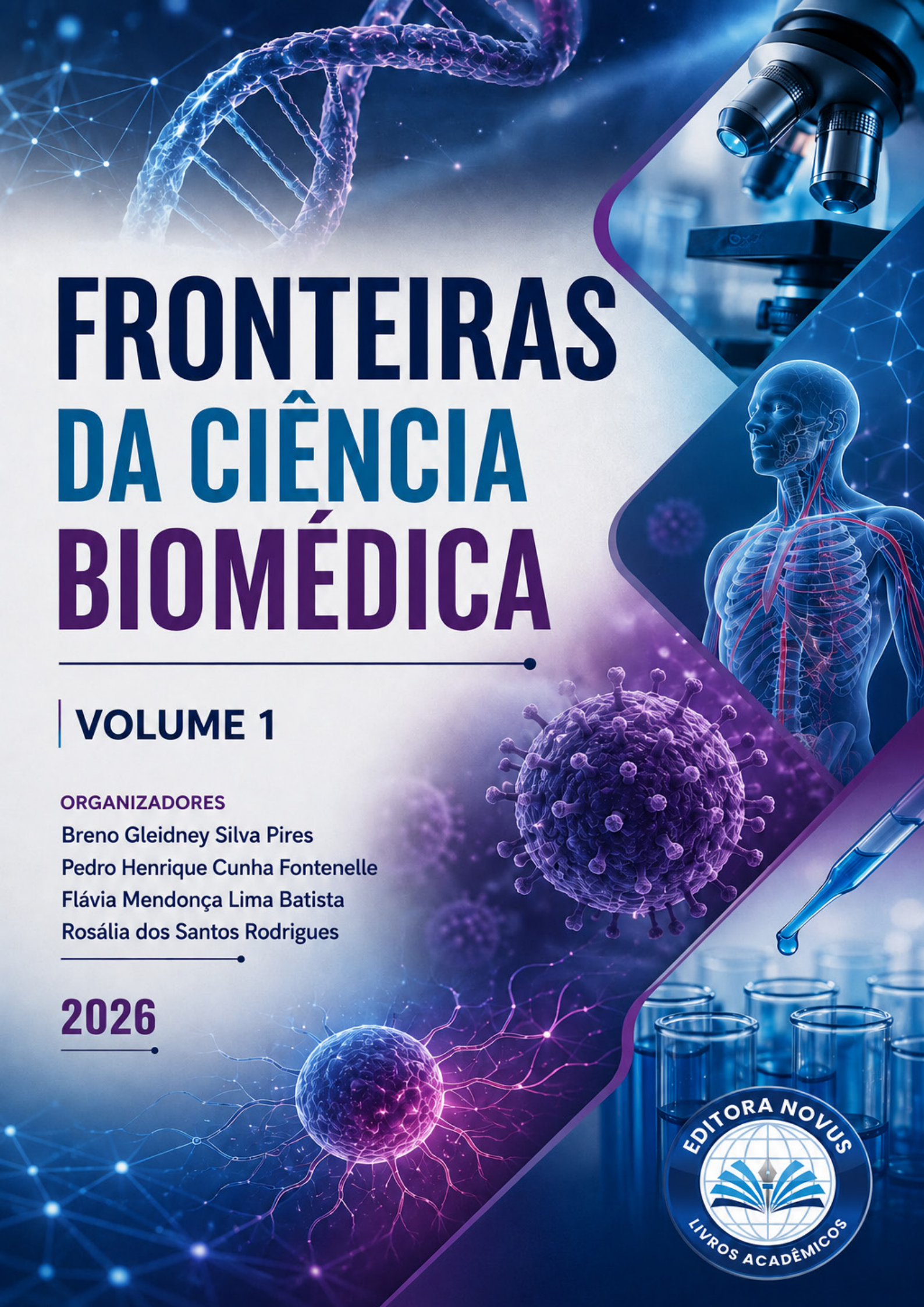


FRONTEIRAS DA CIÊNCIA BIOMÉDICA

VOLUME 1

ORGANIZADORES

Breno Gleidney Silva Pires

Pedro Henrique Cunha Fontenelle

Flávia Mendonça Lima Batista

Rosália dos Santos Rodrigues

2026

EDITORA NOVUS

LIVROS ACADÊMICOS

Organizadores
Breno Gleidney Silva Pires
Pedro Henrique Cunha Fontenelle
Flávia Mendonça Lima Batista
Rosália dos Santos Rodrigues

FRONTEIRAS DA CIÊNCIA BIOMÉDICA

Volume 1

1ª EDIÇÃO

SÃO LUÍS - 2026

EDITORA NOVUS
SÃO LUÍS - MA - 2026
WWW.EDITORANOVUS.COM.BR EDITORANOVUS@GMAIL.COM

Diagramação e Edição
Eduardo Mendonça Pinheiro
Edição de Arte
Eduardo Mendonça Pinheiro
Normalização
José Marcelino Nascimento Veiga Júnior

Conteudista
Autores © 2026
Organizador
Breno Gleidney Silva Pires
Pedro Henrique Cunha Fontenelle
Flávia Mendonça Lima Batista
Rosália dos Santos Rodrigues

© 2026 Copyright – Direitos reservados. A Editora Novus é detentora dos direitos autorais relativos à edição, diagramação e ao projeto gráfico da presente obra. Os autores permanecem titulares dos direitos autorais de seus respectivos textos. Esta publicação está licenciada sob a Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0), permitindo a reprodução, o download e o compartilhamento total ou parcial do conteúdo, desde que a fonte seja devidamente citada, com atribuição obrigatória de autoria, e que a obra seja disponibilizada exclusivamente em Acesso Aberto (Open Access). Não é permitida qualquer forma de alteração, adaptação ou modificação do conteúdo, bem como sua disponibilização em plataformas de acesso restrito ou com finalidade comercial.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P667f

Fronteiras da ciência biomédica. / organizadores: Breno Gleidney da Silva Pires [et al.]. – São Luís: Editora Novus, 2026.

199 f.: il. color. v.1.
Publicação digital (e-book) no formato PDF

ISBN: 978-65-84364-63-9
DOI: 10.29327/5907693

1. Biomedicina. 2. Saúde pública. 3. Diagnóstico laboratorial. 4. Doenças infecciosas. 5. Inovação em saúde. I. Pires, Breno Gleidney Silva. II. Fontenelle, Pedro Henrique Cunha. III. Batista, Flávia Mendonça Lima. IV. Rodrigues, Rosália dos Santos. V. Título.

CDU: 61

Elaborado por José Marcelino Nascimento Veiga Júnior – CRB 13/320

CONSELHO EDITORIAL

Drª Anali Linhares Lima
M.Sc. Alan Jeffeson Lima de Moraes
Dr. André Leonardo Demaison Medeiros Maia
Drª Anna Christina Sanazario de Oliveira
Drª Aurea Maria Barbosa de Sousa
Drª Camila Pinheiro Nobre
Dr. Claudio Alves Benassi
Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua
Drª Claudiene Diniz da Silva
Dr. Diogo Guagliardo Neves
M.Sc. Eduardo Oliveira Pereira
Drª Elba Pereira Chaves
Dr. Elmo de Sena Ferreira Junior
M.Sc. Érica Mendonça Pinheiro
Dr. Fabio Antonio da Silva Arruda
M.Sc. Fernanda Tabita Barroso Zeidan
Dr. George Alberto da Silva Dias
Drª Gerbeli de Mattos Salgado Mochel
Drª Giselle Cutrim de Oliveira Santos
Drª Herlane de Olinda Vieira Barros
Drª Ivete Furtado Ribeiro Caldas
M.Sc. José Carlos Durans Pinheiro
M.Sc. Josiney Farias de Araújo
M.Sc. Julianno Pizzano Ayoub
Dr. Leonardo França da Silva
M.Sc. Lucianna Serfaty de Holanda
Drª Luciara Bilhalva Corrêa
Drª Maria Raimunda Chagas Silva
Drª Marina Bezerra Figueiredo
Drª Michela Costa Batista
Dr. Moisés dos Santos Rocha
Drª Priscila Xavier de Araújo
M.Sc. Ramaiany Carneiro Mesquita
Drª Rita de Cássia Silva de Oliveira
Dr. Saulo José Figueiredo Mendes
Drª Sandra Imaculada Moreira Neto
M.Sc. Shirley Ribeiro Carvalho
Drª Sinara de Fátima Freire dos Santos
M.Sc. Tatiana Mendes Bacellar
Drª Thais Roseli Corrêa
Drª Thalita Karolline de Queiroz Pereira
M.Sc. Victor Crespo de Oliveira
Dr. Wellinton de Assunção
Dr. William de Jesus Ericeira Mochel Filho

Acesse www.editoranovus.com.br/corpo-editorial-2/para conhecer os membros do Corpo Editorial

Parecer editorial e avaliação por pares
Os trabalhos que integram esta obra foram submetidos à apreciação do Conselho Editorial da Editora Novus e avaliados por pareceristas externos, por meio do sistema de revisão por pares (peer review), tendo sido considerados aptos para publicação.

Nota editorial: Trata-se de uma produção de caráter independente, na qual os direitos autorais permanecem sob a titularidade de seus respectivos autores. Eventualmente, alguns textos podem apresentar desdobramentos de pesquisas, comunicações ou trabalhos acadêmicos previamente apresentados ou defendidos, cabendo aos autores a observância rigorosa das boas práticas acadêmicas, especialmente no que se refere à prevenção do autoplágio. O conteúdo das obras é de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo, necessariamente, o posicionamento da Editora Novus, dos organizadores, dos revisores ou dos membros do Conselho Editorial.

PREFÁCIO

A ciência biomédica contemporânea encontra-se em permanente transformação. O desenvolvimento de novas tecnologias diagnósticas, a ampliação das possibilidades terapêuticas, os avanços da biologia molecular e a crescente necessidade de respostas qualificadas aos desafios da saúde coletiva têm expandido os campos de atuação e de investigação da Biomedicina. É nesse cenário dinâmico, interdisciplinar e marcado pela inovação que se insere *Fronteiras da Ciência Biomédica – Volume 1*.

A presente obra reúne estudos que percorrem diferentes dimensões das Ciências Biomédicas, estabelecendo diálogos entre diagnóstico laboratorial, prevenção de doenças, estética, microbiologia, imunologia, biologia molecular, saúde pública e segurança assistencial. Mais do que apresentar temas isolados, os capítulos demonstram como o conhecimento biomédico se articula a problemas concretos da sociedade, evidenciando a importância da formação científica e da atuação profissional fundamentada em evidências.

O percurso temático inicia-se com a Biomedicina Forense e sua contribuição para a elucidação de crimes contra a vida, destacando técnicas laboratoriais e biomoleculares aplicadas à identificação e análise de vestígios biológicos. Na sequência, diferentes capítulos exploram a Biomedicina Estética, abordando bioestimuladores de colágeno, ácido hialurônico, envelhecimento cutâneo, harmonização facial, segurança dos procedimentos e responsabilidade profissional. Esses estudos ressaltam que os avanços estéticos devem caminhar lado a lado com o conhecimento anatômico, a qualificação técnica, a ética e a biossegurança.

A obra também contempla questões de grande relevância para a saúde pública. A imunogenicidade da vacina contra o Papilomavírus Humano é discutida sob a perspectiva da resposta imunológica e da prevenção, enquanto o estudo da telomerase e dos telômeros introduz reflexões sobre envelhecimento celular, longevidade, medicina regenerativa e os limites científicos e bioéticos das intervenções voltadas ao prolongamento da funcionalidade celular.

Outro eixo expressivo do livro está relacionado às doenças infecciosas e à resistência aos antimicrobianos. O uso inadequado de antibióticos em ambientes hospitalares, a automedicação e os diferentes mecanismos de resistência de *Escherichia coli* são analisados como problemas que ultrapassam os limites do laboratório e assumem dimensão coletiva. Nesse contexto, diagnóstico preciso, vigilância microbiológica, uso racional de antimicrobianos e atuação multiprofissional apresentam-se como componentes indispensáveis para a proteção da saúde.

O diagnóstico laboratorial ocupa igualmente posição de destaque. Os capítulos dedicados ao Diabetes Mellitus tipo 2 evidenciam a importância de exames como glicemia de jejum, hemoglobina glicada e teste oral de tolerância à glicose, bem como o papel do biomédico na qualidade das diferentes etapas do processo laboratorial. As parasitoses intestinais na infância, por sua vez, são discutidas em sua relação com vulnerabilidade socioeconômica, saneamento, desenvolvimento infantil e educação em saúde.

No campo das doenças transmissíveis, a obra aborda ainda a terapia antirretroviral, os parâmetros clínicos e laboratoriais associados ao acompanhamento

de pessoas vivendo com HIV/AIDS e a importância do diagnóstico na prevenção da transmissão vertical do HIV. Ao final, a segurança transfusional e os procedimentos imuno-hematológicos em bancos de sangue reforçam a centralidade do laboratório na prevenção de eventos adversos e na proteção do paciente.

Ao reunir essas diferentes perspectivas, *Fronteiras da Ciência Biomédica – Volume 1* revela uma profissão cuja identidade está profundamente vinculada à investigação científica, à precisão diagnóstica, à inovação tecnológica e ao compromisso com a vida. A diversidade dos temas apresentados constitui uma das principais características da obra e expressa a própria amplitude da Biomedicina contemporânea.

Espera-se, assim, que este livro contribua para a formação acadêmica, para a atualização de profissionais e para o estímulo a novas investigações, aproximando estudantes, docentes, pesquisadores e profissionais dos debates que atualmente movimentam as Ciências Biomédicas. Que cada capítulo seja também um convite à curiosidade científica, à reflexão crítica e à busca permanente por conhecimento capaz de transformar práticas e ampliar as fronteiras da saúde.

Breno Gleidney da Silva Pires
Biomédico, Faculdade Anhanguera

SUMÁRIO

Capítulo 1 12

RELEVÂNCIA DA BIOMEDICINA FORENSE NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES CONTRA A VIDA

Carlos Daniel Corrêa Lindoso
Júlia Frazão Santos
Ana Paula Nogueira Castelo Branco
Juliana da Silva Moraes Araújo
Henison Gabriel Souza dos Santos
Vitória Veras De Lima
João Paulo Lima de Souza
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-1

Capítulo 2 22

BIOESTIMULADORES DE COLÁGENO VERSUS PREENCHEDORES COM ÁCIDO HIALURÔNICO NO REJUVENESCIMENTO FACIAL: UMA REVISÃO COMPARATIVA DA LITERATURA

Anna Paula Wolff Neves

10.29327/5907693.1-2

Capítulo 3 30

O PAPEL DO BIOMÉDICO ESTETA NO TRATAMENTO DO ENVELHECIMENTO CUTÂNEO COM O USO DE BIOESTIMULADORES DE COLÁGENO E ATIVOS HIDRATANTES

Anny Pinheiro de Souza
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-3

Capítulo 4 47

AVALIAÇÃO DA IMUNOGENICIDADE DA VACINA CONTRA O VÍRUS DO HPV EM MULHERES JOVENS NO BRASIL

Rannara Sousa Silva Sá
Ariadina Rakell Silva De Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Ramilly Fernandes Borges
Tailane Kaynan da Silva Sousa
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-4

Capítulo 5 58

A TELOMERASE COMO BIOCATALIZADOR DA LONGEVIDADE E SEU IMPACTO NA SENESCÊNCIA CELULAR: PERSPECTIVAS E DESAFIOS PARA O RETARDO DO ENVELHECIMENTO

Ellen Caroline Dos Santos Bento
Ariadina Rakell Silva De Carvalho
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Júlia Maria de Jesus Martins
Ramilly Fernandes Borges
Rannara Sousa Silva Sá
Tailane Kaynan da Silva Sousa
Vanessa Alves Agustinho
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-5

Capítulo 6 70

IMPACTOS DO USO INADEQUADO DE ANTIBIÓTICOS NO DESENVOLVIMENTO DA RESISTÊNCIA BACTERIANA EM AMBIENTES HOSPITALARES

Ester Nunes Pinto
Ariadina Rakell Silva De Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Rannara Sousa Silva Sá
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Ramilly Fernandes Borges
Tailane Kaynan da Silva Sousa
Vanessa Alves Agustinho
Júlia Maria de Jesus Martins

10.29327/5907693.1-6

Capítulo 7 81

IMPORTÂNCIA DOS EXAMES LABORATORIAIS NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO DIABETES MELLITUS TIPO 2

João Paulo Lima de Souza
Carlos Daniel Corrêa Lindoso

10.29327/5907693.1-7

Capítulo 8 94

ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO ESTETA NA HARMONIZAÇÃO FACIAL COM ÁCIDO HIALURÔNICO: APLICAÇÕES, BENEFÍCIOS E POSSÍVEIS COMPLICAÇÕES

Ramilly Fernandes Borges
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Rannara Sousa Silva Sá
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-8

Capítulo 9 106

PREVALÊNCIA DE PARASITOSES INTESTINAIS EM CRIANÇAS BRASILEIRAS: DESTACANDO GIARDIASE E ASCARIDIASE E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO INFANTIL

Tailane Kaynan Da Silva Sousa
Ariadina Rakell Silva De Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Rannara Sousa Silva Sá

10.29327/5907693.1-9

Capítulo 10..... 117

IMPACTOS DA AUTOMEDICAÇÃO COM ANTIBIÓTICOS NA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE *Escherichia coli* EM INFECÇÕES URINÁRIAS COMUNITÁRIAS EM MULHERES

Heloise Maia Garcia
Ariadina Rakell Silva De Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
João Felipe Sales Gomes
Júlia Maria de Jesus Martins
Tailane Kaynan da Silva Sousa
Rannara Sousa Silva Sá
Vanessa Alves Augustinho
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-10

Capítulo 11..... 133

O PAPEL DO BIOMÉDICO NA ESTÉTICA FACIAL: ATUAÇÃO, SEGURANÇA E RESPONSABILIDADE PROFISSIONAL

Thamires Caroline de Oliveira Ribeiro

10.29327/5907693.1-11

Capítulo 12 146

PERFIL DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE *Escherichia coli* ASSOCIADA ÀS INFECÇÕES DO TRATO URINÁRIO EM PACIENTES HOSPITALIZADOS NO BRASIL

Júlia Maria de Jesus Martins
Ariadina Rakell Silva de Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Rannara Sousa Silva Sá
Vanessa Alves Agustinho
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-12

Capítulo 13 156

O PAPEL DO BIOMÉDICO NO DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DO DIABETES MELLITUS 2

Vanessa Alves Agustinho
Ariadina Rakell Silva de Cravalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Júlia Maria de Jesus Martins
Rannara Sousa Silva Sá
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-13

Capítulo 14 164

EFICIÊNCIA DA TERAPIA ANTIRRETROVIRAL: AVALIAÇÃO DE PARAMENTROS CLÍNICOS E LABORATORIAS E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE VIDA DOS PACIENTES VIVENDO COM HIV/AIDS

João Felipe Sales Gomes
Ariadina Rakell Silva De Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
Júlia Maria de Jesus Martins
Rannara Sousa Silva Sá
Tailane Kaynan da Silva Sousa
Breno Gleidney da Silva Pires

10.29327/5907693.1-14

Capítulo 15.....176

IMPORTÂNCIA DO DIAGNÓSTICO LABORATORIAL NA PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO VERTICAL DO HIV EM GESTANTES

Ariadina Rakell Silva de Carvalho
Ellen Caroline dos Santos Bento
Ester Nunes Pinto
Heloise Maia Garcia
João Felipe Sales Gomes
Júlia Maria de Jesus Martins
Tailane Kaynan da Silva Sousa
Rannara Sousa Silva Sá
Vanessa Alves Augustinho
Breno Gleidney da Silva Pires

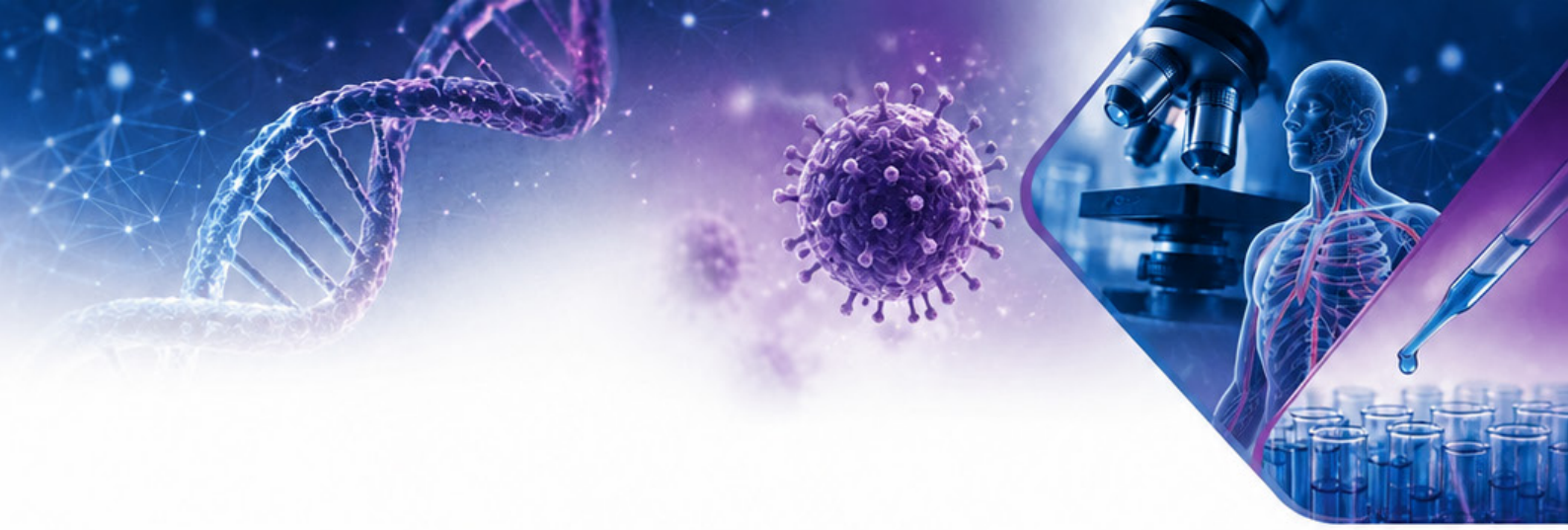
10.29327/5907693.1-15

Capítulo 16.....187

SEGURANÇA TRANSFUSIONAL: A IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS IMUNO-HEMATOLÓGICOS NO BANCO DE SANGUE

Ana Paula Nogueira Castelo Branco
Carlos Daniel Corrêa Lindoso
João Paulo Lima de Souza
Juliana da Silva Moraes Araújo
Henison Gabriel Souza dos Santos

10.29327/5907693.1-16



Capítulo 1

RELEVÂNCIA DA BIOMEDICINA FORENSE NA ELUCIDAÇÃO DE CRIMES CONTRA A VIDA

THE RELEVANCE OF FORENSIC BIOMEDICINE IN THE ELUCIDATION OF CRIMES AGAINST LIFE

Carlos Daniel Corrêa Lindoso[1]

Júlia Frazão Santos[1]

Ana Paula Nogueira Castelo Branco[1]

Juliana da Silva Moraes Araújo[1]

Henison Gabriel Souza dos Santos[1]

Vitória Veras De Lima[1]

João Paulo Lima de Souza[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

A pesquisa desenvolvida teve como foco a relevância da biomedicina forense na elucidação de crimes contra a vida, considerando sua aplicação em casos de homicídios, violência sexual e mortes suspeitas. O problema de pesquisa consistiu em compreender de que forma a atuação do biomédico forense, por meio de técnicas laboratoriais e biomoleculares, contribui para a identificação de vítimas, suspeitos e circunstâncias relacionadas ao crime. O objetivo geral foi analisar a importância da biomedicina forense nesse contexto, enquanto os objetivos específicos buscaram descrever as principais técnicas utilizadas na análise de vestígios biológicos, compreender a contribuição das análises biomoleculares e laboratoriais e identificar o papel do biomédico forense em diferentes tipos de investigação criminal. A metodologia adotada foi uma revisão bibliográfica, de caráter qualitativo e descritivo, realizada em bases de dados científicas como Google Acadêmico, SciELO e PubMed, além de livros e materiais acadêmicos publicados entre 2020 e 2025. Foram incluídos estudos em português e inglês, disponíveis na íntegra e diretamente relacionados ao tema, enquanto trabalhos sem fundamentação científica ou duplicados foram excluídos. Os resultados da análise evidenciaram que a biomedicina forense desempenha papel essencial na produção de provas científicas confiáveis, fortalecendo a justiça criminal e contribuindo para a elucidação de crimes contra a vida. Conclui-se que a integração entre rigor científico, ética profissional e uso de técnicas avançadas consolida a atuação do biomédico forense como indispensável na investigação criminal contemporânea.

