Umpuch et al. (2016) confirmaram essa influência sobre a seletividade entre o ácido succínico e seus subprodutos de ácidos carboxílicos.

Alternativas de menor impacto ambiental incluem óleos vegetais como solventes, embora apresentem baixa eficiência de transferência de massa ((Ninawe et al., 2022), e contactores de membrana de fibra oca que evitam a dispersão direta entre as fases aquosa e orgânica (Moraes et al. 2015). Sistemas aquosos bifásicos também foram investigados: Gu et al. (2014) obtiveram 94,4% de recuperação e 98,7% de pureza com acetona/sulfato de amônio, enquanto Pratiwi et al. (2015) compararam sistemas álcool/sal e líquido iônico/sal, alcançando até 85,5% de extração.

As estratégias *salting-out* e *sugaring-out* exploram a redução da disponibilidade de água para solvatação do ácido. Sun et al. (2014) combinaram *salting-out* e cristalização (90,05% de recuperação), Sun et al. (2018) empregaram líquidos iônicos, e Sun et al. (2019) combinaram *sugaring-out* com cristalização. Enquanto isso Zurob et al.(2022) e Ninawe et al. (2022) investigaram, respectivamente, líquidos iônicos de fosfônio e solventes não tóxicos (óleos vegetais), evidenciando a busca por sistemas de menor toxicidade. Henczka; Djas (2018) exploraram CO_2 supercrítico com TOA (Trioctilamina) como agente complexante, alcançando cerca de 62% de eficiência em modo semicontínuo.

- **Cristalização**

A cristalização figura entre as principais etapas finais de recuperação do ácido succínico, abrangendo configurações de cristalização por acidificação, direta, por resfriamento, combinada, múltipla e em dois estágios. Tais configurações compartilham o princípio de reduzir a solubilidade do ácido ou deslocar seu equilíbrio de ionização até alcançar supersaturação suficiente para a nucleação e crescimento de cristais.

Li et al. (2010) obtiveram, por cristalização direta, 70% de rendimento e 90% de pureza após clarificação e tratamento com carvão ativado para descoloração do caldo fermentativo, explorando a diferença de solubilidade entre o ácido succínico e os componentes minoritários. Lin et al. (2010) evidenciaram os ganhos obtidos com a integração de operações unitárias. Após centrifugação, filtração, tratamento com carvão ativado e resina de troca catiônica, a concentração por destilação a vácuo, seguida de cristalização por resfriamento, alcançou 99% de pureza e 89,5% de recuperação,

superando a rota de acidificação direta (46% de pureza, 35% de rendimento). Tais resultados evidenciam que a remoção prévia de cátions e compostos voláteis reduz a formação de impurezas durante a cristalização.

As configurações de cristalização combinada, múltipla e em dois estágios também foram investigadas (Kim; You; Kang, 2018; Luthfi et al., 2020; Xiao et al., 2020), proporcionando ganhos de pureza, embora com maior complexidade operacional. Law et al. (2019) associaram osmose direta à cristalização e Gausmann et al. (2020) propuseram uma estratégia eletroquímica de deslocamento de pH, integrando extração, retroextração e cristalização, reduzindo a adição direta de reagentes, mas demandando avaliação do consumo energético.