Palavras-chave: Vestígios biológicos. Identificação humana. Técnicas laboratoriais. Biomédico forense. Investigação criminal.

Abstract

This study focused on the relevance of forensic biomedicine in the elucidation of crimes against life, considering its application in cases of homicide, sexual violence, and suspicious deaths. The research problem aimed to understand how the work of the forensic biomedical scientist, through laboratory and biomolecular techniques, contributes to the identification of victims, suspects, and circumstances related to criminal acts. The general objective was to analyze the importance of forensic biomedicine in this context, while the specific objectives sought to describe the main techniques used in the analysis of biological evidence, understand the contribution of biomolecular and laboratory analyses, and identify the role of the forensic biomedical scientist in different types of criminal investigations. The methodology adopted consisted of a qualitative and descriptive literature review conducted through scientific databases such as Google Scholar, SciELO, and PubMed, as well as books and academic materials published between 2020 and 2025. Studies published in Portuguese and English, available in full text and directly related to the topic, were included, whereas duplicate studies and those lacking scientific basis were excluded. The results demonstrated that forensic biomedicine plays an essential role in producing reliable scientific evidence, strengthening the criminal justice system and contributing significantly to the elucidation of crimes against life. It was concluded that the integration of scientific rigor, professional ethics, and advanced techniques consolidates the role of the forensic biomedical scientist as indispensable in contemporary criminal investigations.

Keywords: Biological evidence; Human identification; Laboratory techniques; Forensic biomedical scientist; Criminal investigation.

1 INTRODUÇÃO

A Biomedicina Forense tem ganhado destaque no campo das ciências criminais por contribuir significativamente para a investigação e elucidação de crimes contra a vida. Por meio de técnicas laboratoriais, análises biológicas e exames periciais, o biomédico forense auxilia na identificação de evidências que podem esclarecer circunstâncias relacionadas a homicídios, violência sexual e mortes suspeitas. Essas análises permitem a coleta e interpretação de vestígios biológicos, como sangue, sêmen, tecidos e material genético, que podem ser fundamentais para a reconstrução dos fatos investigados (Barros *et al*., 2021).

Nesse contexto, o avanço das técnicas moleculares tem ampliado as possibilidades de atuação da biomedicina forense, especialmente na identificação de vítimas e suspeitos em casos complexos. Métodos baseados na análise do DNA permitem a identificação humana mesmo em situações nas quais o corpo se encontra em estado avançado de decomposição ou fragmentação. Além disso, essas técnicas são amplamente utilizadas em investigações de violência sexual, contribuindo para a confirmação da presença de material biológico do agressor e fortalecendo as evidências periciais (Camargo; Giusti, 2025).

Além das análises genéticas, a biomedicina forense também utiliza outros recursos laboratoriais que auxiliam na determinação das causas e circunstâncias da morte. Entre esses métodos, destaca-se o estudo de fluidos biológicos, como o humor vítreo, que pode fornecer informações relevantes sobre o intervalo pós-morte e possíveis alterações metabólicas do indivíduo antes do óbito. Essas análises contribuem para a compreensão das condições em que ocorreu a morte, sendo especialmente importantes em casos de mortes suspeitas ou quando há dúvidas sobre a causa do falecimento (Frota; Lima Filho; Moraes Filho, 2024).

Este estudo se justifica pela necessidade de ampliar a compreensão acerca da atuação da biomedicina forense no processo investigativo, destacando sua importância na análise de evidências biológicas relacionadas a crimes contra a vida. A relevância desta pesquisa se deve ao fato de que a produção científica sobre o tema contribui para fortalecer o reconhecimento da atuação do biomédico no contexto forense, além de evidenciar a importância das técnicas laboratoriais no apoio às investigações criminais. Assim, investigar essa temática permite discutir o papel da ciência biomédica na produção de provas técnicas e no suporte às decisões judiciais.

Considerando a relevância das técnicas biomoleculares, laboratoriais e periciais para a identificação de vítimas, suspeitos e circunstâncias da morte, surge o seguinte problema de pesquisa: qual é a relevância da biomedicina forense na elucidação de crimes contra a vida, especialmente em casos de homicídio, violência sexual e mortes suspeitas?

O objetivo geral da pesquisa foi: analisar a relevância da biomedicina forense na elucidação de crimes contra a vida. E como objetivos específicos: descrever as principais técnicas utilizadas pela biomedicina forense na análise de vestígios biológicos em investigações criminais; compreender a contribuição das análises biomoleculares e laboratoriais para a identificação de vítimas e suspeitos em crimes contra a vida e identificar o papel do biomédico forense na investigação de situações que envolvem homicídios, violência sexual e mortes suspeitas.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Metodologia

A pesquisa realizada consistiu em uma revisão bibliográfica, com abordagem qualitativa e caráter descritivo, tendo como objetivo reunir e analisar informações presentes na literatura científica acerca da relevância da biomedicina forense na elucidação de crimes contra a vida.

A busca pelos estudos foi realizada em bases de dados científicas reconhecidas, como Google Acadêmico, SciELO e PubMed, além da consulta em livros e materiais acadêmicos relacionados à área da biomedicina forense e das ciências forenses. Foram considerados trabalhos publicados entre os anos de 2020 a 2025, com o objetivo de reunir informações atualizadas e relevantes sobre o tema investigado. Para a seleção do material, foram pesquisados artigos científicos, monografias, dissertações e livros que abordaram aspectos relacionados à atuação da biomedicina forense na análise de vestígios biológicos, na identificação humana e no esclarecimento de crimes contra a vida.

Como critérios de inclusão, foram considerados estudos publicados em português e inglês, disponíveis na íntegra e que apresentaram relação direta com a temática da pesquisa. Por outro lado, foram excluídos resumos simples, primeiras impressões, textos sem fundamentação científica, trabalhos duplicados nas bases de dados e materiais que não estavam disponíveis na íntegra.

As buscas foram realizadas por meio de descritores e palavras-chave como “biomedicina forense”, “ciências forenses”, “identificação humana”, “análise de DNA forense”, “crimes contra a vida” e “investigação criminal”, os quais foram combinados durante a pesquisa com o objetivo de localizar estudos relevantes para a construção do referencial teórico do trabalho.

2.2 Resultados e discussão

2.2.1 As principais técnicas utilizadas pela biomedicina forense na análise de vestígios biológicos em investigações criminais

De acordo com os estudos de Barros *et al*. (2021) a aplicação das ciências forenses exige não apenas rigor técnico, mas também princípios éticos sólidos. No contexto da biomedicina forense, a análise de vestígios biológicos deve ser conduzida com imparcialidade e respeito à dignidade humana, evitando vieses que possam comprometer a investigação. A coleta e interpretação de amostras como sangue, saliva ou tecidos corporais requerem protocolos padronizados que assegurem a validade científica e jurídica dos resultados. Assim, a ética se torna parte integrante das técnicas laboratoriais, garantindo que as evidências sejam confiáveis e aceitas em processos judiciais.

Em seguida, Camargo e Giusti (2025) destacam a utilização de técnicas moleculares como ferramenta essencial na identificação de cadáveres em investigações criminais. A análise de DNA, por exemplo, permite estabelecer vínculos entre vestígios biológicos e indivíduos, mesmo em situações de decomposição avançada. Essas técnicas ampliam a capacidade da biomedicina forense em fornecer respostas precisas, contribuindo para a elucidação de crimes contra a vida. Além disso, a evolução das metodologias moleculares possibilita maior rapidez e

confiabilidade nos resultados, tornando-se indispensável para a perícia criminal moderna.

Por sua vez, Frota, Lima Filho e Moraes Filho (2024) abordam o uso do humor vítreo como uma técnica inovadora na biomedicina forense. Essa substância ocular pode ser analisada para determinar parâmetros bioquímicos que auxiliam na estimativa do tempo de morte. A utilização do humor vítreo representa uma alternativa valiosa em casos em que outros vestígios biológicos estão comprometidos. Dessa forma, a técnica amplia o leque de ferramentas disponíveis para os biomédicos forenses, oferecendo informações complementares que fortalecem a investigação criminal.

Do mesmo modo, De Oliveira *et al*. (2023) discutem o estudo de agentes tóxicos como parte das técnicas utilizadas pela biomedicina forense. A análise toxicológica de amostras biológicas permite identificar substâncias químicas que podem ter contribuído para a morte ou para o estado de saúde da vítima. Essa abordagem é fundamental em casos de envenenamento ou intoxicação, fornecendo informações que ajudam a esclarecer a dinâmica do crime. O estudo de agentes tóxicos amplia a compreensão sobre as circunstâncias da ocorrência, tornando-se uma ferramenta indispensável na investigação criminal.

Ainda, Silva (2024) apresenta a necropsia como técnica clássica e essencial na medicina legal e na biomedicina forense. A análise minuciosa do corpo permite identificar lesões, causas de morte e possíveis sinais de violência. A necropsia, quando associada a exames laboratoriais complementares, fornece um panorama detalhado das condições da vítima, contribuindo para a elucidação de crimes contra a vida. Essa prática continua sendo uma das principais fontes de informação em investigações criminais, consolidando-se como técnica indispensável para o biomédico forense.

Adicionalmente, Silva (2024) reforça que a necropsia deve ser compreendida não apenas como um procedimento técnico, mas também como uma prática que exige rigor metodológico e respeito às normas legais. A correta condução do exame garante que os vestígios biológicos sejam preservados e analisados de forma adequada, evitando contaminações ou interpretações equivocadas. Nesse sentido, a necropsia se mantém como técnica fundamental para a biomedicina forense, assegurando que os resultados obtidos tenham validade científica e jurídica.

A biomedicina forense dispõe de um conjunto de técnicas laboratoriais e biomoleculares que se consolidaram como instrumentos fundamentais na análise de vestígios biológicos em investigações criminais. Essas técnicas, ao serem aplicadas de forma sistemática e ética, permitem a identificação de indivíduos, a determinação de causas de morte e a elucidação de circunstâncias relacionadas a crimes contra a vida. Nesse contexto, torna-se pertinente apresentar a Tabela 1, que sintetiza os principais métodos utilizados pela biomedicina forense e suas respectivas aplicações, evidenciando a diversidade de abordagens que contribuem para a robustez das investigações criminais.

Tabela 1. Principais técnicas da biomedicina forense na análise de vestígios biológicos em investigações criminais

Técnica Forense	Aplicação Principal	Autor(es)
Análise ética e padronizada	Garantia da validade científica e jurídica das evidências biológicas	Barros et al. (2021)
Técnicas moleculares (DNA)	Identificação de cadáveres e associação de vestígios a indivíduos	Camargo & Giusti (2025)
Humor vítreo	Estimativa do tempo de morte por parâmetros bioquímicos	Frota et al. (2024)
Identificação de fluidos corporais	Determinação de sangue, sêmen e outros fluidos em crimes violentos	Batista et al. (2024)
Análise toxicológica	Detecção de agentes químicos em casos de envenenamento ou intoxicação	De Oliveira et al. (2023)
Necropsia	Identificação de lesões, causas de morte e sinais de violência	Silva (2024)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Barros et al. (2021); Camargo & Giusti (2025); Frota et al. (2024); Batista et al. (2024); De Oliveira et al. (2023); Silva (2024).

Conforme Barros *et al.* (2021), a padronização das técnicas forenses é indispensável para assegurar a validade científica e jurídica das evidências. A tabela demonstra que a ética e o rigor metodológico são elementos transversais, garantindo que os vestígios biológicos sejam analisados de forma imparcial e confiável, o que fortalece a credibilidade das investigações criminais.

Em seguida, Camargo e Giusti (2025) reforçam que as técnicas moleculares, especialmente a análise de DNA, representam um marco na biomedicina forense, pois possibilitam a identificação de cadáveres em diferentes estágios de decomposição. A inclusão desse método na tabela evidencia sua relevância prática, já que permite associar vestígios biológicos a indivíduos específicos, ampliando a precisão das perícias criminais.

Do mesmo modo, Frota *et al.* (2024) destacam o uso do humor vítreo como técnica complementar, capaz de fornecer parâmetros bioquímicos úteis para estimar o intervalo pós-morte. A tabela mostra que essa abordagem amplia o repertório de ferramentas disponíveis ao biomédico forense, oferecendo informações adicionais em casos nos quais outros vestígios se encontram comprometidos.

Por fim, Batista *et al.* (2024) e De Oliveira *et al.* (2023) ressaltam que a identificação de fluidos corporais e a análise toxicológica são técnicas indispensáveis para esclarecer crimes violentos e situações de intoxicação. A tabela sintetiza essas contribuições, demonstrando que a biomedicina forense atua de forma multidisciplinar, integrando diferentes métodos para garantir resultados mais completos e confiáveis.

2.2.2 A contribuição das análises biomoleculares e laboratoriais para a identificação de vítimas e suspeitos em crimes contra a vida

Segundo Azevedo *et al.* (2022), a biologia molecular revolucionou a perícia criminal ao possibilitar a identificação individual por meio de marcadores genéticos específicos. As análises biomoleculares e laboratoriais representam um dos

principais avanços científicos aplicados à investigação criminal, especialmente nos crimes contra a vida. A partir da coleta e análise de vestígios biológicos encontrados na cena do crime, como sangue, saliva, cabelos, tecidos e fluidos corporais, torna-se possível estabelecer relações entre vítimas, suspeitos e o local dos fatos. Essas técnicas fornecem informações altamente precisas, contribuindo para a reconstrução dos acontecimentos e para a produção de provas científicas confiáveis.

Entre os métodos mais relevantes destaca-se a análise de DNA, considerada uma das evidências mais robustas no contexto forense. A obtenção do perfil genético permite comparar amostras biológicas coletadas em investigações com o material genético de vítimas ou suspeitos, auxiliando na confirmação ou exclusão de envolvimento em delitos. Além disso, a técnica apresenta elevada sensibilidade, sendo capaz de gerar resultados mesmo a partir de pequenas quantidades de material biológico ou de amostras parcialmente degradadas. Dessa forma, o exame de DNA tornou-se uma ferramenta indispensável para a elucidação de homicídios e demais crimes violentos (Bazola, 2020).

Nos casos de identificação de cadáveres, especialmente quando há carbonização, decomposição avançada ou fragmentação corporal, as técnicas moleculares assumem papel fundamental. A comparação genética entre restos mortais e familiares biológicos permite confirmar identidades de forma segura, superando limitações dos métodos convencionais de reconhecimento visual ou odontológico. O desenvolvimento de tecnologias de amplificação genética ampliou significativamente a capacidade dos laboratórios forenses de atuar em situações complexas, garantindo maior precisão na identificação humana post mortem (Camargo; Giusti, 2025).

A atuação dos profissionais biomédicos nos laboratórios forenses também possui grande relevância nesse contexto. Esses especialistas são responsáveis pela coleta, preservação, processamento e interpretação das evidências biológicas, assegurando a qualidade dos procedimentos periciais. O conhecimento técnico em genética, biologia molecular, bioquímica e análises clínicas possibilita a obtenção de resultados confiáveis que auxiliam diretamente o sistema de justiça na tomada de decisões fundamentadas em evidências científicas (Batista *et al*., 2024).

Além das análises genéticas, a microbiologia forense tem se destacado como uma área complementar na investigação criminal. O estudo dos microrganismos presentes em corpos, objetos e ambientes pode fornecer informações relacionadas ao intervalo pós-morte, à movimentação de vítimas e suspeitos e às características do local onde ocorreu o crime. Essas análises ampliam as possibilidades investigativas e fortalecem a produção de provas periciais em situações nas quais outros vestígios são insuficientes ou inexistentes (Da Silva; Rezende, 2025; De Jesus; De Pita Pereira, 2024).

Por fim, a utilização das análises biomoleculares e laboratoriais deve ser conduzida com rigor técnico e observância aos princípios éticos que regem a atividade pericial. A manutenção da cadeia de custódia, a imparcialidade dos profissionais envolvidos e a proteção das informações genéticas são aspectos fundamentais para garantir a legitimidade das provas produzidas. Nesse sentido, o uso responsável dessas tecnologias contribui não apenas para a identificação de vítimas e suspeitos, mas também para a promoção da justiça e da segurança jurídica nos processos criminais (Barros *et al*., 2021).

2.2.3 O papel do biomédico forense na investigação de casos de homicídio, violência sexual e mortes suspeitas

Batista *et al.* (2024) ressaltam que a atuação do biomédico forense vai além da simples análise de vestígios, abrangendo também a interpretação dos resultados e sua integração ao contexto investigativo. Em casos de mortes suspeitas, o profissional contribui para esclarecer se houve violência, intoxicação ou outras circunstâncias que levaram ao óbito. Essa função amplia a relevância da biomedicina forense, demonstrando que o biomédico é indispensável para a elucidação de crimes contra a vida e para a promoção da justiça.

Santos e Pacheco (2023) destacam que a atuação do biomédico na toxicologia forense é fundamental para esclarecer crimes que envolvem substâncias químicas. A análise de vestígios biológicos permite identificar agentes tóxicos presentes em vítimas de homicídio ou em casos de mortes suspeitas, fornecendo informações cruciais para a investigação. Dessa forma, o biomédico contribui diretamente para a determinação da causa da morte e para a construção de provas científicas que sustentam o processo judicial.

Em seguida, Santos e Pacheco (2023) reforçam que o biomédico forense desempenha papel estratégico na interface entre ciência e justiça, especialmente em situações de violência sexual. Através da coleta e análise de fluidos corporais, o profissional garante que os vestígios sejam preservados e interpretados de forma adequada, evitando contaminações e assegurando a validade das evidências. Essa atuação é essencial para dar suporte às vítimas e para responsabilizar os agressores, fortalecendo a credibilidade das investigações criminais.

Do mesmo modo, Batista *et al*. (2024) enfatizam que o biomédico forense possui competência técnica para analisar amostras biológicas em casos de homicídio. A identificação de sangue, sêmen e outros fluidos corporais pode revelar a dinâmica do crime e estabelecer vínculos entre vítimas e suspeitos. A correta aplicação das técnicas laboratoriais garante que os resultados sejam confiáveis e aceitos em juízo, consolidando o papel do biomédico como peça-chave na perícia criminal.

Além disso, Batista *et al*. (2024) enfatizam o papel do biomédico na perícia criminal por meio da análise de amostras biológicas. O profissional atua na identificação de fluidos corporais, como sangue e sêmen, que podem ser determinantes em casos de violência sexual ou homicídios. A correta aplicação das técnicas laboratoriais garante que os vestígios sejam preservados e analisados de forma a fornecer provas científicas robustas. Assim, o biomédico forense desempenha função estratégica na construção de evidências que sustentam a investigação e o processo judicial.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa alcançou os objetivos propostos ao analisar a relevância da biomedicina forense na elucidação de crimes contra a vida, destacando a atuação do biomédico em casos de homicídios, violência sexual e mortes suspeitas. Foi possível compreender que as técnicas laboratoriais e biomoleculares desempenham papel essencial na identificação de vestígios biológicos, contribuindo para a construção de provas científicas robustas e para o fortalecimento da justi-

ça criminal. Dessa forma, o estudo confirmou que a biomedicina forense é uma área indispensável para a investigação e esclarecimento de crimes, consolidando o papel do biomédico como profissional estratégico nesse processo.

A problemática que norteou o trabalho — como a biomedicina forense pode contribuir para a identificação de vítimas e suspeitos em crimes contra a vida — foi respondida ao evidenciar que a aplicação de técnicas como análise de DNA, exames toxicológicos, microbiologia forense e necropsia fornece informações precisas e confiáveis. No entanto, verificou-se que a efetividade dessas práticas depende da integração entre rigor científico, ética profissional e infraestrutura adequada. Entre as limitações do estudo, destaca-se a restrição à revisão bibliográfica, sem a realização de análises empíricas, o que limitou a observação prática dos resultados.

Recomenda-se que pesquisas futuras aprofundem a investigação sobre a aplicação prática das técnicas biomoleculares e laboratoriais em diferentes contextos criminais, bem como avaliem o impacto da atuação do biomédico forense em sistemas de justiça de distintos países. Além disso, sugere-se a ampliação dos estudos sobre a interface entre biomedicina forense e novas tecnologias, como inteligência artificial e bancos genéticos, que podem potencializar ainda mais a eficiência das investigações. Assim, conclui-se que a biomedicina forense, ao integrar ciência e justiça, contribui de forma decisiva para a elucidação de crimes contra a vida e para a promoção da verdade nos processos judiciais.

Referência

AZEVEDO, L. S. et al. **Aplicações da biologia molecular na investigação criminal.** Revista Científica RSD, v. 11, n. 1, p. 1–15, 2022.

BARROS, Franciéllen. et al. **Ciências forenses:** princípios éticos e vieses. Revista Bioét, Brasília, v. 29, n. 1, p. 55-65, 2021.

BATISTA, Felipe de Souza; SILVA, Lívia Maria Sousa; BATISTA, Rebeca de Souza; SOUZA, Nara Rúbia. **O papel do biomédico na perícia criminal através da análise forense de amostras biológicas**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE, São Paulo, v. 10, n. 10, out. 2024

BAZOLA, Lara Martins. **A utilização do exame de DNA como material probatório na investigação criminal e elucidação dos crimes:** uma análise no ordenamento jurídico pátrio. 2020.