- **Adsorção, esterificação e cromatografia**

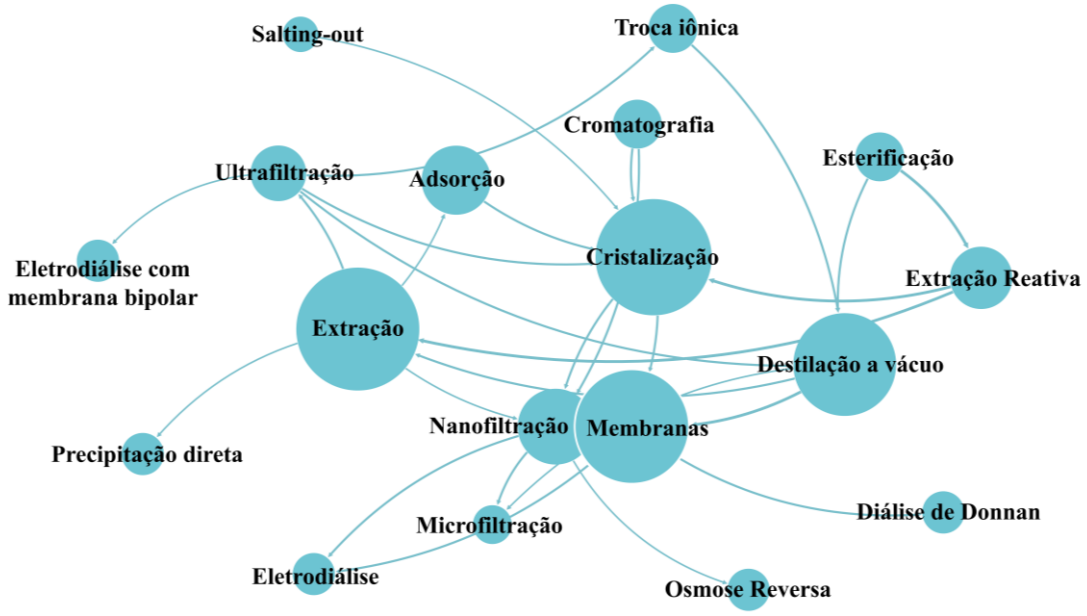
Tais categorias apresentaram menor representatividade no portfólio (apenas duas ocorrências cada, com exceção de adsorção com 3 artigos), o que não implica menor relevância, uma vez que podem exercer funções específicas numa sequência de purificação. No que se refere à adsorção, Li et al. (2009) e Zhang; Yuan e Jia (2022) investigaram o emprego de resinas de troca aniônica, tendo o primeiro estudo alcançado capacidade máxima de 0,724 g de ácido por g de adsorvente a pH 2,6, a partir do ajuste do modelo de Langmuir; em ambos os casos, a regeneração e a capacidade do adsorvente constituem fatores críticos para operação contínua. De forma complementar, Efe et al. (2011) propuseram um leito fixo de zeólita de alta sílica (ZSM-5) voltado especificamente à separação do ácido succínico não dissociado de seus sais e de subprodutos (como o ácido acético) em caldos de pH 2,8 a 4,7, com capacidade de 0,133 g de ácido succínico por grama de adsorvente.

A esterificação consiste na conversão do ácido succínico em ésteres. Orjuela et al. (2011) converteram succinato de sódio em ácido succínico livre, o qual foi posteriormente esterificado com etanol, enquanto Lubsungneon et al. (2014) combinaram nanofiltração, diafiltração, esterificação e permeação de vapor, alcançando recuperação de aproximadamente 98%. No que se refere à cromatografia, Omwene et al. (2022) empregaram resinas de troca iônica de elevada seletividade, porém com maior complexidade operacional; o estudo piloto de Olszewska-Widdrat et al. (2025) reservou a cromatografia a uma etapa específica de purificação em uma sequência mais ampla, o que evidencia o papel dessas tecnologias mais seletivas no âmbito da separação.

- **Integração dos métodos de separação e purificação**

A recuperação do ácido succínico raramente se dá em uma única operação. Diversos estudos empregam etapas auxiliares para remover biomassa, concentrar o produto, converter sais ou efetuar a recuperação final, refletindo a similaridade de propriedades entre o produto e os contaminantes do caldo. A Figura 3 ilustra essa lógica de complementação, mapeando as conexões entre os métodos utilizados ao longo do portfólio analisado.

Figura 3: Interconexão dos métodos utilizados nos processos de recuperação e purificação do ácido succínico.



Fonte: Autores, 2026.

A complementaridade entre operações já se fazia presente nos primeiros trabalhos de Huh et al. (2006) e Song et al. (2007), os quais combinaram extração reativa, destilação a vácuo e cristalização, alcançando purezas superiores a 99%. Lin et al. (2010) evidenciaram a importância do pré-tratamento com resina antes da cristalização, enquanto Prochaska et al. (2018) e Khunnonkwao et al. (2018) associaram membranas tanto à extração reativa quanto a processos em duas etapas. Com consolidação do campo, emergiram rotas mais complexas, com vistas a superar as limitações dos métodos tradicionais. Sosa, Roca e Velizarov (2016), por exemplo, integraram eletrodiálise, nanofiltração e diálise de Donnan com vistas à redução do consumo de reagentes químicos, embora tenham enfrentado desafios relativos consumo energético e ao *fouling*. Omwene et al. (2020, 2021) combinaram extração reativa, resinas de troca iônica, nanofiltração, osmose reversa e cristalização. Em escala piloto, Lithourgidis et al. (2023)

empregaram centrifugação, tratamento com carvão ativado e ultrafiltração, ao passo que Olszewska-Widdrat et al. (2025) integraram microfiltração, abrandamento de íons, eletrodiálise, descoloração, seguidas de cromatografia, destilação a vácuo e cristalização. Tais estudos demonstraram que a obtenção de alta pureza em caldos reais exige múltiplas etapas complementares de separação.

Nesse contexto de integração, as condições físico-químicas do meio desempenham papel decisivo. Entre elas, o pH figura como uma das variáveis mais relevantes. O ácido succínico apresenta pKa1 e pKa2 de aproximadamente 4,21 e 5,64, respectivamente; assim, em valores de pH próximos à neutralidade predominam as formas ionizadas, ao passo que a redução do pH favorece a forma não dissociada. Tal mudança afeta diretamente a extração reativa (Huh et al., 2006; Song et al., 2007; Kurzrock e Weuster-Botz, 2011), os sistemas aquosos bifásicos (Gu et al., 2014) e a cristalização, na qual a redução do pH favorece a conversão do succinato em ácido livre. A composição iônica constitui outro fator determinante. Íons como Na^+, K^+, Ca^{2+} e Mg^{2+} podem interferir na cristalização e no transporte eletromembranar, o que levou Lin et al. (2010) a empregar resina de troca catiônica antes da cristalização e Olszewska-Widdrat et al. (2025) a incluir uma etapa de abrandamento de íons previamente à eletrodiálise.

Essas condições também devem ser consideradas na interpretação dos indicadores de desempenho. Os estudos do portfólio relatam valores de recuperação, rendimento e pureza consideravelmente distintos, uma vez que os experimentos não empregam necessariamente a mesma concentração inicial, composição do caldo, escala ou finalidade de separação. A diferença entre a cristalização direta de Li et al. (2010) e o processo integrado de Lin et al. (2010) não deve ser interpretada como superioridade intrínseca de uma tecnologia isolada. Os ganhos observados estão associados ao processo de separação como um todo, incluídas as etapas de pré-tratamento. De forma análoga, os indicadores de desempenho de membranas (fluxo, rejeição, eficiência de corrente e consumo energético), bem como os relativos à extração, respondem a mecanismos e objetivos distintos e requerem avaliação conjunta.

Cada tecnologia apresenta limitações específicas. Nos processos com membranas, o *fouling* (incrustação) causado por proteínas, pigmentos e células compromete o fluxo e a seletividade, demandando pré-tratamentos como centrifugação, adsorção em carvão ativado ou descoloração. No caso da extração, a seletividade, a regeneração do solvente e a coextração de outros ácidos constituem fatores críticos. Na cristalização, sais residuais podem contaminar os cristais. No que se refere à adsorção e à cromatografia, a capacidade

e a regeneração das resinas figuram como fatores limitantes. Por fim, a esterificação requer etapas químicas adicionais. Não há, portanto, uma tecnologia universalmente superior: a seleção depende da posição da operação na sequência do processo e das características da corrente de alimentação.

Diante dessas limitações, as pesquisas recentes têm visado soluções mais integradas e eficientes. A evolução do portfólio evidencia a integração entre separação e produção, como no conceito de recuperação *in situ* de Stylianou et al. (2023), no qual o produto é retirado do meio fermentativo à medida que é formado. Outra tendência consiste na substituição de reagentes convencionais por forças motrizes alternativas, como o deslocamento eletroquímico de pH de Gausmann et al. (2020) e os materiais condutores iônicos de Pan et al. (2025), ambos alinhados à eletrificação de processos. Uma terceira tendência refere-se a materiais híbridos: o líquido poroso de Li et al. (2026) associa líquido iônico e MOF (do inglês *Metal-Organic Framework*), ao passo que Noah et al. (2023) combinaram membrana líquida, extração e nanopartículas, integrando a função de separação ao próprio material.

Apesar dos avanços, a transferência para escala industrial requer a avaliação da estabilidade dos materiais, da regeneração, do consumo energético, da recuperação de solventes, do tratamento de efluentes e do comportamento em operação contínua com caldos fermentativos reais. Estudos em escala piloto, como os conduzidos por Lithourgidis et al. (2023) e Olszewska-Widdrat et al. (2025), assumem relevância particular por reproduzirem, em maior grau, as dificuldades inerentes ao processo em escala real.