CAMARGO, Luana Cristina; GIUSTI, Emiliana. **Utilização de técnicas moleculares em técnicas forenses na identificação de cadáveres:** uma revisão bibliográfica. REVIVA – Revista do Centro Universitário FAI – UCEFF. Itapiranga –SC. Centro de Ciências da Saúde – V. 4, N.1. 2025.

DA SILVA, Lene Melo; REZENDE, Gabriel de Oliveira. **Microbiologia Forense: A Relevância Das Análises Microbiológicas Nas Investigações Criminais**. Lumen Et Virtus, *[S. l.]*, v. 16, n. 54, p. e10307 , 2025. DOI: 10.56238/levv16n54-127. Disponível em: https://periodicos.newsciencepubl.com/LEV/article/view/10307. Acesso em: 1 abr. 2026.

DE JESUS, Beatriz Tasso Fabri; DE PITA PEREIRA, Daniela. **Microbiologia aplicada à medicina forense.** Repositório Institucional do UNILUS, v. 3, n. 1, 2024.

DE OLIVEIRA, D. B.; et al. **O estudo dos agentes tóxicos nas ciências forenses**. Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 9, p. somethingsomething, 2023

E.D.S. Santana et al., Do vestígio ao condenado: técnicas biomoleculares de identificação humana e a importância dos bancos de perfis genéticos. Rev. Bras. Crimin. 14(3), 34-44, 2025

FROTA, Marcos Tadeu Ellery; LIMA FILHO, Sebastião Lacerda de; MORAES FILHO, Manoel Odorico de. **A utilização de humor vítreo para estudos do ponto de vista forense: desafios e possibi-**

lidades a partir da Biomedicina Forense. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação. São Paulo, v. 10, n. 10, out. 2024.

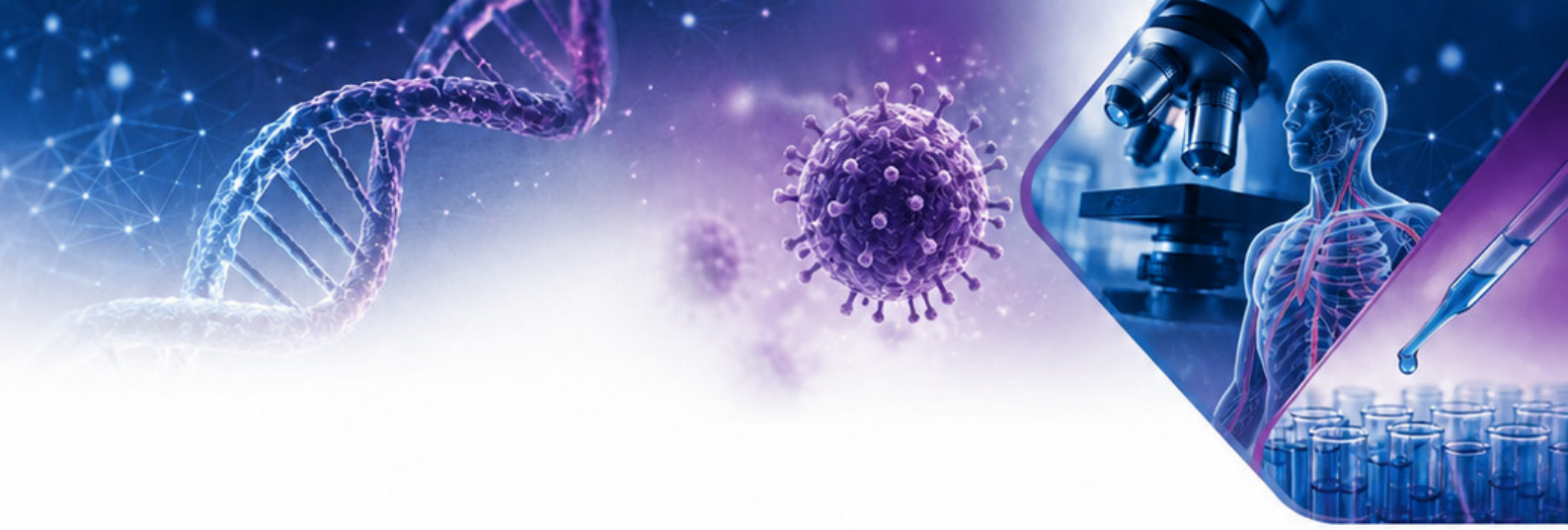
JESUS, B. T. F. D. **Microbiologia aplicada à medicina forense**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina), São Paulo, 2023.

JESUS, F. N. D.; MENDES, L. G. S. **Principais métodos de identificação de vestígios biológicos de uma cena de crime.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2022.

PEREIRA, B. Z.; VIEIRA, C. P. **Microbiologia forense como ferramenta na elucidação de crimes e na determinação do intervalo post mortem.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Centro Universitário São Camilo, 2023.

RIBEIRO, F. S. **O papel do biomédico na perícia criminal através da análise forense de amostras biológicas**. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 10, n. 10, out. 2024.

SANTOS, Alice Alves Bispo dos; PACHECO, Clissiane Soares Viana. **Atuação do Biomédico na Toxicologia Forense.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 9, n. 10, 2023, p. 3940- 3952.



Capítulo 2

BIOESTIMULADORES DE COLÁGENO VERSUS PREENCHEDORES COM ÁCIDO HIALURÔNICO NO REJUVENESCIMENTO FACIAL: UMA REVISÃO COMPARATIVA DA LITERATURA

COLLAGEN BIOSTIMULATORS VERSUS HYALURONIC ACID FILLERS IN FACIAL REJUVENATION: A COMPARATIVE REVIEW OF THE LITERATURE

Anna Paula Wolff Neves[1]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

Resumo

O envelhecimento cutâneo é um processo multifatorial que envolve a perda progressiva de colágeno, elasticidade e volume facial, resultando em flacidez, rugas e sulcos. Nesse contexto, os procedimentos estéticos minimamente invasivos, como os bioestimuladores de colágeno e os preenchedores à base de ácido hialurônico, têm se destacado na biomedicina estética. Este estudo tem como objetivo comparar os mecanismos de ação, indicações, eficácia e durabilidade dessas duas abordagens por meio de uma revisão bibliográfica. Os bioestimuladores de colágeno atuam estimulando a neocolagênese, promovendo melhora gradual da firmeza e da qualidade da pele, com resultados mais duradouros. Em contrapartida, o ácido hialurônico apresenta efeito imediato, sendo amplamente utilizado para volumização e preenchimento de rugas e sulcos, com alta previsibilidade e segurança. Os achados indicam que ambas as técnicas são eficazes, porém possuem indicações distintas e complementares. Conclui-se que a escolha do tratamento deve ser individualizada, considerando as características e necessidades de cada paciente, podendo inclusive haver associação entre as técnicas para potencializar os resultados estéticos.

Palavras-chave: Ácido hialurônico. Ácido poli-L-láctico. Bioestimuladores. Colágeno. Rejuvenescimento facial.

Abstract

Skin aging is a multifactorial process that involves the progressive loss of collagen, elasticity, and facial volume, resulting in sagging, wrinkles, and folds. In this context, minimally invasive aesthetic procedures, such as collagen biostimulators and hyaluronic acid-based fillers, have stood out in aesthetic biomedicine. This study aims to compare the mechanisms of action, indications, efficacy, and durability of these two approaches through a literature review. Collagen biostimulators work by stimulating neocollagenesis, promoting gradual improvement in skin firmness and quality, with longer-lasting results. In contrast, hyaluronic acid has an immediate effect and is widely used for volumization and filling wrinkles and grooves, with high predictability and safety. The findings indicate that both techniques are effective, but they have distinct and complementary indications. It is concluded that the choice of treatment should be individualized, considering the characteristics and needs of each patient, and that a combination of the techniques may even be used to enhance aesthetic results.

Keywords: Hyaluronic acid. Poly-L-lactic acid. Biostimulators. Collagen. Facial rejuvenation.

1 INTRODUÇÃO

A busca por procedimentos estéticos minimamente invasivos tem crescido de forma significativa nos últimos anos, impulsionada pela valorização da aparência e pelos avanços tecnológicos na área da saúde. Nesse contexto, a harmonização facial tornou-se uma das principais demandas na biomedicina estética, englobando técnicas capazes de promover melhora do contorno, da qualidade da pele ao longo dos anos e da restabelecimento da simetria facial. O envelhecimento cutâneo está diretamente relacionado à redução e desorganização das fibras de colágeno, comprometendo a firmeza e a elasticidade da pele (Baroni *et al*., 2012). Dentre os recursos disponíveis, destacam-se os bioestimuladores de colágeno e os preenchedores à base de ácido hialurônico, amplamente utilizados por seus resultados eficazes e pela relativa segurança dos procedimentos. Nesse cenário, diferentes abordagens terapêuticas têm sido empregadas com o objetivo de alcançar resultados satisfatórios e naturais. Os bioestimuladores de colágeno atuam estimulando a produção endógena de colágeno, promovendo melhora progressiva da firmeza e da qualidade da pele. Por outro lado, o ácido hialurônico apresenta efeito imediato, sendo responsável pela reposição de volume, definição de contornos faciais e hidratação dos tecidos. Apesar da ampla utilização dessas técnicas na prática clínica, ainda se observam divergências na literatura científica quanto às suas indicações, durabilidade dos efeitos e eficácia dos resultados. Dessa forma, torna-se relevante a realização de estudos que permitam comparar essas abordagens, contribuindo para uma prática profissional mais segura e baseada em evidências.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica comparativa entre os bioestimuladores de colágeno e o ácido hialurônico no rejuvenescimento facial, analisando seus mecanismos de ação, indicações, benefícios e possíveis efeitos adversos.

2 METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura, com o objetivo de analisar e comparar a eficácia dos bioestimuladores de colágeno e do ácido hialurônico no rejuvenescimento facial. A condução do estudo seguiu etapas estruturadas, visando garantir a reprodutibilidade e a confiabilidade dos dados obtidos.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), e Google Acadêmico no período de janeiro a março de 2026. Para a pesquisa, foram utilizados os descritores em português e inglês: “bioestimuladores de colágeno”, “ácido hialurônico”, “rejuvenescimento facial”, “collagen biostimulators”, “hyaluronic acid” e “facial rejuvenation”, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR.

Inicialmente, foram identificados 20 estudos, sendo 12 na SciELO e 8 no Google Acadêmico. Após a leitura dos títulos e resumos, foram excluídos 6 artigos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. Em seguida, 11 estudos foram selecionados para leitura na íntegra, dos quais 2 foram excluídos por duplicidade, indisponibilidade do texto completo ou por não abordarem diretamente o tema. Dessa forma, 9 artigos compuseram a amostra final desta revisão narrativa.

Os critérios de inclusão adotados foram: artigos publicados entre os anos de 2011 e 2025, disponíveis na íntegra, nos idiomas português e inglês, e que abordassem diretamente o uso de bioestimuladores de colágeno ou ácido hialurônico no contexto do rejuvenescimento facial e artigos sobre o funcionamento do rejuvenescimento facial. Foram excluídos artigos de opinião, estudos duplicados e pesquisas que não apresentavam relação direta com o tema proposto.

3 DESENVOLVIMENTO

A biomedicina reúne a segurança clínica, embasamento científico e tecnologias estéticas avançadas como pilares essenciais de sua atuação em promover o rejuvenescimento facial, garantindo intervenções seguras e eficazes. No contexto da revitalização e renovação facial, as principais técnicas utilizadas pela biomedicina estética visam a correção dos sinais de envelhecimento, estimulação do colágeno natural e a melhoria da qualidade da pele, promovendo resultados que abrangem desde a atenuação de rugas e linhas de expressão até o aumento de firmeza, elasticidade e uniformidade cutânea, contribuindo para uma aparência mais jovem e saudável. Dessa forma, o papel do biomédico esteta, fazendo uso da avaliação individualizada, torna-se essencial para a escolha das técnicas mais adequadas.

> “Os procedimentos estéticos minimamente invasivos ganharam destaque por proporcionarem rejuvenescimento facial com menor tempo de recuperação e resultados naturais” (Sampaio, 2023).

No contexto que Sampaio (2023) aponta a maior aceitação pelos pacientes a tratamentos menos invasivos pois permitem retorno mais rápido às atividades diárias, causam menos dor e desconforto e proporcionam resultados naturais e progressivos, dentre os diversos os bioestimuladores de colágeno e os preenchedores com ácido hialurônico passaram a ter amplo destaque na atuação da biomedicina estética devido à sua eficácia na melhora da firmeza, sustentação e harmonização facial. Este estudo analisou o desempenho das duas técnicas à luz de estudos bibliográficos selecionados.

3.1 Envelhecimento Cutâneo

O processo de envelhecimento da pele envolve alterações progressivas em suas estruturas e dos tecidos subjacentes. Nesse contexto, há redução da atividade dos fibroblastos, células responsáveis pela síntese de colágeno, elastina e ácido hialurônico, comprometendo diretamente a resistência, elasticidade e hidratação cutânea. Como consequência, observa-se diminuição da firmeza, perda do tônus e maior propensão à formação de rugas. Paralelamente, ocorre redistribuição dos compartimentos de gordura facial, com perda de volume em regiões como as maçãs do rosto e acúmulo em áreas inferiores, contribuindo para a flacidez. Além disso, com a reabsorção óssea, especialmente em estruturas como maxila e mandíbula, reduz o suporte estrutural da face, intensificando a perda de sustentação dos tecidos e o aprofundamento de sulcos.

> A pele é o maior indicador da idade, da saúde e da vitalidade do indivíduo. Exposição solar, acne, movimentos repetitivos e ação da gravidade levam ao desgaste e traduzem a idade do indivíduo, enquanto mudanças fisiológicas associadas ao avanço da idade contribuem para as alterações na aparência facial (Da Silva; Cardoso, 2013).

A citação de Da Silva e Cardoso (2013) destaca como o envelhecimento cutâneo não ocorre apenas por fatores intrínsecos, mas é significativamente acelerado por fatores externos, especialmente aqueles relacionados ao estilo de vida e à exposição ambiental. Esses fatores promovem aumento da produção de radicais livres e ativação de enzimas degradativas, como as metaloproteinases, que intensificam a degradação do colágeno e da elastina. Clinicamente, esse processo se manifesta por meio do surgimento de rugas finas e profundas, hipercromias, perda de elasticidade, textura irregular da pele, ressecamento, além da acentuação de sulcos e perda do contorno facial, caracterizando um aspecto envelhecido e menos saudável da pele.

3.2 Preenchimento com ácido hialurônico

O ácido hialurônico, que também é naturalmente sintetizado por nosso organismo, aumenta a retenção de água mantendo a pele hidratada e auxilia na integridade da barreira cutânea, esse ativo está presente na porção da derme e epiderme, como líquido sinovial nas articulações, tecidos conjuntivos e humor vítreo dos olhos. Com importância além da estética, ele participa de processos biológicos como cicatrização de feridas, inflamação controlada e migração celular. No entanto, com o avanço da idade, ocorre a redução da síntese do ácido hialurônico, que contribui diretamente para surgindo de rugas, perda de volume e aspecto ressecado da pele. Dessa forma, a reposição deste por meio de preenchedores dérmicos tem sido amplamente utilizada na prática estética, visando restaurar as características perdidas e promover rejuvenescimento facial com resultados naturais e eficazes.

A injeção de ácido hialurônico para preenchimentos é uma peça essencial no tratamento do rejuvenescimento cutâneo. A seleção do implante varia de acordo com a necessidade do paciente e avaliação correta dos músculos faciais comprometidos no envelhecimento facial, colaborando para resultados instantâneos e satisfatórios (Monteiro, 2011).

A citação de Monteiro (2011) destaca o papel do ácido hialurônico no preenchimento e na obtenção de resultados imediatos e pontuais. Sua forma artificial tem elevada biocompatibilidade com os tecidos humanos e baixo risco de reação adversa no organismo, quando aplicado na derme, especialmente em forma de preenchedor, o ácido hialurônico ocupa os espaços entre as células, contribuindo para suporte tecidual e suavização de rugas e sulcos. Os resultados são observados de maneira imediata por conta de seu mecanismo de ação predominantemente físico.

3.3 Bioestimuladores de colágeno

Os bioestimuladores de colágeno são substâncias biocompatíveis, biodegradáveis e com baixo risco de causar reações no organismo, sendo bastante utilizadas na área estética e dermatológica para melhorar a qualidade da pele. Diferentemente dos preenchedores tradicionais, que atuam principalmente preenchendo espaços intercelulares, os bioestimuladores agem de forma mais profunda, incentivando a regeneração da pele ao longo do tempo.

> "Os bioestimuladores de colágeno atuam promovendo neocolagênese, contribuindo para melhora da flacidez e qualidade cutânea." (Naka *et al*., 2024).

Conforme a citação de Naka *et al*. (2024) o mecanismo de ação dos bioestimuladores reside na capacidade de induzir da neocolagênese, processo que ativa os fibroblastos e contribui para a reorganização da matriz extracelular. Com isso, promovem melhora na firmeza da pele, maior sustentação dos tecidos e redução de rugas e sulcos. De modo geral, esses materiais podem ser divididos em três tipos principais: a hidroxiapatita de cálcio (CaHA), o ácido poli-L-lático (PLLA) e a policaprolactona (PCL). A hidroxiapatita de cálcio possui uma ação inicial de preenchimento, devido ao gel em que está presente, e depois passa a estimular a produção de colágeno de forma gradual. Já o ácido poli-L-lático atua estimulando o organismo por meio de uma resposta inflamatória leve e controlada, o que leva a uma produção progressiva de colágeno, com resultados que aparecem aos poucos. Por outro lado, a policaprolactona combina um efeito imediato de sustentação com um estímulo mais prolongado de colágeno, pois se degrada mais lentamente no organismo.

De acordo com Freitas (2021) O ácido poli-l-lático, a hidroxiapatita de cálcio e a policaprolactona são classificados como preenchedores semipermanentes, onde as microesferas que compõe o produto, estimulam a neocolagênese a partir de uma resposta inflamatória subclínica, resultando o aumento das fibras colágenas pelos fibroblastos, servindo também como arcabouço para novos tecidos. Nesse contexto, mesmo que todos tenham a mesma função principal: estimular a produção de colágeno, eles se diferenciam pelo tempo de ação, pela duração dos efeitos e pela forma como atuam na pele. Por isso, a escolha do tipo mais adequado deve levar em consideração as necessidades de cada pessoa, o grau de envelhecimento da pele e os objetivos do tratamento, sendo uma estratégia importante para melhorar a aparência e a qualidade da pele ao longo do tempo.

3.4 Síntese dos estudos bibliográficos selecionados

A análise dos estudos selecionados demonstrou que os bioestimuladores de colágeno atuam por meio da indução da neocolagênese, estimulando a atividade dos fibroblastos e promovendo melhora progressiva da firmeza e qualidade da pele. Substâncias como o ácido poli-L-láctico (PLLA) e a hidroxiapatita de cálcio (CaHA) apresentaram resultados eficazes, especialmente em casos de flacidez cutânea, perda de sustentação e redução do volume facial, promovendo melhora da elasticidade e do contorno facial ao longo do tempo. Nesse contexto,

Martins et al. (2025) destacam que o PLLA promove estímulo gradual de colágeno, com resultados progressivos e duradouros, enquanto a CaHA associa bioestimulação e volumização imediata, favorecendo efeito lifting e melhora mais rápida da sustentação tecidual.

Em contrapartida, o ácido hialurônico mostrou-se altamente eficaz na correção imediata de sulcos, rugas e na reposição de volume facial. Sua biocompatibilidade, versatilidade e possibilidade de reversão são características que favorecem sua ampla utilização na prática clínica. Os estudos analisados indicam alto índice de satisfação dos pacientes, principalmente devido ao resultado imediato proporcionado pelo procedimento.

> Os preenchedores faciais com ácido hialurônico apresentam resultados imediatos, enquanto os bioestimuladores possuem efeito progressivo e duradouro (Correia; Lopes; Silva, 2025).

Na citação dos autores Correia, Lopes e Silva (2025) destaca os resultados das técnicas, já que os bioestimuladores de colágeno apresentam maior durabilidade dos resultados, porém com início de ação tardio, enquanto o ácido hialurônico oferece resultados imediatos, porém com duração mais limitada. Além disso, evidências apontam que a associação entre ambas as técnicas pode proporcionar melhores resultados estéticos, atuando de forma complementar no rejuvenescimento facial.

A qualificação profissional é fundamental para minimizar riscos e complicações decorrentes da aplicação estética (Vasconcelos *et al*., 2020). Em relação à segurança, a citação de Vasconcelos *et al*. (2020) ressalvam a importância da devida habilitação do profissional, que é essencial nos procedimentos de harmonização facial, uma vez que a escolha da dose, do plano anatômico e da região de aplicação influencia diretamente nos resultados estéticos e na prevenção de efeitos adversos. No entanto, efeitos adversos como edema, equimoses e formação de nódulos podem ocorrer. No caso do ácido hialurônico, destaca-se o risco, embora raro, de oclusão vascular, o que exige atenção, pois diante de reações adversas em procedimentos minimamente invasivos, é fundamental a adoção de intervenções imediatas e adequadas, visando minimizar complicações e preservar a segurança do paciente.

Dessa forma, os resultados desta revisão narrativa indicam que tanto os bioestimuladores de colágeno quanto o ácido hialurônico são eficazes no rejuvenescimento facial, sendo a escolha do tratamento dependente das características individuais do paciente e dos objetivos clínicos. Ressalta-se, entretanto, a necessidade de mais estudos clínicos controlados e de longo prazo que permitam uma comparação mais robusta entre essas abordagens terapêuticas.

4 CONCLUSÃO

A análise dos estudos evidenciou que os bioestimuladores de colágeno e o ácido hialurônico são eficazes no rejuvenescimento facial, porém apresentam mecanismos de ação e desfechos distintos que influenciam na escolha clínica. Os bioestimuladores promovem resultados progressivos, com melhora da qualidade da pele e estímulo de colágeno, sendo associados a maior durabilidade,

enquanto o ácido hialurônico proporciona efeito imediato, com destaque para a reposição de volume e correção de sulcos. Além disso, a literatura aponta que a associação entre as técnicas pode potencializar os resultados, favorecendo abordagens mais completas e personalizadas. Contudo, limitações metodológicas dos estudos, como variações de protocolos e tempo de acompanhamento, indicam a necessidade de mais pesquisas. Dessa forma, conclui-se que a escolha do tratamento deve ser individualizada, considerando as características clínicas e expectativas do paciente, visando resultados seguros, naturais e satisfatórios.

Referências

BARONI, E. R. V. et al. Influence of aging on the quality of the skin of white women: the role of collagen. **Acta Cirúrgica Brasileira**, São Paulo, v. 27, n. 10, p. 736–740, 2012. Disponível em: https://www.scielo.br/j/acb/a/y8zxvYrGMgVDSqXZyYjDsfR/ Acesso em: 27 fev 2026

CORREIA, Luany Pereira Santos da Cruz; LOPES, Simone da Cunha Pereira; SILVA, Carla Maria de Sousa. Envelhecimento facial e o uso do ácido hialurônico. Research, Society and Development, v. 14, n. 12, e96141250261, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v14i12.50261. Acesso em: 10 mar. 2026.

DA SILVA, R. M. S. F.; CARDOSO, G. F. Uso do ácido poli-L-láctico como restaurador de volume facial. **Revista Brasileira de Cirurgia Plástica**, São Paulo, 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcp/a/pqm8YcBTPDfRVtjYhyM4LRF/. Acesso em: 02 mar 2026

FREITAS, G. A. R. M. **Bioestimuladores de colágeno injetáveis: ácido poli-L-lático, hidroxiapatita de cálcio e policaprolactona**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Faculdade de Sete Lagoas (FACSETE), São Paulo, 2021. Disponível em: https://rdta.facsete.edu.br/monografia/items/show/3846. Acesso em: 14 fev 2026.

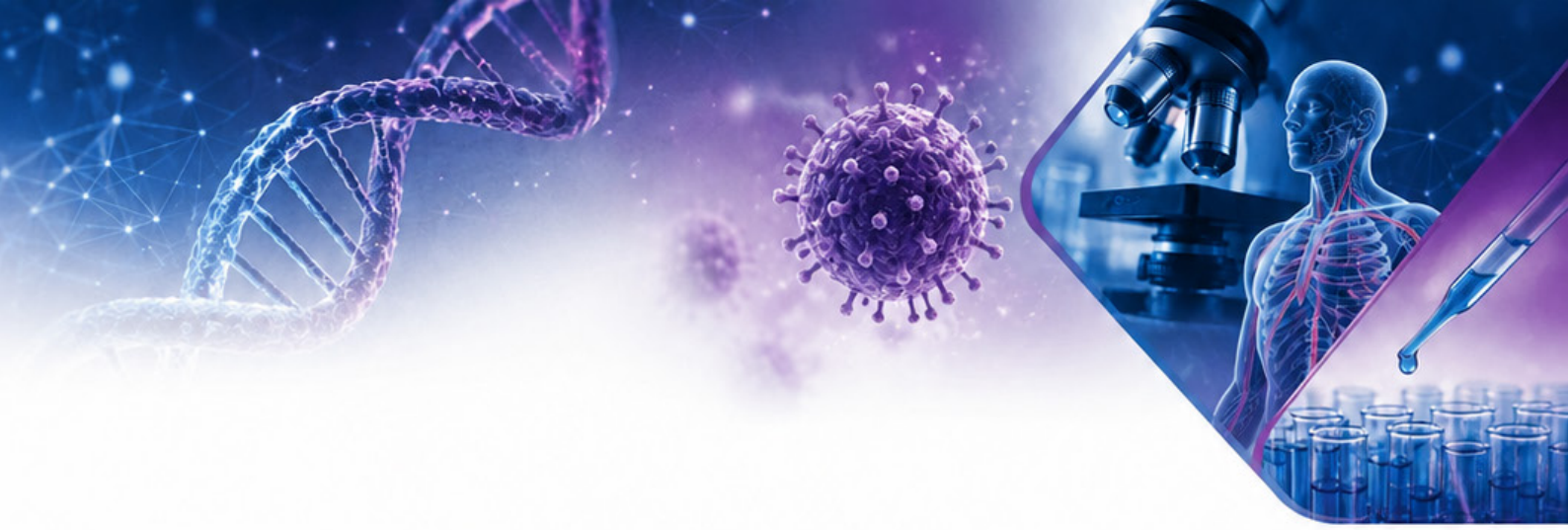
MARTINS, Maíra Grossi Fernandes et al. Bioestimuladores de colágeno na estéti-ca regenerativa: análise comparativa entre ácido poli-L-láctico (PLLA) e hidroxiapatita de cálcio (CaHA) no rejuvenescimento facial. ***Revista Científica de Estética e Cosmetologia***, v.5, n.1, e1692025, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.52051/rcec.v5i1.169. Acesso em: 13 maio 2026.

MONTEIRO, E. O. Tratamento de rejuvenescimento facial com ácido hialurônico não estabilizado de origem não animal aplicado na derme. **Revista Brasileira de Medicina**, v. 68, n. 6, p. 198–200, 2011.

NAKA, Caroline Haruyo et al. Bioestimuladores de colágeno no rejuvenescimento facial: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 10, e72131047095, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.33448/rsd-v13i10.47095 Acesso em: 17 mar. 2026.

SAMPAIO, Tatiane Carvalho. Bioestimuladores de colágeno e suas aplicações na biomedicina estética. **RevistaFT**, v. 27, n. 126, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.5281/zenodo.8375575. Acesso em: 07 jan. 2026.

VASCONCELOS, Suelen Consoli Braga et al. O uso do ácido hialurônico no rejuvenescimento facial. **Revista Brasileira Militar de Ciências**, v. 6, n. 14, 202. Disponível em: https://rbmc.org.br/rbmc/article/view/28/24. Acesso em: 12 fev. 2026.



Capítulo 3

O PAPEL DO BIOMÉDICO ESTETA NO TRATAMENTO DO ENVELHECIMENTO CUTÂNEO COM O USO DE BIOESTIMULADORES DE COLÁGENO E ATIVOS HIDRATANTES

THE ROLE OF THE AESTHETIC BIOMEDICAL PROFESSIONAL IN THE TREATMENT OF SKIN AGING WITH THE USE OF COLLAGEN BIOSTIMULATORS AND MOISTURIZING AGENTS

Anny Pinheiro de Souza[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

O envelhecimento cutâneo é um processo natural e progressivo caracterizado por alterações estruturais, fisiológicas e funcionais da pele, influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos. Essas modificações resultam na redução da produção de colágeno e elastina, na diminuição da hidratação e na perda da capacidade de regeneração celular, favorecendo o surgimento de sinais como rugas, flacidez e ressecamento. Diante do aumento da procura por procedimentos estéticos minimamente invasivos, destacam-se os bioestimuladores de colágeno e os ativos hidratantes como importantes recursos no tratamento dessas alterações. O presente estudo teve como objetivo compreender a atuação do biomédico esteta na utilização dessas abordagens, considerando seus mecanismos de ação, efeitos na pele e critérios de eficácia e segurança. Trata-se de uma pesquisa de abordagem qualitativa, com caráter descritivo e exploratório, desenvolvida por meio de revisão de literatura em bases de dados científicas. Os resultados evidenciam que os bioestimuladores de colágeno atuam na indução da neocolagênese, promovendo melhora da firmeza, elasticidade e qualidade da pele. Por sua vez, os ativos hidratantes contribuem para a manutenção do equilíbrio hídrico, da integridade da barreira cutânea e da funcionalidade do tecido. Além disso, a associação com técnicas que favorecem a permeação cutânea pode potencializar os efeitos dos ativos, contribuindo para melhores resultados clínicos. Conclui-se que a utilização combinada dessas abordagens representa uma estratégia eficaz no tratamento do envelhecimento cutâneo, sendo fundamental a atuação qualificada do biomédico esteta para garantir a segurança do paciente e a efetividade dos procedimentos.

Palavras-chave: Envelhecimento cutâneo; Bioestimuladores de colágeno; Hidratação cutânea.

Abstract

Skin aging is a natural and progressive process characterized by structural, physiological, and functional changes in the skin, influenced by intrinsic and extrinsic factors. These alterations result in reduced collagen and elastin production, decreased hydration, and loss of cellular regeneration capacity, leading to signs such as wrinkles, sagging, and dryness. With the growing demand for minimally invasive aesthetic procedures, collagen biostimulators and hydrating agents stand out as important resources in the treatment of these changes. This study aimed to understand the role of the aesthetic biomedical professional in the use of these approaches, considering their mechanisms of action, effects on the skin, and criteria for efficacy and safety. This is a qualitative research with a descriptive and exploratory nature, conducted through a literature review in scientific databases. The results indicate that collagen biostimulators act by inducing neocollagenesis, promoting improvements in skin firmness, elasticity, and overall quality. Hydrating agents, in turn, contribute to maintaining water balance, skin barrier integrity, and tissue functionality. In addition, the association with techniques that enhance skin permeation may potentiate the effects of these agents, contributing to better clinical outcomes. It is concluded that the combined use of these approaches represents an effective strategy in the management of skin aging, and that the qualified performance of the professional is essential to ensure patient safety and treatment effectiveness.

Keywords: Skin aging; Collagen biostimulator; Skin hydration.

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento cutâneo é um processo natural e gradual que envolve alterações estruturais, fisiológicas e estéticas da pele, podendo interferir na qualidade de vida e na autoestima das pessoas. Com o processo de envelhecimento, a produção de colágeno e elastina diminui e, somada a fatores como a exposição solar, poluição e hábitos de vida, os sinais como flacidez, rugas e ressecamento aumentam gradativamente (Esteves; Brandão, 2022).

Dados da Sociedade Internacional de Cirurgia Plástica Estética, divulgados pela Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica apontam que a procura por procedimentos estéticos minimamente invasivos tem crescido significativamente, sendo o Brasil o segundo maior mercado global, com 3,3 milhões de aplicações realizadas (Sociedade Brasileira de Cirurgia Plástica, 2025). Entre esses procedimentos, estão presentes os bioestimuladores de colágeno e os ativos hidratantes, que promovem melhora na qualidade da pele e na regeneração de suas propriedades fisiológicas. Nesse contexto, a crescente busca por procedimentos estéticos evidencia a importância do estudo dessas técnicas, considerando a necessidade de intervenções eficazes e seguras no tratamento das alterações cutâneas (Trindade *et al*., 2020).

Considerando os pontos apresentados, a pesquisa levantou o seguinte questionamento: Como o biomédico esteta atua no tratamento do envelhecimento cutâneo por meio do uso de bioestimuladores de colágeno e ativos hidratantes?

Diante deste contexto, o presente estudo teve como objetivo compreender o papel do biomédico esteta no tratamento do envelhecimento cutâneo por meio do uso de bioestimuladores de colágeno e ativos hidratantes. Para isso, buscou-se abordar a estrutura e função da pele, bem como os processos envolvidos no envelhecimento cutâneo, descrever mecanismos de ação dos bioestimuladores de colágeno e dos principais ativos hidratantes utilizados na estética e seus efeitos na pele, além de discutir a atuação do biomédico esteta na aplicação dessas técnicas, considerando critérios de eficácia e segurança.

A relevância deste estudo está relacionada à crescente valorização dos procedimentos estéticos e à necessidade de compreensão científica acerca das técnicas utilizadas, contribuindo para a atuação segura e eficaz do biomédico esteta, bem como para o aprofundamento do conhecimento sobre os efeitos dos bioestimuladores de colágeno e ativos hidratantes na pele.

Para realização desse objetivo, foi realizada uma pesquisa de abordagem qualitativa, desenvolvida por meio de uma revisão de literatura, com caráter descritivo e exploratório. A coleta de dados foi realizada através de levantamento bibliográfico em bases de dados científicas, como Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google Acadêmico, sendo selecionados artigos científicos publicados, preferencialmente, em língua portuguesa, com inclusão de estudos internacionais relevantes quando necessário.

2 ENVELHECIMENTO CUTÂNEO E ESTRUTURA DA PELE

O envelhecimento cutâneo é definido como um processo biológico, caracterizado por alterações na estrutura da pele e na sua função. Influenciado por fatores intrínsecos e extrínsecos, esse processo resulta em perda de colágeno e

elastina, hidratação e diminuição na capacidade de regeneração celular, o que contribui para o aparecimento de rugas, flacidez, manchas e alterações na textura da pele (Grillo *et al*., 2025).

Para compreender melhor essas alterações, torna-se necessário abordar a estrutura da pele. Considerada o maior órgão do corpo humano, a pele é constituída por três camadas principais: epiderme, derme e hipoderme. A epiderme é a camada mais externa da pele e sua principal função consiste em proteger o organismo contra agentes externos, sendo formada por células epiteliais achatadas e sobrepostas. Ao analisar sua organização da região mais profunda para a mais superficial, essas camadas são classificadas em: basal, espinhosa, granulosa, lúcida e córnea (Bernardo; Santos; Silva, 2019).

Ainda conforme Bernardo, Santos e Silva (2019), além da organização em camadas, a epiderme é composta por diferentes tipos de células, responsáveis pela manutenção e proteção do tecido cutâneo. Entre elas estão os queratinócitos, células responsáveis pela síntese de queratina e que contribuem para a formação da camada córnea. A queratina proporciona firmeza à pele, garantindo resistência mecânica, proteção e auxiliando na prevenção da desidratação. Os melanócitos também estão presentes na composição da epiderme, são responsáveis pela produção de melanina, que promove proteção contra os raios ultravioleta. As células de Langerhans desempenham a ativação do sistema imunológico e as células de Merkel funcionam como receptores sensitivos de tato ou pressão, por estabelecerem contato com terminações nervosas.

Subjacente à epiderme, encontra-se a derme, a camada intermediária da pele. Composta em sua maioria por fibras de colágeno e elastina, que fornece base estrutural para vasos sanguíneos, nervos e anexos originados na epiderme (Bernardo; Santos; Silva, 2019). Além dessas estruturas, Souza et al. (2023) referem que o ácido hialurônico está presente como componente da matriz extracelular da derme, desempenhando importante função de preenchimento celular e manutenção da hidratação tecidual, contribuindo para o equilíbrio e a integridade da matriz.

A derme pode ser dividida em três camadas especializadas, sendo a derme papilar a mais próxima da epiderme e desempenhando a função de nutri-la. Composta por vasos sanguíneos, fibras de colágeno e elastina, vasos linfáticos, receptores nervosos e corpúsculos de Meissner. A derme reticular é a segunda camada, composta pela base de glândulas sudoríparas, glândulas sebáceas, folículos pilosos, vasos sanguíneos e linfáticos, colágeno, elastina e receptores nervosos, promovendo nutrição e oxigênio para o tecido cutâneo (Bernardo; Santos; Silva, 2019). Por fim, segundo Silva *et al*. (2023), a derme perianexal é similar à papilar devido a sua organização tecidual, pois fica localizada em torno dos anexos cutâneos, desempenhando funções de suporte.

Ao decorrer do tempo, a derme passa por mudanças progressivas que afetam sua estrutura de suporte. Com isso, ela perde parte de sua capacidade funcional, tornando-se menos elástica. O colágeno sofre alterações, ficando fragmentado e mais disperso, o que contribui para a redução da espessura da pele e diminui sua resistência às forças mecânicas (Lopes; Marques; Silva, 2019).

Essas alterações estruturais tornam-se mais evidentes quando se compara a pele jovem com a pele envelhecida, considerando as mudanças em suas diferentes camadas conforme demonstrado na Figura 1.

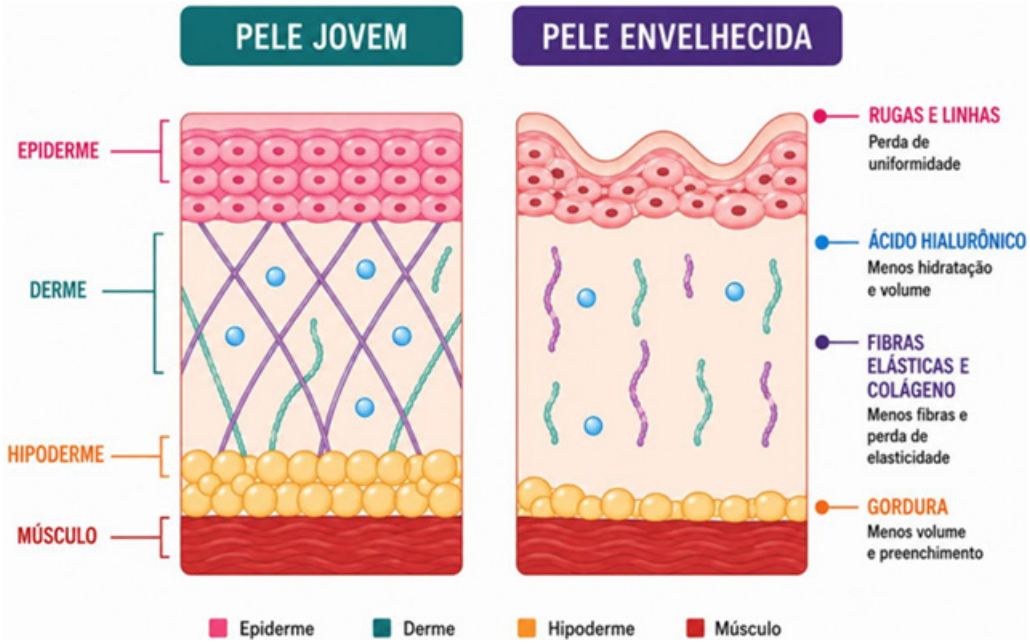


Figura 1. Comparação estrutural entre pele jovem e pede envelhecida

Fonte: Elaborado pela autora com base em Teston, Nardino e Pivato (2010)

Conforme ilustrado na Figura 1, o envelhecimento cutâneo provoca alterações visíveis na estrutura da pele, especialmente na derme, onde ocorre a degradação das fibras responsáveis pela sustentação e elasticidade. Essas mudanças estão diretamente relacionadas ao surgimento de rugas, flacidez e perda de volume ao longo do tempo (Teston; Nardino; Pivato, 2010).

A transição para a hipoderme marca a passagem para o tecido adiposo, sendo a camada mais profunda da pele, composta por adipócitos, tendo como função reserva energética, proteção contra choques mecânicos, isolamento térmico e modelação do corpo (Silva *et al*., 2023).

Segundo Ferraz *et al*. (2021), apesar de sua organização estrutural, a pele sofre modificações ao longo do tempo. Essas alterações decorrem da ação de fatores intrínsecos, que é definido pela redução natural das atividades funcionais da pele, somados a fatores genéticos, produção de radicais livres, diminuição dos níveis hormonais, entre outras teorias. Além disso, os fatores extrínsecos também são responsáveis pelas modificações na pele, sendo caracterizado como processos causadores de lesões celulares, como os raios ultravioleta, alimentação inadequada, poluição, tabagismo, alcoolismo e elementos climáticos.

Como consequência desses fatores responsáveis pelo envelhecimento cutâneo, modificações ocorrem no colágeno e elastina, principais fatores responsáveis pela elasticidade, estabilidade e firmeza da pele (Esteves; Brandão, 2022). De acordo com Papaiordanou *et al*. (2022), o colágeno é uma proteína constituída por diversos aminoácidos e produzida pelos fibroblastos. Com o avanço da idade há redução da atividade celular, fazendo com que a matriz que foi deteriorada não seja reconstruída completamente. As fibras de elastina também são fragmentadas, o que leva à flacidez do tecido, causando rugas na pele.

Com base na literatura apresentada, observou-se que a pele é estruturada em epiderme, derme e hipoderme, cada uma responsável por funções específicas, promovendo proteção, sustentação e manutenção do tecido epitelial. Além disso, constatou-se que com o avanço da idade e a influência de fatores intrínse-

cos e extrínsecos, a estrutura da pele sofre alterações na matriz celular onde são encontradas as fibras de colágeno e elastina. A deterioração das fibras compromete a firmeza, elasticidade e capacidade de regeneração do tecido cutâneo, o que favorece o aparecimento de sinais de envelhecimento, evidenciando a importância da compreensão desses processos para o desenvolvimento de abordagens voltadas ao cuidado e tratamento da pele envelhecida.

3 BIOESTIMULADORES DE COLÁGENO E ATIVOS HIDRATANTES: MECANISMOS DE AÇÃO E EFEITOS NA PELE

O colágeno representa o principal conjunto de proteínas da matriz extracelular, sendo os fibroblastos responsáveis pela sua produção. Esta proteína é organizada em cadeias peptídicas de aminoácidos e essas cadeias formam fibras de colágeno, que se dispõe de forma paralela a um eixo promovendo a estruturação dos tecidos (Wink; Schneider, 2024).

Segundo Wink e Schneider (2024), as características físicas das fibras de colágeno influenciam de forma significativa na função dos fibroblastos e duas destas estão associadas à degradação estrutural da pele no envelhecimento. Entre essas características, incluem-se uma extensa meia vida do colágeno e a formação de ligações cruzadas resistentes à degradação, fatores que favorecem o acúmulo de fibras colágenas fragmentadas e comprometem tanto a estrutura tecidual quanto a função dos fibroblastos.

Ao longo dos anos a produção de colágeno pelos fibroblastos diminui, resultando em uma pele mais fina e menos elástica, tornando-se suscetível a alterações mecânicas. A integridade da rede de colágeno depende da tensão mecânica gerada pelos fibroblastos, e, com a diminuição desta tensão devido ao avanço da idade, mudanças moleculares significativas ocorrem e contribuem para o envelhecimento (Wink; Schneider, 2024).

Na visão de Pereira e Santos (2024), os bioestimuladores de colágeno consistem em agentes que induzem a síntese de colágeno pelo organismo, contribuindo para a melhora da qualidade estrutural e estética cutânea. Nesse contexto, tais substâncias permitem o tratamento das alterações decorrentes do envelhecimento de forma segura e eficaz, estimulando a produção natural do colágeno ao invés de seu fornecimento direto ao organismo.

Entre os principais bioestimuladores em destaque no mercado, encontram-se o ácido polilático (PLLA), a hidroxiapatita de cálcio (CaHA) e a policaprolactona (PCL) (Wink; Schneider, 2024). Para Lima e Avelino (2024), o PLLA trata-se de um material sintético reabsorvível e compatível com os tecidos biológicos, responsável por estimular a síntese de colágeno tipo I. O material é disponibilizado sob a forma de pó liofilizado, contido em frasco estéril, devendo ser reconstituído previamente à administração. Seu mecanismo de ação consiste em desencadear uma resposta inflamatória restrita ao local de aplicação (Wink; Schneider, 2024).

Wink e Schneider (2024) observam que, após implantação do produto, ocorre o recrutamento de macrófagos pelas grandes partículas da substância e devido a sua incapacidade de fagocitar estas partículas, os macrófagos se unem formando uma célula maior denominada de Célula Gigante Multinuclear. Além disso, linfócitos também são recrutados no processo e ocorre então a ativação

dos fibroblastos.

O processamento metabólico do PLLA resulta na formação de cápsulas em torno de microesferas, favorecendo a síntese de fibras colágenas, contribuindo para o espessamento cutâneo (Wink; Schneider, 2024). Lima e Avelino (2024) apontam que, o efeito da aplicação deste bioestimulador é gradual e de longa duração, com resultados que podem perdurar por até 24 meses, a depender do perfil biológico do paciente e da abordagem técnica utilizada.