Considerações Finais

A análise sistemática dos 50 estudos selecionados permitiu caracterizar o panorama das tecnologias empregadas na separação e na recuperação do ácido succínico produzido por rotas biotecnológicas. Os processos com membranas representaram o grupo mais frequente (17 estudos: 34%), seguidos por extração (15 estudos: 30%) e cristalização (11 estudos: 22%); em conjunto, essas três tecnologias responderam por 86% do portfólio, enquanto adsorção, esterificação e cromatografia apresentaram menor frequência, embora desempenhem funções complementares em sequências de purificação.

A aplicação do Methodi Ordinatio 2.0 possibilitou a seleção e priorização bibliométrica dos estudos, contemplando tanto publicações recentes quanto trabalhos

anteriores com expressiva relevância científica. Esse comportamento é compatível com a proposta do método de combinar critérios bibliométricos e temporais que permitem estruturar um portfólio representativo de diferentes abordagens tecnológicas, fornecendo uma base para a análise comparativa das rotas de recuperação e purificação do ácido succínico.

Os resultados evidenciaram que o desempenho das tecnologias está relacionado às características do meio, às condições operacionais e ao grau de integração entre as etapas de separação. Embora a literatura apresente elevados valores de recuperação e pureza, especialmente em processos de cristalização, extração e rotas integradas, a comparação direta entre os estudos é limitada pela diversidade de indicadores empregados e pelas diferenças nas condições experimentais. Além disso, parte dos resultados mais expressivos foi obtida com soluções sintéticas ou correntes previamente tratadas, reforçando a necessidade de avaliar o desempenho dessas tecnologias em caldos fermentativos reais.

Os resultados evidenciam que a eficiência global da recuperação do ácido succínico está estreitamente associada à integração entre operações como clarificação, adsorção, troca iônica, extração, processo com membranas, destilação, concentração e cristalização, em razão da complexidade dos caldos fermentativos e da necessidade de conciliar recuperação, pureza e remoção de impurezas. As tendências identificadas incluem processos contínuos, recuperação *in situ*, eletrificação de processos e emprego de materiais híbridos, embora persistam desafios relacionados ao *fouling* (incrustação), à estabilidade de membranas e emulsões, à regeneração de materiais e ao consumo energético. Nesse contexto, o avanço das tecnologias de recuperação e purificação do ácido succínico deve considerar, além do desempenho técnico, a integração de operações, a eficiência energética, a sustentabilidade e a viabilidade de escalonamento industrial.

Referências

AGRAHARI, Gunjan K. *et al.* Membrane contactor for reactive extraction of succinic acid from aqueous solution by tertiary amine. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 92, n. 11, p. 2705–2714, nov. 2014.

AMERI, Elham; AGHABABAI BENI, Ali; POURNUROZ NODEH, Zahra. Design and manufacture of emulsion liquid membrane based on various amine extractants for separation and extraction of succinic acid from fermentation broth. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 61, p. 173–179, set. 2023.

ANTCZAK, Jerzy; SZCZYGIEŁDA, Mateusz; PROCHASKA, Krystyna. Nanofiltration separation of succinic acid from post-fermentation broth: Impact of process conditions and fouling analysis. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 77, p. 253–261, set. 2019.

CHENG, Ke-Ke *et al.* Downstream processing of biotechnological produced succinic acid. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 95, n. 4, p. 841–850, ago. 2012.

EFE, Çağrı *et al.* Separation of succinic acid from its salts on a high-silica zeolite bed. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 50, n. 11–12, p. 1143–1151, nov. 2011.

FERONE, Mariateresa *et al.* Biosuccinic Acid from Lignocellulosic-Based Hexoses and Pentoses by Actinobacillus succinogenes: Characterization of the Conversion Process. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 183, n. 4, p. 1465–1477, dez. 2017.

GAUSMANN, Marcel *et al.* Recovery of succinic acid by integrated multi-phase electrochemical pH-shift extraction and crystallization. **Separation and Purification Technology**, v. 240, p. 116489, 1 jun. 2020.

GU, Bo Hua *et al.* Aqueous two-phase system: An alternative process for recovery of succinic acid from fermentation broth. **Separation and Purification Technology**, v. 138, p. 47–54, dez. 2014.