Wink e Schneider (2024) ressaltam que o procedimento pode ser executado em via supraperiosteal, subdérmico ou subcutâneo, conforme necessidade clínica e anatômica do paciente. Para proporcionar suporte estrutural, a aplicação é realizada via supraperiosteal; na ausência de suporte ósseo, utiliza-se via subcutânea e em casos de flacidez na pele, opta-se pela aplicação no plano subdérmico.

A CaHA apresenta-se em forma de gel contendo carboximetilcelulose de sódio (CMC) e microesferas sintéticas de CaHA, as partículas presentes em sua composição ativam rapidamente os fibroblastos, estimulando a formação de colágeno e contribuindo para a manutenção de novos tecidos (Busquet de Sousa *et al*., 2023).

Busquet de Sousa *et al*. (2023) evidenciam que, após a administração da hidroxiapatita de cálcio, o produto apresenta distribuição local homogênea, conferindo efeito estético imediato. Sua aplicação ocorre na derme para suavização de rugas e sulcos, ou em camadas mais profundas para reposição de volume e harmonização dos contornos faciais, podendo também ser empregado no rejuvenescimento das mãos.

Posteriormente à aplicação, há o efeito de volumização e correção da área tratada. O gel carreador sofre degradação gradual, iniciando-se entre 2 a 3 meses após a administração, permanecendo exclusivamente as microesferas, que desencadeiam resposta fibroblástica e promovem a formação de colágeno por até 18 meses, funcionando como suporte estrutural ao novo tecido (Wink; Schneider, 2024).

Dessa forma, Busquet de Sousa *et al*. (2023) referem que, a hidroxiapatita de cálcio destaca-se como uma alternativa segura e eficaz na prática estética, por se tratar de um material naturalmente presente no organismo humano, estrutura mineral de ossos e dentes. Essa característica confere elevada biocompatibilidade e reduz significativamente o risco de reações adversas. Além disso, sua capacidade de promover sustentação tecidual e estimular a produção de colágeno contribui para a melhora da firmeza e qualidade da pele, consolidando seu uso em procedimentos de rejuvenescimento.

Segundo Saragoça *et al*. (2023), a PCL apresenta mecanismo de ação semelhante ao da CaHA, atuando como bioestimulador de colágeno por meio da degradação gradual do gel carreador e da ação das microesferas, que favorecem a deposição de novas fibras colágenas no tecido.

Após a administração da PCL, há resposta estética imediata da área tratada, associada à indução de um processo de reparo tecidual que estimula a formação de colágeno tipo I em longo prazo. Entretanto, esse efeito inicial de volume é transitório, uma vez que o gel à base de CMC é progressivamente degradado e removido por células fagocíticas. Nesse contexto, as microesferas de policaprolactona assumem o papel principal do material, atuando na indução contínua

da neocolagênese e na substituição do volume inicialmente proporcionado pelo veículo gel (Wink; Schneider, 2024).

Ainda conforme Wink e Schneider (2024), a PCL pode ser aplicada nos planos subcutâneos ou supraperiosteal, com a introdução da agulha até o contato com o periósteo. Esse bioestimulador apresenta capacidade de restaurar regiões com perda de volume, promovendo preenchimento e melhora estrutural do tecido. Devido à sua elevada compatibilidade com os tecidos biológicos e à reduzida resposta do sistema imunológico, a PCL é considerada um material promissor para aplicações voltadas ao rejuvenescimento da pele (Saragoça *et al.,* 2023).

Embora os mecanismos de ação sejam bem estabelecidos na literatura, a avaliação dos resultados clínicos torna-se essencial para compreensão da eficácia dessas substâncias. Nesse contexto, registros fotográficos de antes e depois possibilitam uma análise comparativa dos efeitos promovidos por cada bioestimulador, conforme observado na Figura 2.



Figura 2. Resultados clínicos após aplicação de PLLA

Fonte: Bartus; Hanke; Daro-Kaftan (2013)

Com base na Figura 2, observa-se que, antes do tratamento com PLLA, há menor sustentação tecidual na região das bochechas. Após a aplicação do bioestimulador, verifica-se melhora progressiva do contorno facial, sendo os resultados mais evidentes entre a segunda e a terceira sessão de tratamento. Esses achados reforçam o efeito gradual do PLLA na indução de colágeno e na reestruturação da pele (Bartus; Hanke; Daro-Kaftan, 2013).

Dando continuidade à análise dos resultados clínicos, a Figura 3 apresenta os efeitos obtidos com a CaHA, possibilitando ampliar a comparação entre as diferentes abordagens terapêuticas.

Na Figura 3, observa-se a comparação entre o período pré e pós-aplicação de CaHA. A imagem evidencia melhora estética significativa após 120 dias do procedimento, com resultados mais visíveis no contorno, volume e firmeza das regiões inferiores e posteriores da face, especialmente ao longo da linha mandibular e áreas pré-auriculares (Bravo *et al*., 2025).



Figura 3. Resultados clínicos após a aplicação de CaHA

Fonte: Bravo *et al*., (2025)

A fim de complementar a análise dos diferentes bioestimuladores, a Figura 4 evidencia os resultados obtidos com a PCL, contribuindo para a compreensão de suas particularidades clínicas.



Figura 4. Resultados clínicos após aplicação de PCL

Fonte: Moers-Carpi; Sherwood (2013)

De acordo com a Figura 4, após a aplicação da PCL, nota-se melhora estética progressiva e duradoura ao longo do tempo. Nesse contexto, temos a comparação entre o momento inicial e após 12 meses do procedimento, observando melhora do aspecto cutâneo, com suavização dos sulcos e maior uniformidade facial, reforçando a eficácia da PCL na promoção de rejuvenescimento facial com resultados naturais e prolongados (Moers-Carpi; Sherwood, 2013).

Além dos efeitos relacionados à remodelação dérmica promovida pelos bioestimuladores de colágeno, a qualidade estética da pele também depende da sua capacidade de hidratação e manutenção da homeostase cutânea, o que está diretamente relacionado à sua estrutura e função. A pele é um órgão complexo, composto por epiderme, derme e hipoderme, com cerca de 70% de água distribuída entre suas estruturas, desempenhando papel fundamental na prevenção da perda transepidérmica de água (Abreu *et al*., 2022).

Segundo Rangel (2021), no estrato córneo, camada da epiderme, a água funciona como uma película superficial auxiliando na conservação da hidratação

natural cutânea e na manutenção de sua elasticidade e maleabilidade. O volume de água nessa camada pode variar por fatores exógenos, como a elevada concentração de vapor de água no ambiente ou pela aplicação tópica de formulações contendo agentes umectantes e fatores endógenos, sendo a quantidade de água definida pela alimentação e transferida da derme para epiderme por difusão celular, ocorrendo perda dessa água através da eliminação de suor.

Conforme Abreu *et al*. (2022), a manutenção do nível de hidratação da pele desempenha papel fundamental na manutenção das funções metabólicas e fisiológicas do organismo. Além da ingestão hídrica, diferentes abordagens podem ser empregadas para manter o equilíbrio fisiológico da pele, sendo aplicadas tanto no cotidiano quanto em ambiente clínico, com foco na melhoria das condições fisiológicas da pele.

A classificação dos hidratantes baseia-se em seu mecanismo de ação e composição, podendo ser agrupados em oclusivos, umectantes e hidratantes ativos. Os hidratantes oclusivos promovem a formação de uma película hidrofóbica na superfície da epiderme, atuando na inibição da evaporação hídrica e reduzindo a perda transepidérmica, o que auxilia na preservação da hidratação cutânea. Entre os principais ativos com essa função estão os óleos vegetais, ésteres de ácidos graxos, silicones e vaselina, caracterizados por sua ação emoliente (Rangel, 2021).

Ainda conforme Rangel (2021), os agentes umectantes apresentam propriedades higroscópicas, captando água presente no meio ambiente, porém essa capacidade está condicionada a níveis adequados das condições de umidade atmosférica. Caracterizam-se por serem hidrossolúveis e são recomendadas para peles oleosas e acneicas. Os agentes de hidratação ativa atuam fornecendo ou estimulando componentes com capacidade de captar e reter água, contribuindo para a manutenção da hidratação cutânea. São empregados elementos relacionados ao fator natural de hidratação, classificados como hidratantes terapêuticos, por sua atuação prolongada na hidratação da pele, como ureia, aminoácidos, pirrolidona, carboxilato de sódio e alfa-hidroxiácidos.

Segundo Amaral e Souza (2019), dentre os diversos ativos hidratantes encontrados na literatura e mais conhecidos, pode-se citar a aquaporina que por fazer parte da composição do organismo, contribui para a formação de canais que possibilitam a passagem de água e de pequenos solutos. A uréia que atua na camada córnea como um agente de hidratação ativa, devido à sua capacidade higroscópica de atrair e reter água nas estruturas da pele. A arginina, por sua vez, é um aminoácido altamente hidrofílico que, quando combinado à ureia, potencializa a retenção de água e aumenta a hidratação na camada mais externa da epiderme. Já a glicerina tem potencial para atrair água, contribuindo para a retenção de umidade pela pele, o que favorece as reações enzimáticas e estimula a descamação do estrato córneo (Rangel, 2021).

No entanto, há alguns ativos hidratantes que dispõem de maior peso molecular e estão frequentemente empregados em formulações cosméticas destinadas à hidratação cutânea, como o ácido hialurônico (AH) e o colágeno (Abreu *et al.,* 2022). O AH é sintetizado de forma principal por células do tecido conjuntivo e pelos fibroblastos. Em função de sua alta capacidade de retenção hídrica, quando presente em cosméticos, atua na superfície cutânea formando uma camada capaz de reduzir a perda de água, o que favorece a manutenção da hidratação e melhora o viço da pele (Garbugio; Ferrari, 2013).

Rangel (2021) demonstra que a textura do AH, quando contido em cosméticos, é mais leve, sem a necessidade de concentrações elevadas de outras substâncias emolientes, tornando-se menos oleoso. Devido à sua alta capacidade de retenção de água, ele faz com que a pele se torne menos rígida e ressecada.

Além das formulações cosméticas de aplicação tópica, também existe a possibilidade de emprego dessa substância por meio da via injetável. Sua aplicação tem como objetivo suavizar sulcos e rugas, promover aumento de volume em áreas específicas, como os lábios, favorecer a hidratação e auxiliar na melhora da aparência de cicatrizes (Abreu *et al*., 2022).

Silva *et al*. (2023) descrevem que o AH pode ser encontrado em diferentes faixas de peso molecular. Os de alto peso, atuam na superfície da pele como uma proteção da barreira cutânea, enquanto os de baixo peso molecular, possuem capacidade de alcançar camadas mais profundas da epiderme, podendo também estimular a produção natural de ácido hialurônico pelo organismo. O AH de baixo peso molecular pode contribuir para a diminuição da profundidade das rugas, possivelmente devido à sua capacidade de alcançar camadas mais internas da pele por vias como os folículos pilosos.

O colágeno, por sua vez, em formulações cosméticas vai agir como agente umectante, promovendo maior brilho, suavidade, maciez e aspecto saudável para a pele. Por possuir estrutura química que interage fortemente com moléculas de água, seu papel consiste em atrair e reter água nos tecidos, além de reduzir sua perda por via transepidérmica (Abreu *et al.,* 2022).

Lopes *et al*. (2019) afirmam que o colágeno administrado de forma oral é apontado como opção para prevenção dos efeitos do envelhecimento na pele. A hidrólise desse colágeno ocorre por meio de várias etapas de processamento, onde o colágeno natural, que pode ser obtido por meio de fontes animais como de peixes, suínos e bovinos, é transformado em uma forma de fácil digestão. A ingestão de colágeno hidrolisado de forma diária melhora a firmeza e elasticidade da pele por contribuírem para sua hidratação. Seu mecanismo de ação consiste em boa absorção no sistema gastrointestinal sendo convertido em pequenos peptídeos bioativos que podem atingir a derme e atuar na estimulação da produção de novo colágeno, contribuindo para melhor aparência de hidratação da pele (Ferreira; Le Campion, 2025).

Santos e Machado (2022) expõe que além das propriedades intrínsecas dos ativos hidratantes, a eficácia clínica destes compostos pode ser potencializada por técnicas que favorecem sua permeação cutânea, como o microagulhamento. O método conhecido como *drug delivery* refere-se a estratégias que visam otimizar a penetração e a biodisponibilidade dos ativos na pele.

O microagulhamento é um procedimento que utiliza microagulhas para induzir microlesões controladas na pele, estimulando a produção de colágeno e elastina. Além disso, esses microcanais temporários aumentam a permeação de ativos, potencializando seus efeitos (Santos; Machado, 2022).

Costa, Braz e Gresik (2025) enfatizam que a realização do microagulhamento facilita a penetração de substâncias na pele, independentemente de suas características físico-químicas, como afinidade lipídica ou tamanho molecular. Mesmo quando há leve extravasamento de fluido durante o procedimento, a aplicação dos ativos tende a se manter eficaz, contribuindo para melhores resultados clínicos.

Assim, observa-se que, embora apresentem mecanismos de ação distintos, os bioestimuladores de colágeno e os ativos hidratantes atuam de forma complementar na melhoria da qualidade da pele. Os bioestimuladores promovem remodelação dérmica e estímulo à produção de colágeno, enquanto os ativos hidratantes contribuem para a manutenção da hidratação e da função de barreira cutânea. Dessa forma, ambos os recursos desempenham papel importante no tratamento do envelhecimento cutâneo, favorecendo resultados progressivos e duradouros. Portanto, a escolha e associação dessas estratégias devem ser individualizadas, considerando as necessidades de cada paciente e os objetivos terapêuticos, a fim de otimizar os resultados estéticos com segurança e naturalidade.

4 ATUAÇÃO BIOMÉDICA NA APLICAÇÃO DE BIOESTIMULADORES DE COLÁGENO E ATIVOS HIDRATANTES

A trajetória da dermatologia cosmética tem ampliado de forma significativa o campo de atuação do biomédico, consolidando sua participação e importância no cenário estético contemporâneo. Dessa forma, a qualificação profissional aliada ao cumprimento das normativas vigentes constitui fator determinante para a aplicação segura e eficaz dos procedimentos estéticos, favorecendo a obtenção de resultados satisfatórios (Martins *et al*., 2023).

Nesse contexto, destaca-se a habilitação do biomédico para atuação na área da estética, conforme a Resolução n° 197 de 21 de fevereiro de 2011 (Conselho Federal de Biomedicina, 2011). Carvalho *et al*. (2022) acrescentam que o profissional possui formação que o capacita a realizar avaliação criteriosa e a desenvolver planos terapêuticos individualizados, sustentados por conhecimentos técnicos que fundamentam a execução de diferentes procedimentos.

Conforme Chiste e Lima (2022), o profissional biomédico na área estética desempenha atividades voltadas à realização e ao planejamento de intervenções destinadas a alterações estéticas faciais e corporais, abrangendo também modificações decorrentes do envelhecimento natural que afetam a pele, o metabolismo e o tecido adiposo. O êxito na realização de procedimentos estéticos depende do embasamento científico por parte do profissional quanto à anatomia. O sólido conhecimento do biomédico esteta, reduz de forma significativa o risco de reações adversas, além de promover melhores condições de segurança ao paciente (Chiste; Lima, 2022).

Pires, Lucena e Mantesso (2021) relatam que além desses aspectos, a biossegurança se configura como um pilar indispensável na prática do biomédico esteta, uma vez que muitos procedimentos envolvem riscos de exposição a agentes infecciosos e substâncias potencialmente nocivas. Assim, torna-se essencial a adoção de medidas rigorosas antes, durante e após os atendimentos, incluindo o uso adequado de equipamentos de proteção individual (EPI), a correta higienização das mãos, dos instrumentos e do ambiente, bem como o manejo seguro de produtos utilizados nos procedimentos. Tais cuidados são fundamentais para prevenir a transmissão de doenças e garantir a integridade do paciente e do profissional. Dessa forma, a associação entre conhecimento técnico, cumprimento das normativas e aplicação efetiva dos princípios de biossegurança contribui diretamente para a qualidade, segurança e credibilidade dos serviços estéticos oferecidos.

Destaca-se como atributo distintivo, a capacidade do biomédico em conhecimento e realização de exames laboratoriais, realizados antes e depois de procedimentos estéticos, possibilitando definir a melhor conduta para o paciente, considerando possíveis riscos à saúde e, quando necessário, direcioná-lo para encaminhamento com especialistas e estruturas de saúde correspondentes (Modeski *et al*., 2024).

Nesse contexto, Modeski *et al*. (2024) ainda destacam que torna-se necessário compreender, como critério de segurança, a importância da anamnese antes da realização de um procedimento estético. Deve ser a primeira conduta do biomédico e trata-se de avaliação clínica em que o profissional coleta informações detalhadas sobre o paciente, incluindo histórico de saúde, hábitos, queixas e condições gerais, com o objetivo de orientar o diagnóstico e a conduta terapêutica de forma segura e individualizada.

Complementar à avaliação inicial, outro fator importante para segurança em aplicações estéticas, é a solicitação de exames recentes do paciente ou o pedido de realização destes, pois a análise de exames laboratoriais pode contribuir para diagnósticos, prevenção e para definir intervenções adaptadas às necessidades do indivíduo. Além disso, a interpretação dos resultados laboratoriais pode indicar alterações que justifiquem certas insatisfações estéticas (Modeski *et al*., 2024).

Diante desse cenário, Lopes *et al*. (2026) destacam que a atuação do biomédico esteta abrange a aplicação de diferentes recursos terapêuticos voltados à melhora da qualidade cutânea, alguns deles sendo por meio de agentes com ação bioestimuladora e ativos hidratantes. A conduta do profissional quanto à aplicação dos bioestimuladores deve se basear nas condições anatômicas e fisiológicas do paciente de modo a definir, com segurança, o bioestimulador mais indicado e a forma de aplicação mais adequada para alcançar resultados satisfatórios (Chiste; Lima, 2022).

Os agentes indutores de colágeno são categorizados pela capacidade de absorção e permanência no organismo, essas substâncias podem ser classificadas como biodegradáveis, uma vez que são progressivamente absorvidas pelo organismo por meio de mecanismos naturais de fagocitose, apresentando ação prolongada, como no caso do ácido poli-L-láctico (PLLA), da hidroxiapatita de cálcio (CaHA) e da policaprolactona (PCL) (Chiste; Lima, 2022).

Sampaio (2023) demonstra que a aplicação desses agentes pode ser realizada por via intradérmica ou subdérmica, utilizando técnicas injetáveis com agulha ou cânula, respeitando protocolos de diluição, profundidade e distribuição adequados para indução de neocolagênese progressiva. A eficácia dessas abordagens está relacionada ao correto domínio técnico do profissional, ao conhecimento anatômico e à aplicação baseada em evidências científicas, reduzindo riscos como irregularidades, nódulos e reações inflamatórias exacerbadas, intercorrências que podem acontecer devido às falhas na técnica de aplicação das substâncias, administração errada anatomicamente e o excesso de produto.

De forma complementar, os ativos hidratantes atuam principalmente na manutenção do equilíbrio hídrico da pele, contribuindo para a melhora da função de barreira cutânea, da hidratação e da qualidade geral do tecido, com efeitos mais imediatos e dependentes do uso contínuo para sua manutenção (Abreu *et al*., 2022).

Amaral e Souza (2019) destacam que a administração de ativos hidratantes pode ocorrer de forma tópica ou associada a técnicas que favorecem a permeação cutânea, sendo frequentemente utilizados em protocolos de preparação e manutenção da pele antes e após procedimentos estéticos. Assim, sua utilização adequada também depende da avaliação profissional, que deve considerar o tipo de pele, o objetivo terapêutico e a combinação com outras técnicas, garantindo melhores resultados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise realizada, foi possível compreender a estrutura e as funções da pele, bem como os principais processos envolvidos no envelhecimento cutâneo. Observou-se que as alterações decorrentes da ação de fatores intrínsecos e extrínsecos comprometem componentes importantes da matriz cutânea, como colágeno e elastina, favorecendo o surgimento de sinais característicos do envelhecimento. Além disso, a compreensão da organização da epiderme, derme e hipoderme demonstrou a importância dessas estruturas para a manutenção da integridade, proteção e sustentação da pele, evidenciando a relevância do conhecimento fisiológico cutâneo para o desenvolvimento de abordagens estéticas voltadas à prevenção e tratamento dessas alterações.

Em relação aos bioestimuladores de colágeno, como o Ácido Polilático (PLLA), a Hidroxiapatita de Cálcio (CaHA) e a Policaprolactona (PCL), são fundamentais na indução da neocolagênese, promovendo melhora progressiva da qualidade estrutural da pele, com efeitos no rejuvenescimento, sustentação e contorno facial, apesar de apresentarem diferenças em composição e comportamento biológico. Em paralelo, os ativos hidratantes atuam na manutenção do equilíbrio hídrico cutâneo, contribuindo para a elasticidade, maciez e integridade da pele por mecanismos como formação de barreira oclusiva, retenção de água e estímulo do fator natural de hidratação, com destaque para substâncias como ureia, glicerina, arginina, aquaporinas, colágeno e principalmente o ácido hialurônico. Além disso, técnicas como microagulhamento e drug delivery potencializam a permeação dos ativos, otimizando seus resultados. Portanto, foi possível compreender como o emprego estratégico de tais recursos é essencial para o aprimoramento da qualidade cutânea, desempenhando uma função determinante na prevenção e no tratamento das manifestações do envelhecimento, confirmando a relevância dessas condutas na prática estética.

Acerca dos estudos sobre a atuação do biomédico na aplicação de bioestimuladores de colágeno e ativos hidratantes, constatou-se que a qualificação profissional, o conhecimento anatômico e a adoção de medidas de biossegurança possuem papel essencial para a realização segura e eficaz dos procedimentos estéticos. Diante disso, o estudo possibilitou a compreensão de que a atuação do biomédico esteta envolve desde a avaliação clínica e realização da anamnese até a definição da melhor conduta terapêutica, considerando as características individuais de cada paciente e os possíveis riscos associados aos procedimentos. Além disso, a solicitação e a interpretação de exames laboratoriais auxiliam para um planejamento mais seguro e individualizado, favorecendo a prevenção de intercorrências e a obtenção de melhores resultados clínicos. Também foi possível identificar que a aplicação adequada dos bioestimuladores e ativos hidratantes depende do domínio técnico do profissional em relação às técnicas,

profundidade de aplicação, escolha dos materiais e conhecimento fisiológico da pele. Dessa forma, compreendeu-se que a associação entre capacitação científica, cumprimento das normativas vigentes e aplicação dos princípios de biossegurança contribui diretamente para a qualidade, segurança e eficácia dos procedimentos realizados na prática estética biomédica.