HENCZKA, Marek; DJAS, Małgorzata. Reactive extraction of succinic acid using supercritical carbon dioxide. **Separation Science and Technology**, v. 53, n. 4, p. 655–661, 4 mar. 2018.

HUH, Yun Suk *et al.* Effective purification of succinic acid from fermentation broth produced by Mannheimia succiniciproducens. **Process Biochemistry**, v. 41, n. 6, p. 1461–1465, jun. 2006.

JUSOH, Norela *et al.* Development of vegetable oil-based emulsion liquid membrane for downstream processing of bio-succinic acid. **Food and Bioproducts Processing**, v. 119, p. 161–169, jan. 2020.

JUSOH, Norela; NOAH, Norul Fatiha Mohamed; OTHMAN, Norasikin. Extraction and recovery optimization of succinic acid using green emulsion liquid membrane containing palm oil as the diluent. **Environmental Progress & Sustainable Energy**, v. 38, n. 3, p. e13065, 2019.

KHUNNONKWAO, Panwana *et al.* A two steps membrane process for the recovery of succinic acid from fermentation broth. **Separation and Purification Technology**, v. 207, p. 451–460, dez. 2018.

KIM, Eun Hye; YOU, Seong-Sik; KANG, Jeong Won. Effective separation of succinic acid by combined crystallization. **Korean Journal of Chemical Engineering**, v. 35, n. 1, p. 204–209, 1 jan. 2018.

KURZROCK, Tanja; WEUSTER-BOTZ, Dirk. New reactive extraction systems for separation of bio-succinic acid. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 34, n. 7, p. 779–787, set. 2011.

LAW, Jeng Yih *et al.* Recovery of succinic acid from fermentation broth by forward osmosis-assisted crystallization process. **Journal of Membrane Science**, v. 583, p. 139–151, ago. 2019.

LEE, Sang Cheol. Extraction of succinic acid from simulated media by emulsion liquid membranes. **Journal of Membrane Science**, v. 381, n. 1–2, p. 237–243, set. 2011.

LI, Jiahui *et al.* Selective purification of polymer-grade succinic acid from fermentation broths using a designed type III porous liquids [diOTMG]Cl@Zr-bptc. **Chemical Engineering Journal**, v. 544, p. 179082, set. 2026.

LI, Qiang *et al.* Separation of Succinic Acid from Fermentation Broth Using Weak Alkaline Anion Exchange Adsorbents. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 48, n. 7, p. 3595–3599, 17 fev. 2009.

LI, Qiang *et al.* One step recovery of succinic acid from fermentation broths by crystallization. **Separation and Purification Technology**, v. 72, n. 3, p. 294–300, 11 maio 2010.

LI, Qian-Zhu *et al.* Recovery Processes of Organic Acids from Fermentation Broths in the Biomass-Based Industry. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 26, n. 1, p. 1–8, 28 jan. 2016.

LIN, Sze Ki Carol *et al.* Novel resin-based vacuum distillation-crystallisation method for recovery of succinic acid crystals from fermentation broths. **Green Chemistry**, v. 12, n. 4, p. 666, 2010.

LITHOURGIDIS, Antonios A. *et al.* Bio-succinic acid production, up to pilot scale, by fermentation of industrial candy waste with Actinobacillus succinogenes 130Z and its downstream purification process. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 11, n. 5, p. 110920, out. 2023.

LUBSUNGNEON, Jiraphorn *et al.* Nanofiltration coupled with vapor permeation-assisted esterification as an effective purification step for fermentation-derived succinic acid. **Journal of Membrane Science**, v. 459, p. 132–142, jun. 2014.

LUTHFI, Abdullah Amru Indera *et al.* Multiple crystallization as a potential strategy for efficient recovery of succinic acid following fermentation with immobilized cells. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 43, n. 7, p. 1153–1169, 1 jul. 2020.

MALANCA, Alina Anamaria *et al.* Variables and Mechanisms Affecting Electro-Membrane Extraction of Bio-Succinic Acid from Fermentation Broth. **Membranes**, v. 12, n. 5, p. 542, maio 2022.

MANCINI, Enrico *et al.* From second generation feed-stocks to innovative fermentation and downstream techniques for succinic acid production. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 18, p. 1829–1873, 16 set. 2020.