Por fim, conclui-se que a relação entre bioestimuladores de colágeno, ativos hidratantes e a atuação qualificada do biomédico esteta representa uma abordagem relevante para a melhora da qualidade cutânea e para o tratamento das alterações relacionadas ao envelhecimento da pele. A análise dos conteúdos abordados ao longo do trabalho permitiu compreender a importância do conhecimento anatômico, fisiológico e técnico-científico para a realização segura e eficaz dos procedimentos estéticos, evidenciando a necessidade de avaliação individualizada e adoção de práticas fundamentadas em evidências científicas. Observa-se que os avanços constantes na área da estética contribuem para o desenvolvimento de novas técnicas e substâncias voltadas ao rejuvenescimento e à manutenção da saúde cutânea, tornando importante a realização de estudos futuros que aprofundem os efeitos, a durabilidade e a segurança dessas abordagens, bem como sua aplicação em diferentes perfis de pacientes.

Referências

ABREU, Izabella de Oliveira; VIANA, Laís Esperança; ARAÚJO, Maralize Batista de; BOIS, Thamires Teixeira. **Importância da hidratação cutânea na preparação para procedimentos estéticos**. Estética em Movimento, Universidade FUMEC, 2022. Disponível em: https://revista.fumec.br/index.php/esteticaemmovimento/article/view/9168. Acesso em: 5 maio 2026.

AMARAL, Karina Fabrícia Vaz; SOUZA, Rafaela Brito Arêas. **A importância da hidratação cutânea para melhor tratamento das disfunções estéticas**. ID on Line – Revista de Psicologia, v. 13, n. 48, p. 763–771, 2019. Disponível em: https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/2284. Acesso em: 5 maio 2026.

BARTUS, C.; HANKE, C. W.; DARO-KAFTAN, E. A **decade of experience with injectable poly-L--lactic acid: a focus on safety**. Dermatologic Surgery, v. 39, n. 5, p. 698–705, 2013. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23537063/. Acesso em: 6 maio 2026.

BERNARDO, Ana Flávia Cunha; SANTOS, Kamila dos; SILVA, Débora Parreiras da. **Pele: alterações anatômicas e fisiológicas do nascimento à maturidade**. Revista Saúde em Foco, Itajubá (MG), n. 11, p. 1221–1233, 2019. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2019/11/PELE-ALTERA%C3%87%C3%95ES-ANAT%C3%94MICAS-E-FISIOL%C3%93GICAS-DO-NASCIMENTO-%C3%80-MATURIDADE-1.pdf. Acesso em: 19 mar. 2026.

BRASIL. Conselho Federal de Biomedicina. **Resolução nº 197, de 21 de fevereiro de 2011**. Disponível em: https://cfbm.gov.br/wp-content/uploads/2011/02/RESOLUCAO-CFBM-No-197-DE-21-DE-FEVEREIRO-DE-2011.pdf. Acesso em: 5 maio 2026.

BRAVO, Bruna S. F. et al. **Calcium hydroxylapatite-based fillers in facial rejuvenation**. Journal of Clinical Medicine, v. 14, n. 12, p. 4072, 2025. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12193805/. Acesso em: 6 maio 2026.

BUSQUET DE SOUSA, Danielle et al. **Bioestimuladores de colágen**o. Revista Científica de Estética e Cosmetologia, v. 3, n. 1, e1172023, 2023. Disponível em: https://rcec.com.br/journal/index.php/rcec/article/view/117. Acesso em: 4 maio 2026.

CARVALHO, Andra Danielle da Silva; LUCENA, Amanda Dourado de; COSTA, Andrea de Andrade Souza; ANDRADE, Ikaro Alves de. **A utilização do ácido hialurônico na harmonização facial**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, 2022. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/11480/5086. Acesso em: 5 maio 2026.

CHISTE, Julia; LIMA, Karen. **Ácido hialurônico e sua aplicação na estética facia**l. Bragança Pau-

lista: Universidade São Francisco, 2022. Disponível em: https://www.usf.edu.br/galeria/getImage/768/1730268297125729.pdf. Acesso em: 5 maio 2026.

COSTA, Yasmin Gomes Pereira; BRAZ, Cristiane Martins Carvalho; GRESIK, Karla Rocha Carvalho. **Eficácia do microagulhamento no envelhecimento cutâneo**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 11, n. 5, 2025. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/19231/11506. Acesso em: 5 maio 2026.

ESTEVES, Maria Luiza D'Agostini Borges; BRANDÃO, Byron José Figueiredo. **Colágeno e o envelhecimento cutâneo**. BWS Journal, v. 5, e220700161, 2022. Disponível em: https://bwsjournal.emnuvens.com.br/bwsj/article/view/161/177. Acesso em: 21 mar. 2026.

FERREIRA, Joana Maria da Conceição; LE CAMPION, Isabelle Barreto de Aragão. **Utilização do colágeno oral e seus bioestimuladores**. Revista Caderno Pedagógico, v. 22, n. 13, p. 01–17, 2025. Disponível em: https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/21529. Acesso em: 6 maio 2026.

FERRAZ, Isabela Nascimento et al. **Impactos dos fatores extrínsecos no envelhecimento precoce**. Research, Society and Development, v. 10, n. 6, e21210615761, 2021. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/15761/14031. Acesso em: 20 mar. 2026.

GARBUGIO, Angélica Fernanda; FERRARI, Geyse Freitas. **Hidratação cutânea: aspectos fundamentais**. Anais da Faculdade INGÁ, 2013. Disponível em: https://www.mastereditora.com.br/periodico/20130708_185314.pdf. Acesso em: 5 maio 2026.

GRILLO, Ana Carolina Angelini et al. **Mecanismos do envelhecimento cutâneo**. Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences, v. 7, n. 3, p. 1559–1577, 2025. Disponível em: https://bjihs.emnuvens.com.br/bjihs/article/view/5483/5414. Acesso em: 21 mar. 2026.

LIMA, Jaiane Maria Perpétuo de; AVELINO, Bruna da Silva Souza. **Comparação dos bioestimuladores de colágeno**. Revista Foco, v. 18, n. 5, e8414, 2025. Disponível em: https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/8414. Acesso em: 4 maio 2026.

LOPES, Ana Luiza Costa; MARQUES, Janaina Quirino; SILVA, Débora Parreiras da. **Colágeno hidrolisado no combate ao envelhecimento cutâneo**. Revista Saúde em Foco, 2019. Disponível em: https://portal.unisepe.com.br/unifia/wp-content/uploads/sites/10001/2019/11/COL%C3%81GENO-HIDROLISADO-NO-COMBATE-AO-ENVELHECIMENTO-CUT%C3%82NEO-.pdf. Acesso em: 5 maio 2026.

LOPES, Jackson Pereira et al. **Hidroxiapatita de cálcio versus ácido hialurônico**. Revista FT, v. 30, n. 156, p. 1–21, 2026. Disponível em: https://www.revistaft.com/ft/article/view/204. Acesso em: 5 maio 2026.

MARTINS, Arienne de Souza et al. **Os efeitos da busca pela perfeição estética**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, 2023. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/11379/5159. Acesso em: 5 maio 2026.

MODESKI, Bárbara Isabela de Oliveira et al. **Importância da anamnese e avaliação de exames laboratoriais ao iniciar procedimentos estéticos**. In: FREITAS, Guilherme Barroso Langoni de; VASCÃO, Etelma (org.). Dermatologia e procedimentos estéticos. Irati: Editora Pasteur, 2024. p. 27–38. Disponível em: https://editorapasteur.com.br/publicacoes/capitulo/?-doi=10.59290/978-65-6029-101-0.4. Acesso em: 6 maio 2026.

MOERS-CARPI, Marion Michaela; SHERWOOD, Sally. **Polycaprolactone for nasolabial folds**. Dermatologic Surgery, v. 39, n. 3, p. 457–463, 2013. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3615178/. Acesso em: 6 maio 2026.

PAPAIORDANOU, Francine et al. **Colágeno e pele**. Surgical & Cosmetic Dermatology, v. 14, p. 1–10, 2022. Disponível em: https://www.redalyc.org/journal/2655/265570220031/265570220031.pdf. Acesso em: 20 mar. 2026.

PEREIRA, Antonella Pinheiro; SANTOS, Viviane Marinho dos. **Eficácia e segurança dos bioestimuladores**. RECIMA21, v. 5, n. 11, e5115927, 2024. DOI: 10.47820/recima21.v5i11.5927.

PIRES, Renata de Cássia Coelho; LUCENA, Adriana Dias; MANTESSO, Jhennyfer Barbosa de Oliveira. **Prática da biossegurança na estética: uma revisão integrativa da literatura**. Revista Recien, v. 11, n. 36, p. 619–628, 2021. Disponível em: https://www.recien.com.br/index.php/Recien/article/view/546/565. Acesso em: 5 maio 2026.

RANGEL, Renata Lígia Galvão. **A importância da hidratação cutânea**. Revista de Empreendedorismo e Gestão, v. 6, n. 1, p. 165–179, 2021. Disponível em: https://revistas.editoraenterprising.net/index.php/regmpe/article/view/512. Acesso em: 5 maio 2026.

SAMPAIO, Tatiane Carvalho. **Bioestimuladores de colágeno**. Revista FT, 2023. Disponível em: https://revistaft.com.br/bioestimuladores-de-colageno-e-suas-aplicacoes-na-biomedicina-estetica/. Acesso em: 5 maio 2026.

SANTOS, Fernanda Brum; MACHADO, Karina Elisa. **Microagulhamento e ácido hialurônico**. Salusvita, v. 41, n. 2, p. 135–149, 2022. Disponível em: https://revistas.unisagrado.edu.br/index.php/salusvita/article/download/387/294. Acesso em: 5 maio 2026.

SARAGOÇA, Aline Barbosa Oliveira et al. **Bioestimuladores de colágeno**. RECIMA21, v. 4, n. 1, e414460, 2023. Disponível em: https://recima21.com.br/recima21/article/view/4460/3034. Acesso em: 5 maio 2026.

SILVA, Carlos Alberto da et al. **Uma abordagem anatomofisiológica da pele**. Jaguariúna: Editora Científica Digital, 2023. Disponível em: https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/241017992.pdf. Acesso em: 19 mar. 2026.

SILVA, Júlia Nicoly Henkes da et al. **Eficácia do ácido hialurônico no antienvelhecimento facial**. Revista Saúde Multidisciplinar, v. 14, n. 1, 2023. Disponível em: https://revistas.famp.edu.br/revistasaudemultidisciplinar/article/view/642/347. Acesso em: 5 maio 2026.

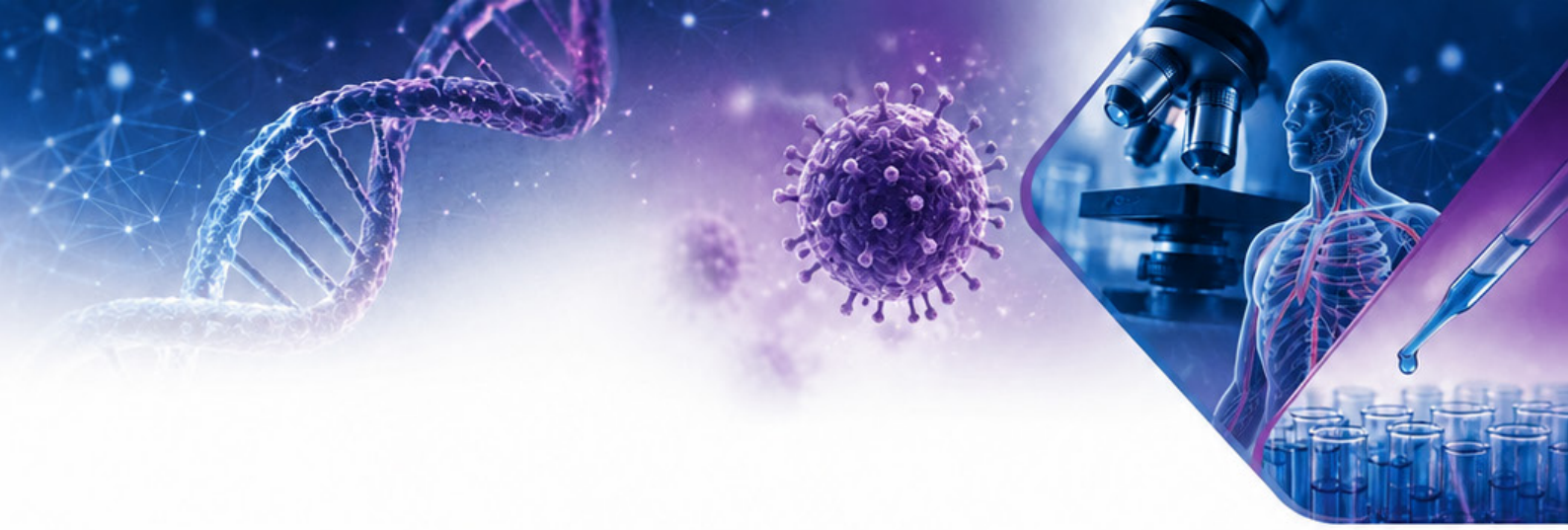
SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIRURGIA PLÁSTICA. **Procedimentos minimamente invasivos em ascensão**. 2025. Disponível em: https://www.cirurgiaplastica.org.br/procedimentos-minimamente-invasivos-em-ascensao-tendencias-dados-e-boas-praticas/. Acesso em: 19 mar. 2026.

SOUZA, Sueli Pereira da Silva et al. **Os benefícios do ácido hialurônico no tratamento do envelhecimento facial: uma revisão integrativa**. E-Acadêmica, v. 4, n. 2, 2023. Disponível em: https://eacademica.org/eacademica/article/view/437. Acesso em: 6 maio 2026.

TESTON, Ana Paula; NARDINO, Deise; PIVATO, Leandro. **Envelhecimento cutâneo: teoria dos radicais livres e tratamentos visando a prevenção e o rejuvenescimento**. Uningá Review, v. 1, n. 1, 2010. Disponível em: https://revista.uninga.br/uningareviews/article/view/451. Acesso em: 6 maio 2026.

TRINDADE, Adriana Pereira et al. **Perfil do biomédico esteta**. Revista Eletrônica Acervo Saúde, v. 12, n. 10, e4783, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Murilo-Amorim/publication/346492662. Acesso em: 20 mar. 2026.

WINK, Natália Ferrari; SCHNEIDER, Taiane. **Bioestimuladores de colágeno**. Revista de Ciências da Saúde – REVIVA, v. 3, n. 2, 2024. Disponível em: https://revistas.uceff.edu.br/reviva/article/view/466/579. Acesso em: 5 maio 2026.



Capítulo 4

AVALIAÇÃO DA IMUNOGENICIDADE DA VACINA CONTRA O VÍRUS DO HPV EM MULHERES JOVENS NO BRASIL

EVALUATION OF THE IMMUNOGENICITY OF THE HPV VACCINE IN YOUNG WOMEN IN BRAZIL

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Ariadina Rakell Silva De Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Ramilly Fernandes Borges[1]

Tailane Kaynan da Silva Sousa[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

O Papilomavírus Humano (HPV) é um dos principais agentes infecciosos de relevância em saúde pública, estando diretamente associado ao desenvolvimento de lesões benignas, lesões pré-cancerosas e ao câncer do colo do útero, uma das principais causas de morbimortalidade feminina no Brasil. Diante desse cenário, a vacinação contra o HPV constitui uma estratégia fundamental de prevenção primária, com o objetivo de reduzir a infecção viral e interromper a progressão para lesões neoplásicas. O presente estudo teve como objetivo geral compreender a resposta imunológica induzida pela vacina contra o HPV em mulheres no Brasil, com ênfase na sua imunogenicidade e nos fatores que influenciam sua eficácia. Trata-se de uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, realizada a partir da análise de artigos científicos, livros e documentos oficiais disponíveis em bases de dados como Google Acadêmico, PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde, considerando publicações recentes relacionadas ao tema. Os resultados evidenciam que a vacina contra o HPV é altamente imunogênica, sendo capaz de induzir a produção de anticorpos neutralizantes específicos e promover o estabelecimento de memória imunológica duradoura, especialmente quando administrada antes da exposição ao vírus. Observa-se ainda que fatores como idade, estado imunológico, esquema vacinal e número de doses influenciam diretamente a magnitude e a duração da resposta imunológica. Do ponto de vista epidemiológico, a vacinação tem impacto significativo na redução da circulação viral e na diminuição de lesões intraepiteliais cervicais de alto grau, embora seus efeitos plenos ainda estejam em consolidação no Brasil devido ao longo período de desenvolvimento da doença. Destaca-se também o papel da Biomedicina na avaliação da resposta imunológica, por meio de técnicas laboratoriais, vigilância epidemiológica e estudos de imunogenicidade, contribuindo para o monitoramento da efetividade das estratégias de vacinação. Conclui-se que a vacina contra o HPV é capaz de induzir uma resposta imunológica eficaz em mulheres no Brasil, representando uma importante ferramenta de saúde pública na prevenção do câncer do colo do útero.

Palavras-chave: Papilomavírus Humano. Vacina contra HPV. Imunogenicidade. Resposta Imunológica. Saúde da Mulher.

Abstract

Human Papillomavirus (HPV) is one of the main infectious agents of public health relevance and is directly associated with the development of benign lesions, precancerous lesions, and cervical cancer, one of the leading causes of morbidity and mortality among women in Brazil. In this context, HPV vaccination represents a fundamental primary prevention strategy aimed at reducing viral infection and preventing progression to neoplastic lesions. This study aimed to understand the immune response induced by the HPV vaccine in women in Brazil, with emphasis on its immunogenicity and the factors influencing its effectiveness. This was a qualitative literature review conducted through the analysis of scientific articles, books, and official documents available in databases such as Google Scholar, PubMed, and the Virtual Health Library, considering recent publications related to the topic. The results show that the HPV vaccine is highly immunogenic, capable of inducing the production of specific neutralizing antibodies and promoting the establishment of long-lasting immunological memory, especially when administered before exposure to the virus. It was also observed

that factors such as age, immune status, vaccination schedule, and number of doses directly influence the magnitude and duration of the immune response. From an epidemiological perspective, vaccination has a significant impact on reducing viral circulation and decreasing high-grade cervical intraepithelial lesions, although its full effects are still being gradually observed in Brazil due to the long period of disease development. The role of Biomedicine in evaluating the immune response through laboratory techniques, epidemiological surveillance, and immunogenicity studies is also highlighted, contributing to the monitoring of the effectiveness of vaccination strategies. It is concluded that the HPV vaccine is capable of inducing an effective immune response in women in Brazil, representing an important public health tool in the prevention of cervical cancer.

Keywords: Human Papillomavirus. HPV vaccine. Immunogenicity. Immune Response. Women's Health.

1 INTRODUÇÃO

O Papilomavírus Humano (HPV) destaca-se como um dos principais agentes virais de grande relevância em saúde pública, devido à sua associação com diversas doenças, incluindo lesões pré-cancerosas e diferentes tipos de câncer. Trata-se da infecção sexualmente transmissível mais comum no mundo, com maior incidência entre pessoas sexualmente ativas. O vírus possui a capacidade de infectar as células basais da pele e das mucosas, apresentando tropismo por tecidos epiteliais, especialmente nas camadas mais externas. Essa característica contribui para sua elevada disseminação na população, aliada à facilidade de transmissão. Além disso, o HPV é considerado o principal agente etiológico do câncer do colo do útero (CCU), o que reforça sua importância clínica e epidemiológica.

Diante desse cenário, a vacinação contra o HPV configura-se como uma das principais estratégias de prevenção, especialmente no que se refere à redução da incidência do câncer do colo do útero. Entretanto, é fundamental compreender a imunogenicidade dessa vacina, isto é, sua capacidade de estimular uma resposta imunológica eficiente nas mulheres imunizadas. Assim, este estudo justifica-se pela importância de analisar a resposta imune induzida pela vacinação contra o HPV no Brasil, contribuindo para o aprimoramento das estratégias de imunização e para o fortalecimento das ações em saúde pública.

A vacinação contra o HPV é uma importante estratégia na prevenção de infecções e na redução do câncer do colo do útero, tornando essencial a compreensão da efetividade da resposta imunológica induzida por essa vacina. No entanto, fatores como idade, estado imunológico e adesão ao esquema vacinal podem influenciar essa resposta. Dessa forma, questiona-se: a vacina contra o HPV é capaz de induzir uma resposta imunológica eficaz em mulheres no Brasil?

O presente estudo tem como objetivo geral compreender a resposta imunológica induzida pela vacina contra o vírus do HPV em mulheres no Brasil. Como objetivos específicos, busca-se descrever os aspectos biológicos do HPV e sua interação com o sistema imunológico, apresentar as vacinas contra o HPV e os mecanismos de imunogenicidade envolvidos, discutir o impacto da vacinação contra o HPV em mulheres no Brasil e abordar o papel da biomedicina no con-

texto da prevenção e controle das infecções por HPV.

A presente pesquisa caracterizou-se como uma revisão bibliográfica de abordagem qualitativa, com o objetivo de compreender a eficácia da vacina contra o vírus do HPV em mulheres no Brasil, com ênfase na resposta imunológica pós-vacinação. Para a construção do estudo, foram utilizados artigos científicos, dissertações, livros e periódicos, selecionados nas bases de dados Google Acadêmico, PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), considerando publicações no período de 2022 a 2026.

A seleção dos materiais seguiu critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, visando garantir a relevância e a qualidade das fontes utilizadas. Foram incluídos estudos nos idiomas português e inglês que abordavam a imunogenicidade da vacina contra o HPV e seus efeitos na resposta imunológica. Foram excluídos resumos, artigos incompletos, desatualizados ou que não apresentavam relação direta com a temática proposta. A busca pelos materiais foi realizada por meio dos seguintes descritores: “Papilomavírus Humano”, “Vacina contra HPV” “Imunogenicidade”, “Resposta Imunológica” e “Saúde da Mulher”.

2 ASPECTOS BIOLÓGICOS DO HPV E SUA INTERAÇÃO COM O SISTEMA IMUNOLÓGICO

Desde sua identificação inicial, o Papilomavírus Humano (HPV) tem sido amplamente investigado devido à sua associação com diversas condições clínicas, variando desde verrugas genitais até neoplasias malignas. Contudo, foi a partir da década de 1980, com o avanço das técnicas de biologia molecular, que o HPV passou a ser reconhecido como o principal agente etiológico das verrugas genitais e das lesões cervicais pré-cancerosas. Nesse contexto, estudos conduzidos por Harald zur Hausen foram fundamentais para estabelecer a relação entre determinados tipos de HPV e o câncer do colo do útero. Essa descoberta representou um marco importante para a saúde pública, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de prevenção, como programas de rastreamento e, posteriormente, a criação das vacinas profiláticas (Dourado *et al*., 2025).

O Papilomavírus Humano (HPV) é um vírus de Ácido Desoxirribonucleico (DNA), não envelopado, pertencente à família Papillomaviridae, com aproximadamente 55 nm de diâmetro. Apresenta tropismo por epitélios escamosos estratificados, infectando principalmente a pele e mucosas. Sua estrutura viral é relativamente simples, sendo composta por um capsídeo proteico icosaédrico que envolve o material genético. O genoma do HPV é constituído por DNA circular de dupla fita e encontra-se organizado em três regiões principais. A região tardia (L) inclui os genes L1 e L2, responsáveis pela formação do capsídeo viral e por processos relacionados à entrada do vírus na célula hospedeira (Dourado *et al*., 2025).

A região precoce (E) compreende até oito genes (E1 a E8), que desempenham funções essenciais no ciclo viral, como a replicação do DNA viral (E1 e E2), regulação da transcrição (E2), montagem e liberação de partículas virais (E4), além da modulação do ciclo celular e transformação celular, especialmente mediadas pelas proteínas E5, E6 e E7. Essas últimas estão diretamente associadas ao potencial oncogênico do vírus, pois interferem em mecanismos de controle do crescimento celular. Por fim, a região conhecida como LCR (*Long Control Region*) não codifica proteínas, mas possui papel regulador fundamental, contendo

elementos responsáveis pela ligação de fatores de transcrição celulares e virais, controlando assim a expressão gênica do HPV. Além disso, a proteína L1 é altamente conservada entre os diferentes tipos de HPV e é amplamente utilizada na classificação viral e no desenvolvimento de vacinas profiláticas, enquanto a L2 participa de etapas importantes da infecção, como a internalização do vírus na célula (Dourado *et al*., 2025; Foy, 2023).

Com mais de 200 tipos já identificados, o HPV é classificado em duas categorias principais: os de baixo risco oncogênico, que incluem os tipos 6, 11, 40, 42, 43, 44, 54, 61, 70, 72, 81 e 99; e os de alto risco oncogênico, que englobam os tipos 16, 18, 58, 33, 45, 31, 52, 35, 51, 56, 66 e 68. Destaca-se que o HPV 16 possui variantes com diferentes potenciais oncogênicos, evidenciando a complexidade e a diversidade desse vírus (Da Rocha *et al*., 2026). Entre os tipos de alto risco, destacam-se especialmente os HPV 16 e 18, enquanto outros possuem menor capacidade de desenvolver lesões cancerosas (Da Costa *et al*., 2024).

A principal via de transmissão do HPV ocorre por meio da atividade sexual, especialmente pelo contato direto com pele e mucosas infectadas durante relações vaginais, anais ou orais. No entanto, a disseminação do vírus também pode ocorrer por contato direto com áreas contaminadas, além da autoinoculação, quando o próprio indivíduo transfere o vírus de uma região do corpo para outra. Ademais, durante o parto, pode ocorrer a transmissão vertical da mãe para o recém-nascido, o que, em alguns casos, pode levar ao desenvolvimento de lesões cutaneomucosas ou à papilomatose laríngea, uma condição caracterizada pelo crescimento de verrugas nas vias respiratórias (INCA, 2024).

A infecção pelo Papilomavírus Humano (HPV) é predominantemente adquirida por meio do contato sexual, afetando a pele e as mucosas das regiões anogenitais e orofaríngeas. Após a exposição, o vírus penetra nas células basais do epitélio através de microlesões, iniciando seu ciclo infeccioso. Em muitos casos, a infecção permanece assintomática, evoluindo para um estado de latência no qual o vírus persiste no organismo sem causar alterações clínicas aparentes. Durante esse período, que pode durar meses ou anos, o sistema imunológico do hospedeiro frequentemente consegue eliminar o vírus, caracterizando uma infecção transitória. Fatores como idade, estado imunológico, tabagismo e coinfecções podem influenciar a capacidade do organismo de controlar a infecção (Silva *et al*., s. d.).

Entretanto, quando a resposta imunológica não é suficiente para eliminar o vírus, a infecção pode se tornar persistente, especialmente nos casos envolvendo tipos de alto risco oncogênico, como os HPV 16 e 18. Essa persistência está diretamente relacionada ao desenvolvimento de lesões pré-cancerosas, como as neoplasias intraepiteliais cervicais (NIC), que podem evoluir de graus leves a formas mais graves com maior potencial de malignização. Na ausência de diagnóstico e tratamento adequados, essas lesões podem progredir para câncer invasivo, sendo o câncer do colo do útero o mais frequentemente associado ao HPV, embora outros sítios, como região anal, vulvar, vaginal, peniana e orofaríngea, também possam ser acometidos. Apesar desse potencial, estima-se que cerca de 90% das infecções por HPV sejam eliminadas espontaneamente pelo sistema imunológico em até dois anos, sem necessidade de intervenção clínica, reforçando a importância da imunidade do hospedeiro na evolução da infecção (Silva *et al*., s. d.).

3 VACINAS CONTRA O HPV E MECANISMOS DE IMUNOGENICIDADE

A infecção pelo papilomavírus humano (HPV) constitui um importante problema de saúde pública, estando associada ao desenvolvimento de diversas neoplasias, especialmente o câncer do colo do útero (WHO, 2022).

Diante disso, a vacinação configura-se como uma importante estratégia de saúde pública para a redução do câncer cervical. Embora possa ser administrada em diferentes faixas etárias, sua aplicação é prioritariamente direcionada a crianças e adolescentes, pois apresenta maior eficácia quando realizada antes do início da vida sexual. Além disso, a resposta imunológica à vacina pode ser influenciada por diversos fatores, como idade, estado imunológico do indivíduo, número de doses administradas, intervalo entre as doses e o tempo pós-vacinal, os quais podem impactar diretamente na eficácia da imunização (Hirosaki *et al*., 2022).

As vacinas contra o papilomavírus humano atualmente disponíveis são produzidas a partir de partículas semelhantes ao vírus (VLPs), formadas principalmente pela proteína L1, que compõe o capsídeo viral. Essas estruturas reproduzem a forma do vírus, porém não possuem material genético, o que impede sua replicação. Como o material genético viral é essencial para a produção de proteínas envolvidas na infecção, replicação e formação de novos vírions, sua ausência garante que as VLPs mantenham a capacidade de estimular o sistema imunológico sem causar infecção (Silva, 2024).

A vacinação contra o HPV é considerada a forma mais eficaz de prevenção da infecção (Brasil, 2026). No Brasil, o SUS indica a vacinação para indivíduos de 9 a 14 anos, uma vez que essa fase representa um período ideal para a imunização, pois a eficácia da vacina é maior quando aplicada antes da exposição ao vírus (Da Costa *et al*., 2024). Embora não ofereça proteção contra todos os tipos do vírus, contempla os subtipos mais comuns, como 6, 11, 16 e 18. Sua indicação abrange diferentes públicos, com esquemas vacinais definidos de acordo com cada grupo (Brasil, 2026).

Nesse contexto, diferentes vacinas contra o HPV foram desenvolvidas ao longo dos anos. A primeira vacina introduzida no mercado foi a Cervarix, nos anos 2000, demonstrando alta eficácia na prevenção de lesões associadas à infecção. Posteriormente, a Gardasil 4, também conhecida como quadrivalente, passou a ser disponibilizada gratuitamente pelo SUS, tornando-se uma importante ferramenta na prevenção de infecções causadas pelo papilomavírus humano. No setor privado, também está disponível a Gardasil 9, sendo que as principais diferenças entre essas vacinas estão apresentadas na tabela 1 (Silva *et al*., 2024).

Tabela 1. Comparação geral entre vacinas contra HPV utilizadas no Brasil

VACINAS	Cervarix (bivalente)	Gardasil 4 (quadrivalente)	Gardasil 9 (nonavalente)
COBERTURA DE TIPOS HPV	16 e 18	6, 11, 16, 18	6, 11, 16, 18, 31, 33, 45, 52, 58
PRINCIPAL FINALIDADE	Prevenção de lesões precursoras de câncer	Prevenção de câncer e verrugas genitais	Proteção ampliada contra câncer e verrugas
FAIXA ETÁRIA INDICADA	10 a 25 anos	9 a 45 anos	9 a 45 anos

DESEMPENHO CLÍNICO	Elevada proteção para tipos oncogênicos	Proteção eficaz contra tipos de baixo e alto risco	Maior abrangência de proteção viral
CUSTO ESTIMADO	Menor custo	Custo intermediário	Custo mais elevado
REGULAÇÃO	Autorizada	Autorizada	Autorizada

Fonte: Adaptado de SILVA et al. (2024).

A recomendação para essa faixa etária deve-se ao fato de que, durante a infância e a adolescência, o sistema imunológico ainda está em desenvolvimento, apresentando maior imunogenicidade, o que favorece uma resposta mais eficiente à vacina, especialmente por ainda não ter havido exposição ao vírus. Embora adultos também possam desenvolver resposta imunológica eficaz, o pico de eficiência ocorre no início da adolescência, resultando em uma proteção mais duradoura. Por esse motivo, as campanhas de vacinação são direcionadas prioritariamente a essa faixa etária (Silva *et al*., 2024).

Para crianças e adolescentes de 9 a 14 anos, é recomendada dose única. Já indivíduos imunossuprimidos, incluindo pessoas vivendo com HIV/aids, transplantados e pacientes oncológicos, devem receber três doses, administradas nos intervalos de 0, 2 e 6 meses a partir da primeira aplicação. Vítimas de abuso sexual entre 9 e 14 anos recebem duas doses (0 e 6 meses), enquanto aquelas entre 15 e 45 anos seguem o esquema de três doses. Além disso, pessoas com papilomatose respiratória recorrente (PRR), a partir dos 2 anos, e usuários de profilaxia pré-exposição ao HIV (PrEP), entre 15 e 45 anos, também devem receber três doses no esquema de 0, 2 e 6 meses (Brasil, 2026).

O sistema imunológico é indispensável para a manutenção da homeostase do organismo, exercendo papel central no controle da infecção pelo HPV. As alterações no microambiente e nas interações entre queratinócitos infectados e células imunes locais são fatores determinantes para a evolução da infecção e para o processo de carcinogênese associado ao vírus (Francelino *et al*., 2022).

Nesse contexto, a resposta imunológica induzida pelas partículas semelhantes ao vírus (VLPs) resulta na produção de anticorpos neutralizantes específicos para a proteína L1, principal componente do capsídeo viral. Esses anticorpos ligam-se ao vírus e impedem sua interação com os receptores das células epiteliais, bloqueando a adesão e a entrada do HPV. Dessa forma, o processo infeccioso é interrompido nas fases iniciais, e os anticorpos gerados pela vacinação atuam como uma barreira protetora eficiente, garantindo imunidade contra os sorotipos incluídos na formulação vacinal (Reuschenbach, 2023).

Além das vacinas profiláticas, as vacinas terapêuticas atuam estimulando o sistema imunológico a reconhecer e combater células tumorais. Nesse contexto, os inibidores de *checkpoints* imunológicos bloqueiam receptores inibitórios, favorecendo a ativação das células imunes contra o tumor. As células cancerígenas associadas ao HPV apresentam características imunológicas específicas, o que pode influenciar sua resposta a esse tipo de terapia. Ademais, essas vacinas promovem a ativação e proliferação de linfócitos T citotóxicos, capazes de reconhecer e destruir células tumorais que expressam antígenos virais, como as proteínas E6 e E7. Para que essa resposta ocorra de forma eficaz, é necessário que o antígeno seja inicialmente apresentado por células apresentadoras de antígeno (APCs), desencadeando a ativação de linfócitos T específicos (Ji *et al*., 2024).

A imunogenicidade refere-se à capacidade de um epítopo induzir uma resposta imunológica, seja pela produção de anticorpos ou pela ativação de linfócitos T citotóxicos. Na infecção pelo papilomavírus humano (HPV), essa resposta costuma ser tardia e inconsistente, uma vez que o vírus apresenta baixa capacidade imunogênica. Diversos fatores contribuem para essa limitação, dentre eles o fato de que a replicação viral ocorre predominantemente nas camadas superficiais do epitélio, com pouco acesso do sistema imunológico do hospedeiro, além da baixa indução de resposta inflamatória e da limitada ativação de células apresentadoras de antígeno (Goodman *et al*., 2022).

Além disso, a resposta imunológica à vacinação contra o HPV pode ser influenciada por fatores como idade, estado imunológico do indivíduo, número de doses administradas, intervalo entre as doses e fatores genéticos. Indivíduos mais jovens tendem a apresentar maior imunogenicidade, enquanto pessoas imunossuprimidas podem apresentar resposta reduzida. Da mesma forma, esquemas vacinais completos e o tempo após a imunização estão diretamente relacionados à magnitude e à duração da resposta imune (Markowitz *et al*., 2016; Schiller; Lowy, 2018).

4 IMPACTOS DA VACINAÇÃO CONTRA O HPV EM MULHRES NO BRASIL E O PAPEL DA BIOMEDICINA NESTE CENÁRIO

A vacinação contra o Papilomavírus Humano constitui uma das principais estratégias de prevenção primária do câncer do colo do útero. Dados do DATASUS indicam que, desde sua incorporação ao Programa Nacional de Imunizações (PNI), a cobertura vacinal já alcançou mais da metade da população-alvo. Entretanto, ainda persistem importantes desafios para sua ampliação, incluindo hesitação vacinal, barreiras de acesso aos serviços de saúde e desigualdades socioeconômicas (De Souza *et al*., 2026).

Nesse contexto, a região Norte apresenta, em 2025, os menores índices de cobertura vacinal do país, o que pode estar relacionado à extensa área territorial, à dispersão populacional, às dificuldades logísticas de acesso às unidades de saúde e à manutenção da cadeia de frio. Além disso, fatores socioculturais também influenciam a adesão à vacinação, contribuindo para a heterogeneidade da cobertura no território nacional (De Souza *et al*., 2026).

A cobertura vacinal corresponde à proporção da população-alvo que recebe determinada vacina em um intervalo de tempo específico, configurando-se como um importante indicador para o controle e a erradicação de doenças infecciosas. Tal indicador está diretamente relacionado à promoção da imunidade coletiva, também denominada imunidade de grupo, a qual possibilita a proteção indireta de indivíduos não vacinados, especialmente aqueles com comprometimento do sistema imunológico. Nesse contexto, níveis elevados de cobertura vacinal desempenham papel fundamental na prevenção de surtos e epidemias, consolidando-se como uma das principais estratégias de saúde pública (Herdade *et al*., 2024).

De acordo com dados do Ministério da Saúde, a estimativa de novos casos de câncer do colo do útero no Brasil passou de 15.590 em 2014 para 16.710 em 2022. Em relação à mortalidade, foram registrados 6.385 óbitos em 2017, com taxa bruta de 6,17 por 100 mil mulheres, enquanto em 2020 esse número atingiu

6.627 óbitos, correspondendo a uma taxa de 6,12 por 100 mil mulheres. Considerando a história natural da doença, caracterizada por evolução lenta, com duração média entre 10 e 20 anos, observa-se que as primeiras coortes vacinadas ainda se encontram no início da vida adulta. Dessa forma, essas mulheres ainda não atingiram a faixa etária de maior incidência da doença no país, situada em torno dos 45 anos (Silva *et al*., 2020).

Assim, ainda não é possível observar plenamente os efeitos da vacinação contra o HPV na redução dos casos de câncer do colo do útero no Brasil, em razão

do longo período de desenvolvimento da doença. Em contrapartida, evidências provenientes de outros países já demonstram resultados consistentes. Na Inglaterra, onde a vacinação foi introduzida em 2008, um estudo evidenciou redução de cerca de 87% na incidência do câncer do colo do útero, confirmando a alta eficácia dessa estratégia preventiva (Falcaro *et al*., 2021).

No contexto brasileiro, a introdução da vacina contra o HPV no Programa Nacional de Imunizações (PNI) tem demonstrado impacto relevante na indução de imunidade populacional, com evidências de soroconversão elevada após o esquema vacinal completo. Estudos indicam que a imunogenicidade da vacina é particularmente elevada em indivíduos vacinados antes da exposição ao vírus, reforçando a importância da imunização precoce como determinante de eficácia (INCA, 2023).

Evidências internacionais demonstram que a vacinação contra o HPV promove resposta imunológica duradoura, com manutenção de títulos elevados de anticorpos por períodos prolongados, além da indução de memória imunológica, o que garante proteção sustentada contra reinfecções (Drolet *et al*., 2019). Essa resposta é significativamente mais intensa do que a observada na infecção natural, que frequentemente não confere imunidade protetora adequada.

Adicionalmente, estudos populacionais demonstram que a elevada imunogenicidade das vacinas está associada à redução significativa da circulação de genótipos oncogênicos do HPV, bem como à diminuição da incidência de lesões intraepiteliais cervicais de alto grau, reforçando a relação entre resposta imune induzida e proteção clínica efetiva (Brisson *et al*., 2020).

No Brasil, apesar de desafios relacionados à cobertura vacinal, observa-se tendência de impacto positivo progressivo da imunização, especialmente em coortes mais jovens, nas quais a resposta imunológica à vacina é mais robusta e duradoura, uma vez que a imunogenicidade do HPV é significativamente maior quando a vacinação ocorre antes da exposição ao vírus (WHO, 2023). Esse cenário reforça a importância da avaliação contínua da imunogenicidade da vacina no contexto populacional.

A Biomedicina desempenha papel essencial na avaliação imunogênica da vacina contra o HPV, atuando diretamente na mensuração da resposta imunológica induzida pela vacinação. Nesse contexto, destacam-se técnicas laboratoriais como os ensaios sorológicos Ensaio de Imunoabsorção Enzimática (ELISA), utilizados na quantificação de anticorpos neutralizantes, e métodos moleculares, como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR). empregados na detecção e monitoramento da infecção pelo HPV (Ministério da Saúde, 2023).

Além disso, o biomédico participa da análise da resposta imune humoral, contribuindo para a avaliação dos níveis de anticorpos IgG anti-HPV e sua persis-

tência ao longo do tempo, aspectos fundamentais para a compreensão da durabilidade da proteção conferida pela vacina (WHO, 2023).

No âmbito da vigilância epidemiológica, a Biomedicina também atua no monitoramento da prevalência dos diferentes genótipos do HPV, permitindo correlacionar a resposta imunológica populacional com a redução da circulação viral e com o impacto das estratégias de imunização (PAHO, 2022).

Esse monitoramento é fundamental para a avaliação da efetividade real dos programas de vacinação em nível populacional, especialmente em contextos de implementação progressiva de políticas públicas de imunização (Brisson *et al*., 2020).

Adicionalmente, a atuação biomédica se estende à pesquisa científica, incluindo estudos de imunogenicidade, avaliação da resposta vacinal em diferentes faixas etárias e análise de fatores que podem influenciar a resposta imunológica, como estado imunológico e esquema vacinal (WHO, 2023).

Dessa forma, a Biomedicina consolida-se como área estratégica na avaliação imunogênica da vacina contra o HPV, integrando diagnóstico laboratorial, pesquisa e vigilância em saúde, contribuindo diretamente para o aprimoramento das políticas de imunização e para a prevenção do câncer do colo do útero (INCA, 2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a vacina contra o Papilomavírus Humano (HPV) constitui uma estratégia relevante de saúde pública, sendo capaz de induzir resposta imunológica eficaz em mulheres no Brasil. Ao longo deste trabalho, verificou-se que a imunização promove a produção de anticorpos neutralizantes e o estabelecimento de memória imunológica, fatores essenciais para a proteção contra a infecção viral. Observou-se, ainda, que a vacinação realizada antes da exposição ao vírus apresenta melhores resultados, reforçando a importância da adesão ao esquema vacinal na faixa etária recomendada.

No que se refere aos impactos epidemiológicos, constatou-se que a vacinação contra o HPV contribui para a redução da circulação viral e para a diminuição de lesões precursoras do câncer do colo do útero. Embora os efeitos completos sobre a incidência dessa neoplasia ainda dependam de maior período de observação no Brasil, os dados já disponíveis indicam resultados promissores. Dessa forma, os objetivos propostos foram alcançados, uma vez que foi possível compreender a relação entre imunogenicidade vacinal e prevenção de agravos associados ao HPV.

Por fim, destaca-se a importância da Biomedicina no fortalecimento das estratégias de prevenção, por meio da atuação em análises laboratoriais, estudos moleculares e vigilância epidemiológica. O profissional biomédico exerce papel fundamental no monitoramento da eficácia vacinal e no acompanhamento dos genótipos virais circulantes, contribuindo para o aprimoramento das políticas públicas. Sugere-se, para estudos futuros, a ampliação de pesquisas sobre duração da imunidade, cobertura vacinal em diferentes regiões brasileiras e impactos a longo prazo na saúde da mulher.

Referências

DA COSTA, Barbara Machado *et al.* A eficácia da vacina do HPV no Brasil. **Brazilian Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 25, p. e110-e110, 2024.

DA ROCHA, Willker Menezes et al. Variabilidade genômica do Papilomavírus Humano (HPV) e interações vírus-hospedeiro como determinantes da persistência viral e da transformação oncogênica: revisão sistemática. **Cadernos Cajuína**, v. 11, n. 4, p. e2374-e2374, 2026.

DE SOUZA, Erick Rian Coutinho et al. Imunização contra o papilomavírus humano (HPV) no Brasil: revisão de escopo sobre desafios e estratégias na cobertura vacinal. **Ensaios USF**, v. 10, n. especial, 2026.

DOURADO, Rarissa Brito; STADNIK, Lara Chagas; OLIVEIRA, Larissa Carvalho. Do vírus ao câncer: aspectos moleculares da infecção por HPV e a progressão para neoplasia cervical invasiva. **Journal Archives of Health**, v. 6, n. 4, p. e2961-e2961, 2025.

FALCARO, M. et al. The effects of the national HPV vaccination programme in England, UK, on cervical cancer and grade 3 cervical intraepithelial neoplasia incidence: a register-based observational study. **The Lancet**, v. 398, n. 10316, p. 2084-2092, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02178-4. Acesso em: 28 abr. 2026.

FOY, J. P. Human papillomavirus (HPV) infections and innate immunity. **Journal of Virology Research**, 2023. Disponível em: https://www.alliedacademies.org/articles/human-papillomavirus-hpv-infections-and-innate-immunity-23622.html. Acesso em: 28 abr. 2026.

FRANCELINO, Alana Oliveira et al. **A imunoterapia com uso da vacinação contra o HPV na prevenção do câncer de colo de útero:** uma revisão sistemática. 2022.

GOODMAN, E.; REUSCHENBACH, M.; KAMINSKI, A.; RONNEBAUM, S. Human Papillomavirus Vaccine Impact and Effectiveness in Six High-Risk Populations: A Systematic Literature Review. **Vaccines** (Basel), v. 10, n. 9, p. 1543, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.3390/vaccines10091543. Acesso em: 28 abr. 2026.

HERDADE, Ester Vieira; GONÇALVES, Nylza Maria Tavares; ANDRADE, Leonardo Guimarães de. A cobertura vacinal no Brasil: impacto das fake news e desafios atuais. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 11, p. 8161-8174, 2024. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/17141. Acesso em: 28 abr. 2026.