MANCINI, Enrico *et al.* Separation of succinic acid from fermentation broth: Dielectric exclusion, Donnan effect and diffusion as the most influential mass transfer mechanisms. **Separation and Purification Technology**, v. 281, p. 119904, jan. 2022.

MORAES, Luciana De Souza *et al.* Liquid–liquid extraction of succinic acid using a hollow fiber membrane contactor. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 21, p. 206–211, jan. 2015.

NINAWE, Asawari *et al.* Separation of succinic acid from aqueous phase using nontoxic solvents. **Chemical Data Collections**, v. 39, p. 100866, jun. 2022.

NOAH, Norul Fatiha Mohamed *et al.* Succinic Acid Recovery and Enhancement of Emulsion Liquid Membrane Stability using Synergist Aliquat 336/TOA/Palm Oil System Assisted with Nanoparticle. **Arabian Journal for Science and Engineering**, v. 48, n. 12, p. 15777–15792, 1 dez. 2023.

OLSZEWSKA-WIDDRAT, Agata *et al.* Pilot scale succinic acid production from fibre sludge followed by the downstream processing. **Food and Bioproducts Processing**, v. 151, p. 118–126, maio 2025.

OMWENE, Philip Isaac *et al.* Bio-based succinic acid recovery by ion exchange resins integrated with nanofiltration/reverse osmosis preceded crystallization. **Food and Bioproducts Processing**, v. 129, p. 1–9, 1 set. 2021.

OMWENE, Philip Isaac *et al.* Novel chromatographic purification of succinic acid from whey fermentation broth by anionic exchange resins. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 45, n. 12, p. 2007–2017, 1 dez. 2022.

OREOLUWA JOKODOLA, Esther *et al.* Process optimisation for production and recovery of succinic acid using xylose-rich hydrolysates by Actinobacillus succinogenes. **Bioresource Technology**, v. 344, p. 126224, jan. 2022.

ORJUELA, Alvaro *et al.* A novel process for recovery of fermentation-derived succinic acid. **Separation and Purification Technology**, v. 83, p. 31–37, nov. 2011.

PAGANI, Regina Negri *et al.* Methodi Ordinatio 2.0: revisited under statistical estimation, and presenting FInder and RankIn. **Quality & Quantity**, v. 57, n. 5, p. 4563–4602, out. 2023.

PAN, Shu-Yuan *et al.* Ionically conductive materials for energy-efficient succinic acid recovery towards electrified circular bioeconomy. **Bioresource Technology**, v. 430, p. 132549, ago. 2025.

PATERAKI, Chrysanthi *et al.* Direct electrochemical extraction increases microbial succinic acid production from spent sulphite liquor. **Green Chemistry**, v. 21, n. 9, p. 2401–2411, 7 maio 2019.

PRATIWI, Aulia Indah *et al.* Extraction of succinic acid by aqueous two-phase system using alcohols/salts and ionic liquids/salts. **Separation and Purification Technology**, v. 155, p. 127–132, nov. 2015.

SONG, Hyohak *et al.* Recovery of succinic acid produced by fermentation of a metabolically engineered Mannheimia succiniciproducens strain. **Journal of Biotechnology**, v. 132, n. 4, p. 445–452, dez. 2007.

SOSA, Paulina A.; ROCA, Christophe; VELIZAROV, Svetlozar. Membrane assisted recovery and purification of bio-based succinic acid for improved process sustainability. **Journal of Membrane Science**, v. 501, p. 236–247, mar. 2016.

STYLIANOU, Eleni *et al.* Development of an electrochemical membrane bioreactor for succinic acid production and in situ separation with engineered Yarrowia lipolytica cultivated on municipal biowaste hydrolysate. **Chemical Engineering Journal**, v. 466, p. 142877, jun. 2023.

SUN, Yaqin *et al.* Salting-out extraction and crystallization of succinic acid from fermentation broths. **Process Biochemistry**, v. 49, n. 3, p. 506–511, mar. 2014.

SUN, Yaqin *et al.* Ionic liquid-based sugaring-out and salting-out extraction of succinic acid. **Separation and Purification Technology**, v. 204, p. 133–140, out. 2018.

SUN, Yaqin *et al.* Sugaring-out extraction combining crystallization for recovery of succinic acid. **Separation and Purification Technology**, v. 209, p. 972–983, jan. 2019.

SZCZYGIEŁDA, Mateusz; ANTCZAK, Jerzy; PROCHASKA, Krystyna. Separation and concentration of succinic acid from post-fermentation broth by bipolar membrane electrodialysis (EDBM). **Separation and Purification Technology**, v. 181, p. 53–59, jun. 2017.

UMPUCH, Chakkrit *et al.* Removal of contaminated organic acids from simulated succinic acid fermentation broth by reactive extraction process: Single- and mixed-solute solution. **Separation Science and Technology**, v. 51, n. 4, p. 629–640, 3 mar. 2016.

WANG, Jiandian *et al.* Pd/BN catalysts for highly efficient hydrogenation of maleic anhydride to succinic anhydride. **Applied Catalysis A: General**, v. 630, p. 118471, jan. 2022.

XIAO, Yiwen *et al.* Two-Stage Crystallization Combining Direct Succinimide Synthesis for the Recovery of Succinic Acid From Fermentation Broth. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v. 7, 15 jan. 2020.

YANG, Qiao *et al.* Comprehensive investigation of succinic acid production by *Actinobacillus succinogenes* : a promising native succinic acid producer. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**, v. 14, n. 5, p. 950–964, set. 2020.

ZAMAN, Nadiah Khairul *et al.* Investigation of succinic acid recovery from aqueous solution and fermentation broth using polyimide nanofiltration membrane. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 8, n. 2, p. 101895, abr. 2020.

ZHANG, Junwei; YUAN, Miaoxin; JIA, Caijing. Efficient adsorption separation of succinic acid with a novel resin derived from styrene/methyl acrylate/vinyl acetate terpolymer. **Reactive and Functional Polymers**, v. 175, p. 105262, jun. 2022.

ZUROB, E. *et al.* Succinic acid recovery from a glycerol-based solution using phosphonium ionic liquids supported by COSMO-RS. **Fluid Phase Equilibria**, v. 559, p. 113471, ago. 2022.

.

SOBRE OS ORGANIZADORES DO LIVRO DADOS CNPQ:

Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos



Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (2003) e Mestrado em Genética e Biologia Molecular pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (2006). Doutor em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia (2013), Área de Concentração Biotecnologia em Saúde atuando principalmente com pesquisa relacionada a genética do câncer de mama. Participou como Bolsista de Desenvolvimento Tecnológico Industrial Nível 3 de relevantes projetos tais como: Projeto Genoma *Anopheles darlingi* (de 02/2008 a 02/2009); e Isolamento de genes de interesse biotecnológico para a agricultura (de 08/2009 a 12/2009). Atualmente é Professor Adjunto III da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, do Centro de Educação e Saúde onde é Líder do Grupo de Pesquisa BASE (Biotecnologia Aplicada à Saúde e Educação) e colaborador em ensino e pesquisa da UFRPE, UFRN e EMBRAPA-CNPA. Tem experiência nas diversas áreas da Genética, Fisiologia Molecular, Microbiologia e Bioquímica com ênfase em Genética Molecular e de Microrganismos, Plantas e Animais, Biologia Molecular e Biotecnologia Industrial. Atua em projetos versando principalmente sobre os seguintes temas: Metagenômica, Carcinogênese, Monitoramento Ambiental e Genética Molecular, Marcadores Moleculares Genéticos, Polimorfismos Genéticos, Bioinformática, Biodegradação, Biotecnologia Industrial e Aplicada, Sequenciamento de DNA, Nutrigenômica, Farmacogenômica, Genética na Enfermagem e Educação.

Prof. Dr. Marcus Vinicius Peralva Santos



Profissional do setor de educação com mais de 10 anos de experiência, tendo atuado em empresas de P/M/G porte nos segmentos de ensino básico, técnico, tecnológico e superior, nas áreas pedagógica e administrativa. Os principais cargos exercidos incluem o de professor, tutor, analista técnico educacional, auxiliar de coordenação e gestor acadêmico, tendo atuado mais diretamente, nos últimos anos em atividades administrativas relacionadas a coordenação de cursos, projetos pedagógicos e de iniciação científica, tendo experiência, tanto em cursos nas modalidades presencial, a distância (Ead) e remota, além de atuar como avaliador ad-hoc do Ministério da Educação (MEC). Sólidos conhecimentos em planejamento educacional, coordenação pedagógica, didática, currículo, projetos e atividades educacionais, gestão de carreiras, gestão da educação, processo de ensino aprendizagem, marketing educacional, tecnologias educacionais, educação a distância, mediação de conflitos, finanças em educação e administração patrimonial.

Pós-Dra. Carliane Rebeca Coelho da Silva



Possui Graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas pela Universidade Federal Rural de Pernambuco apresentando monografia na área de genética com enfoque em transgenia. Mestrado em Melhoramento Genético de Plantas pela Universidade Federal do Rural de Pernambuco com dissertação na área de melhoramento genético com enfoque em técnicas de imunodetecção. Doutora em Biotecnologia pela RENORBIO (Rede Nordeste de Biotecnologia, Área de Concentração Biotecnologia em Agropecuária) atuando principalmente com tema relacionado a transgenia de plantas. Pós-doutorado em Biotecnologia com concentração na área de Biotecnologia em Agropecuária. Atua com linhas de pesquisa focalizadas nas áreas de defesa de plantas contra estresses bióticos e abióticos, com suporte de ferramentas biotecnológicas e do melhoramento genético. Tem experiência na área de Engenharia Genética, com ênfase em isolamento de genes, expressão em plantas, melhoramento genético de plantas via transgenia, marcadores moleculares e com práticas de transformação de plantas via "ovary drip". Tem experiência na área de genética molecular, com ênfase nos estudos de transcritos, expressão diferencial e expressão gênica Integra uma equipe com pesquisadores de diferentes instituições como Embrapa Algodão, UFRPE, UEPB e UFPB, participando de diversos projetos com enfoque no melhoramento de plantas.

Prof. Dr. Milton Gonçalves da Silva Júnior



É Bacharel e Licenciado em Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Mestrado em Biologia Ambiental pela Universidade Federal de Pará. Doutor em Ecologia pela Universidade Federal de Pará. Atualmente, é professor do Centro Universitário Araguaia nos cursos de Engenharia Ambiental e Sanitária EaD, Engenharia Agronômica e Engenharia Civil, é Vice Editor Chefe da Revista Uniaraguaia. Foi Coordenador Geral do Núcleo de Extensão, Pesquisa e Pós -graduação (NEPPG), foi coordenador do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas (EaD). É coordenador co curso de pós-graduação Lato Sensu em Auditoria e Licenciamento Ambiental. Foi professor na UniEvangélica, na Faculdade Evangélica de Jaraguá, nos cursos de Administração e Engenharia Civil, onde fazia parte do NDE, coordenando o subcomitê de avaliação interna (SIA). Foi líder do grupo Estudos interdisciplinares da Faculdade Evangélica de Jaraguá. Elaborador de itens na área de engenharia ambiental ENAD. Avaliador do Banco de Avaliadores do Sistema Nacional de Avaliação do Ensino Superior - Base. Tem experiência em ecologia de peixes estuarinos, dinâmica da pesca, gerenciamento de recursos hídricos, biologia ambiental, educação ambiental e gestão.

MULTIDISCIPLINAR

Conhecimentos e Pesquisas Multidisciplinares

"Esperamos que tenham aproveitado todos os trabalhos disponíveis na íntegra e gratuitos para seu conhecimento e consulta. Esta obra objetivou ampliar os seus horizontes sobre a temática proposta além dos muros acadêmicos, proporcionando uma visão mais realista, ampla e multidisciplinar desta área de estudo seus impactos e descobertas.

Os livros da Science compreendem do conhecimento mais simples ao mais complexo, do mais acadêmico ao mais aplicado, procurando sempre a socialização global com conhecimento científico respaldado e de qualidade, para que a sociedade possa se beneficiar em todos os sentidos.

Agradecemos o seu interesse em chegar até o final deste livro na busca por conhecimento. Aguardem novos títulos e eventos da Editora Science sempre comprometida com a qualidade e o sucesso da sua publicação."

PARA MAIS INFORMAÇÕES E OBRAS DA EDITORA SCIENCE ACESSE:
www.editorascience.com.br
Siga nossas redes sociais e amplie o alcance dos nossos livros:
Facebook: http://www.facebook.com/editorascience
Instagram: https://www.instagram.com/editorascience

Todos os Direitos Reservados

ISBN: 978-65-01-40051-8

© 2025 Editora Science
Av. Marechal Floriano Peixoto. 5000.
Campina Grande, PB, 58434-500.
CNPJ: 42.754.503/0001-00
Todos os Direitos Reservados

EDITORA SCIENCE
ANO 2025