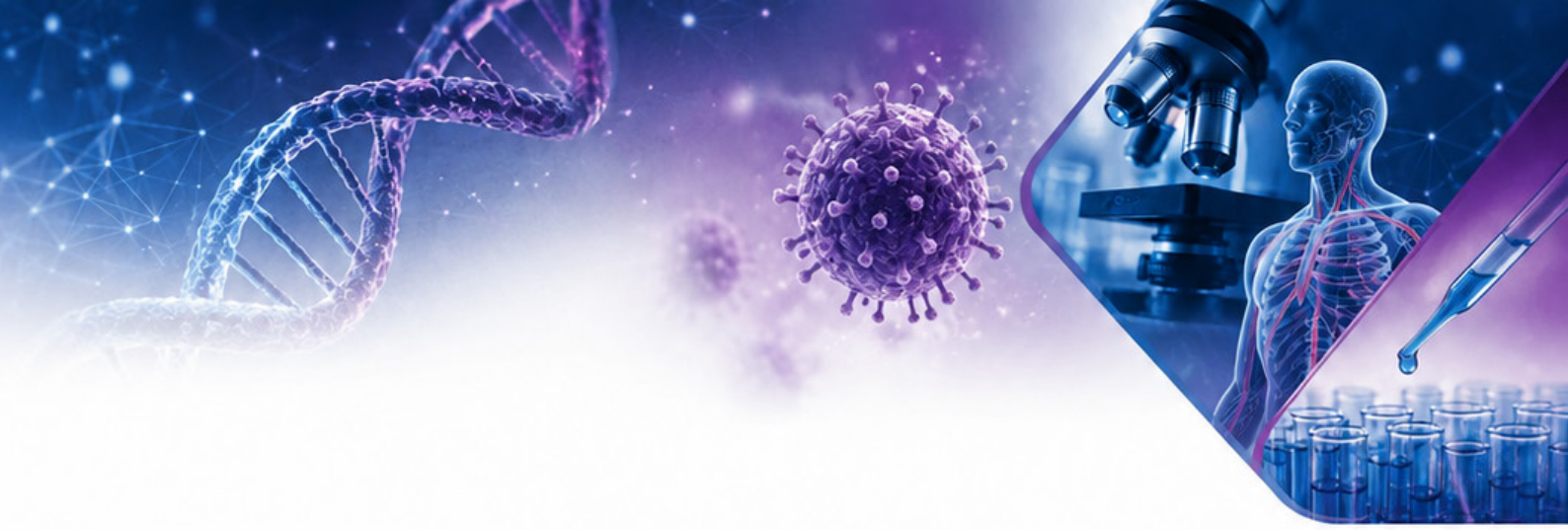
HIROSAKI, Leonardo Carvalheira et al. Importância da vacinação contra o HPV e os entraves à adesão pelo público-alvo. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 3, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.34119/bjhrv5n3-014. Acesso em: 28 abr. 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE CÂNCER (INCA). **HPV e câncer do colo do útero. Rio de Janeiro:** INCA, 2024. Disponível em: https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/colo-do-utero/hpv-e-cancer-do-colo-do-utero. Acesso em: 28 abr. 2026.

JI, T.; LIU, Y.; LI, Y. et al. Viral vector-based therapeutic HPV vaccines. **Clinical and Experimental Medicine**, v. 24, p. 199, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10238-024-01470-5. Acesso em: 28 abr. 2026.

SILVA, Rafaela Neves; ANACLETO, Arthur Augusto Sá; CLÁUDIO, Saulo Henrique Nascimento; LEMES, Bárbara Garibaldi. HPV. In: **Ginecologia e obstetrícia**. 12. ed. Belo Horizonte: Editora Pasteur, [s.d.].

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Human papillomavirus and cancer**. Geneva: WHO, 2024. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/human-papilloma-virus-and-cancer. Acesso em: 28 abr. 2026.



Capítulo 5

A TELOMERASE COMO BIOCATALIZADOR DA LONGEVIDADE E SEU IMPACTO NA SENESCÊNCIA CELULAR: PERSPECTIVAS E DESAFIOS PARA O RETARDO DO ENVELHECIMENTO

TELOMERASE AS A BIOCATALYST OF LONGEVITY AND ITS IMPACT ON CELLULAR SENESCENCE: PERSPECTIVES AND CHALLENGES FOR DELAYING AGING

Ellen Caroline Dos Santos Bento[1]

Ariadina Rakell Silva De Carvalho[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

Ramilly Fernandes Borges[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Tailane Kaynan da Silva Sousa[1]

Vanessa Alves Agustinho[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

A telomerase desempenha papel fundamental na manutenção dos telômeros e na estabilidade replicativa celular, sendo amplamente investigada como possível ferramenta terapêutica no retardo do envelhecimento e na medicina regenerativa. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar, à luz da literatura científica contemporânea, a eficácia da telomerase como biocatalisador da longevidade, bem como discutir as principais barreiras fisiológicas e bioéticas relacionadas à sua aplicação clínica. Tratou-se de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo e descritivo, desenvolvida a partir da análise de artigos científicos e publicações indexadas relacionadas à biologia telomérica, senescência celular, oncogênese e terapias gênicas. Os estudos analisados demonstraram que a modulação da telomerase apresenta potencial promissor para a preservação da homeostase celular e para o prolongamento da funcionalidade tecidual. Entretanto, a mesma atividade enzimática associada à manutenção dos telômeros também participa de mecanismos envolvidos na imortalidade replicativa tumoral, configurando um importante paradoxo biológico. Além disso, limitações relacionadas à biodistribuição, seletividade tecidual, entrega direcionada e controle da atividade enzimática ainda restringem a viabilidade clínica dessas abordagens. Paralelamente, observaram-se discussões bioéticas acerca dos limites da intervenção humana no envelhecimento, da segurança terapêutica e do acesso desigual a futuras tecnologias antienvelhecimento. Concluiu-se que, embora a telomerase represente uma perspectiva relevante para a medicina regenerativa, sua aplicação clínica ainda enfrenta desafios científicos e éticos significativos, permanecendo majoritariamente restrita ao campo experimental. Por outro lado, as intervenções não farmacológicas fundamentadas no estilo de vida, como a prática regular de exercícios físicos, o manejo nutricional e a adequada higiene do sono, consolidaram-se na atualidade como as estratégias mais acessíveis, seguras e clinicamente comprovadas para mitigar o desgaste telomérico, promovendo a longevidade com vitalidade e integridade fisiológica.

Palavras-chave: Telomerase 1. Envelhecimento celular 2. Telômeros 3. Longevidade 4. Senescência 5.

Abstract

Telomerase plays a fundamental role in the maintenance of telomeres and in cellular replicative stability, and it is widely investigated as a potential therapeutic tool for delaying aging and in regenerative medicine. In this context, the present work aimed to analyze, in light of contemporary scientific literature, the effectiveness of telomerase as a biocatalyst of longevity, as well as to discuss the main physiological and bioethical barriers related to its clinical application. It was a qualitative and descriptive bibliographic review, developed based on the analysis of scientific articles and indexed publications related to telomeric biology, cellular senescence, oncogenesis, and gene therapies. The analyzed studies demonstrated that telomerase modulation shows promising potential for preserving cellular homeostasis and for prolonging tissue functionality. However, the same enzymatic activity associated with telomere maintenance also participates in mechanisms involved in tumor replicative immortality, constituting an important biological paradox. Furthermore, limitations related to biodistribution, tissue selectivity, targeted delivery, and control of enzymatic activity still restrict

the clinical viability of these approaches. At the same time, bioethical discussions were observed regarding the limits of human intervention in aging, therapeutic safety, and unequal access to future anti-aging technologies. It was concluded that, although telomerase represents a relevant perspective for regenerative medicine, its clinical application still faces significant scientific and ethical challenges, remaining largely restricted to the experimental field. On the other hand, non-pharmacological interventions based on lifestyle, such as regular physical exercise, nutritional management, and proper sleep hygiene, have currently established themselves as the most accessible, safe, and clinically proven strategies to mitigate telomeric wear, promoting longevity with vitality and physiological integrity.

***Keywords*:** Telomerase 1. Cellular aging 2. Telomeres 3. Longevity 4. Senescence 5.

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento celular é um processo biológico inevitável, caracterizado pelo declínio progressivo das funções fisiológicas do organismo. No centro desse mecanismo genético encontram-se os telômeros, estruturas proteicas que protegem as extremidades dos cromossomos durante a divisão celular. Com o passar do tempo e as sucessivas replicações, essas estruturas sofrem um desgaste natural, atingindo um limite crítico que induz a célula à senescência. Na busca por compreender se é possível contornar ou reverter esse esgotamento celular, a ciência voltou suas atenções para um mecanismo específico: a enzima telomerase. Essa ribonucleoproteína ganha destaque na biologia molecular justamente por possuir a capacidade de sintetizar e repor o DNA telomérico perdido, atuando como um potencial regulador do tempo de vida da célula.

A justificativa para a investigação desse tema baseou-se no fato de que a busca contemporânea por longevidade transcende o simples aumento da expectativa de vida, refletindo um anseio universal por saúde e bem-estar. Atualmente, a sociedade demonstra uma preocupação crescente em prolongar a vida de maneira funcional e confortável, evitando que o avanço da idade seja sinônimo de adoecimento crônico. Além da preservação da saúde sistêmica, há também um forte apelo pela manutenção da estética e pelo retardo dos sinais visíveis do tempo. Dessa forma, o estudo da telomerase apresenta um impacto significativo, pois abre precedentes teóricos para futuras intervenções terapêuticas que não apenas previnem doenças degenerativas, mas que também promovam um envelhecimento com vitalidade, garantindo que o indivíduo se sinta e se mantenha biologicamente mais jovem.

Apesar do potencial promissor da modulação telomérica para promover esse envelhecimento com vitalidade, a manipulação dessa enzima apresenta um alto nível de complexidade biológica e moral. A reativação da telomerase em células somáticas esbarra em um delicado paradoxo oncológico, visto que a imortalidade celular é uma característica intrínseca de processos tumorais. Além dos riscos fisiológicos, o prolongamento artificial da vida humana levanta questionamentos bioéticos profundos sobre os limites da ciência e o acesso a essas inovações. Nesse contexto, o presente estudo foi norteado pelo seguinte problema de pesquisa: como a literatura científica contemporânea descreve a eficácia

da telomerase como biocatalisador da longevidade e quais são as principais barreiras éticas e fisiológicas para sua aplicação?

Para responder a essa problemática, estabeleceu-se como objetivo geral analisar o potencial da enzima telomerase no retardo da senescência celular e seu impacto na longevidade humana. De forma específica, o trabalho buscou descrever o papel dos telômeros e o funcionamento da telomerase no envelhecimento das células. Pretendeu-se também apontar as limitações biológicas e os dilemas éticos que envolvem a prolongação da vida de forma artificial. Por fim, o estudo buscou destacar que, enquanto a ciência ainda enfrenta barreiras para o uso clínico dessa enzima, o estilo de vida saudável já se apresenta como uma via acessível e comprovada para influenciar a manutenção dos telômeros, retardando o seu encurtamento de forma natural. Para alcançar esses objetivos, o trabalho foi estruturado em três capítulos: o primeiro aborda a Biologia Celular da Senescência e a Ação da Telomerase; o segundo analisa os Desafios Fisiológicos e a Barreira da Tumorigênese; por fim, o terceiro discute os Dilemas Bioéticos e as Perspectivas Atuais.

Quanto à metodologia, a presente pesquisa caracterizou-se como uma revisão bibliográfica de caráter descritivo e qualitativo. O levantamento de dados foi realizado por meio de buscas criteriosas em bases científicas e acervos bibliográficos digitais, com destaque para o Google Acadêmico, Portal de Periódicos da CAPES, PubMed/National Library of Medicine (NLM) e periódicos científicos internacionais de alto impacto, incluindo revistas da Nature, utilizando descritores como “telomerase”, “envelhecimento celular”, “telômeros” e “longevidade”. Para a construção do referencial teórico, foram priorizados artigos científicos publicados nos últimos dez anos e livros de referência atualizados, abrindo-se exceção para estudos clássicos e marcos históricos fundamentais da biologia telomérica, amplamente reconhecidos como bases conceituais da área, especialmente aqueles relacionados à descoberta da enzima telomerase. Essa abordagem permitiu reunir evidências científicas contemporâneas sem desconsiderar contribuições históricas essenciais para a compreensão dos mecanismos envolvidos no envelhecimento celular, assegurando embasamento teórico e rigor científico às discussões propostas.

2 BIOLOGIA CELULAR DA SENESCÊNCIA E A AÇÃO DA TELOMERASE

2.1 Os telômeros e o envelhecimento celular

Os telômeros são estruturas especializadas localizadas nas extremidades dos cromossomos lineares. Especificamente no genoma humano, eles são formados pela repetição contínua do padrão de bases nitrogenadas TTAGGG, compondo milhares de cópias em cada telômero. A função primordial dessas estruturas é atuar como capas protetoras que evitam a degradação do material genético e impedem que as pontas dos cromossomos se fundam umas às outras. Para garantir essa proteção estrutural, os telômeros associam-se a um conjunto de proteínas específicas, conhecido como complexo *shelterin*. Esse complexo proteico atua como um escudo que não apenas estabiliza a extremidade telomérica, mas também sinaliza à célula que as pontas do DNA são terminações normais e não quebras na fita dupla que exigiriam reparo imediato. Para a biologia celular, essa

estabilidade é essencial, pois garante que a informação genética permaneça intacta durante os processos de manutenção do organismo (Lim; Cech, 2021).

Contudo, durante as sucessivas divisões celulares exigidas para essa manutenção, o processo enfrenta um desafio biológico conhecido como o "problema da replicação das extremidades". Conforme apontado por Elizabeth Blackburn, Elissa Epel e Jue Lin (2015), a maquinaria geral de replicação do DNA não possui a capacidade de copiar integralmente as pontas dos cromossomos lineares. Isso ocorre porque as DNA polimerases, responsáveis por sintetizar a nova fita, exigem obrigatoriamente um iniciador (primer) de RNA para iniciar o processo. Ao final da replicação, esse primer da extremidade é removido e não pode ser substituído, resultando inevitavelmente em uma lacuna de nucleotídeos não copiados. Como resultado, a cada ciclo de divisão, ocorre um encurtamento progressivo dessas estruturas, funcionando como um relógio biológico que determina a vida útil da célula.

Esse processo de interrupção definitiva das divisões celulares é tecnicamente denominado Limite de *Hayflick*. Segundo esse conceito, as células somáticas humanas possuem uma capacidade proliferativa finita, o que significa que podem se dividir apenas um número determinado de vezes ao longo da vida. Quando o encurtamento dos telômeros atinge um nível crítico, a célula entra em um estado de senescência replicativa, permanecendo metabolicamente ativa, porém incapaz de gerar novas células. Além da cessação da mitose, essas células senescentes sofrem alterações fenotípicas profundas e passam a secretar mediadores inflamatórios no microambiente tecidual um processo designado como fenótipo secretor associado à senescência (SASP). O acúmulo dessas células senescentes e a persistência da sinalização inflamatória via SASP contribuem diretamente para a degradação funcional dos tecidos com o avanço da idade. Portanto, o Limite de *Hayflick* representa o cronômetro biológico que regula o envelhecimento dos tecidos e, consequentemente, a longevidade do organismo (Pizzul; Rinaldi; Bonetti, 2023; Wang *et al*., 2024).

2.2 A enzima telomerase e o seu mecanismo

O estado de senescência imposto pelo encurtamento dos telômeros não é uma regra absoluta para todos os tecidos. Para contornar essa exaustão replicativa, o organismo dispõe de um mecanismo de reparo especializado: a telomerase, um complexo enzimático ribonucleoproteico que possui a característica singular de sintetizar o DNA telomérico a partir de um molde próprio. Estruturalmente, ela é composta por dois elementos fundamentais: uma subunidade catalítica proteica com atividade de transcriptase reversa e um componente de RNA não codificante, que atua como molde para o alongamento da fita (Blackburn; Epel; Lin, 2015). Diferente das polimerases convencionais que dependem da fita de DNA oposta para realizar a cópia, este complexo carrega consigo sua própria sequência de orientação. Essa autonomia estrutural permite que a telomerase atue de forma independente na extremidade do cromossomo, estendendo a fita simples de DNA para que, posteriormente, a maquinaria celular comum possa completar a síntese da fita complementar.

A partir dessa base estrutural, a enzima atua diretamente na manutenção genômica, reconhecendo as extremidades cromossômicas encurtadas e adicio-

nando as repetições nucleotídicas necessárias para a sua estabilização. No organismo humano, a atividade telomerásica é fisiologicamente concentrada em linhagens que demandam alta capacidade proliferativa, como as células germinativas e as células-tronco. Essa seletividade biológica é fundamental, pois garante que as células responsáveis pela formação de novos gametas e pela renovação dos tecidos básicos mantenham sua integridade genética por muito mais tempo. Em contrapartida, ela permanece reprimida na maioria das células somáticas adultas, fator que justifica o desgaste progressivo desses tecidos e o processo de senescência ao longo da vida (Oliveira, 2020).

Essa manutenção telomérica ocorre por meio do pareamento entre o molde de RNA da enzima e a extremidade do DNA telomérico. A partir desse encaixe, a telomerase promove a adição sequencial de bases, repetindo a sequência característica TTAGGG (Pernambuco *et al*., 2024). Esse ciclo de reconhecimento e extensão permite que a enzima restaure a integridade estrutural do telômero, evitando que as terminações dos cromossomos sejam interpretadas pela célula como danos ao DNA que necessitariam de reparo. Esse processo de síntese compensa o encurtamento natural que ocorre a cada divisão celular, garantindo que o cromossomo permaneça estável e continue protegendo as informações genéticas contra instabilidades.

A partir dessa perspectiva de preservação genômica, a ativação da telomerase é discutida na literatura como uma estratégia promissora para o rejuvenescimento celular. A hipótese central é que, ao restaurar o comprimento dos telômeros, seria possível retardar o relógio biológico da célula e adiar a entrada em senescência. Conforme apontaram os estudos de Guilherme Cé *et al*. (2022), uma célula com telomerase ativa teria o potencial de ultrapassar o Limite de *Hayflick*, mantendo a capacidade de renovação dos tecidos e a funcionalidade do organismo por muito mais tempo.

3 A BARREIRA DA TUMORIGÊNESE E OS DESAFIOS FISIOLÓGICOS

3.1 O paradoxo oncológico

Embora o encurtamento telomérico seja um dos principais mecanismos associados ao envelhecimento, ele atua, simultaneamente, como um dos sistemas mais eficazes de supressão de tumores no organismo humano. Isso ocorre porque telômeros criticamente encurtados passam a ser reconhecidos como danos ao DNA, ativando vias de resposta genômica que envolvem proteínas como p53 (proteína supressora tumoral), a qual induz a expressão de p21 (inibidora de quinases dependentes de ciclina), responsável por bloquear a progressão do ciclo celular por meio da atuação nos pontos de checagem, especialmente na transição da fase G1 para a fase S (Groelly *et al*., 2023). Essa dualidade cria o chamado Paradoxo Oncológico, visto que, ao limitar o número de divisões que uma célula pode realizar, o corpo estabelece uma barreira natural que impede a proliferação descontrolada de linhagens que possam ter sofrido mutações genéticas. Nesse contexto, a senescência replicativa não é apenas uma consequência do tempo, mas uma resposta protetora que interrompe o ciclo celular antes que danos genômicos acumulados evoluam para uma tumorigênese (Li *et al*., 2020). Assim, a ausência de telomerase na maioria das células somáticas configura-se, na verdade, como uma estratégia de segurança evolutiva.

No entanto, o sucesso da oncogênese depende da capacidade da célula neoplásica de subverter essa restrição proliferativa. Por se multiplicarem em um ritmo descontrolado e muito superior ao normal, as células cancerígenas fazem com que seus telômeros atinjam o nível crítico de encurtamento precocemente. Nesse estágio, o organismo enfrenta um ponto de inflexão em que a instabilidade do DNA predispõe a célula à chamada crise telomérica (El Mai *et al*., 2021). Para sobreviver a esse colapso, o tumor promove a reativação anômala da telomerase, um mecanismo de imortalidade replicativa identificado em cerca de 90% dos tumores malignos. Essa reativação pode ocorrer por diferentes mecanismos, sendo frequentes as alterações na regulação do gene TERT (*telomerase reverse transcriptase*), que levam ao aumento da expressão da enzima e à manutenção contínua dos telômeros, mesmo em células geneticamente instáveis. Como resultado, essa estratégia permite que a linhagem tumoral ignore os sinais de morte celular e sustente a sua expansão, transformando o que deveria ser um mecanismo de proteção em uma vantagem adaptativa para o câncer (Li *et al*., 2020).

3.2 Limitações práticas da modulação

A potencial utilização da telomerase na medicina regenerativa fundamenta-se na perspectiva de reverter a senescência celular e estender a funcionalidade biológica dos tecidos. O fundamento dessa abordagem reside no restabelecimento da homeostase celular por meio alongamento artificial dos telômeros, retardando o declínio fisiológico inerente ao envelhecimento. Contudo, essa proposta revela um equilíbrio biológico extremamente rigoroso: a mesma capacidade enzimática necessária para conferir longevidade às células saudáveis é, simultaneamente, o mecanismo essencial que as células malignas utilizam para alcançar a imortalidade replicativa (Partridge; Deelen; Slagboom, 2018).

Essa natureza dual impõe um dos principais desafios ao desenvolvimento de terapias antienvelhecimento, sendo frequentemente descrita como uma “faca de dois gumes”. Evidências recentes indicam que a manipulação dessa enzima requer cautela extrema, uma vez que a manutenção dos telômeros pode favorecer a sobrevivência e a proliferação de células que já carregam mutações silenciosas, permitindo que escapem dos mecanismos de controle do ciclo celular e contribuam para a progressão tumoral (Iskandar *et al*., 2025). Esse risco está diretamente relacionado à regulação da atividade enzimática. Como previamente descrito, essa enzima depende da expressão do gene TERT e da atuação do RNA molde TERC (t*elomerase RNA component*) responsável por fornecer a sequência necessária para a adição das repetições teloméricas e a manutenção dos telômeros. Diante disso, o desafio científico não se limita à reativação da enzima, mas à definição de uma janela terapêutica precisa, capaz de promover o rejuvenescimento celular sem ultrapassar os limites de segurança oncológica.

Para que esse equilíbrio seja efetivamente alcançado na prática clínica, a biotecnologia esbarra em um obstáculo farmacológico significativo: a necessidade de entrega direcionada (*targeted delivery*). Isso se deve ao fato de que a ativação sistêmica da telomerase, embora teoricamente desejável para o rejuvenescimento do organismo como um todo, pode interferir em mecanismos naturais de controle celular, o que exige monitoramento rigoroso e localizado de sua modulação. Sob essa perspectiva, a limitação não reside apenas na ativação da

telomerase em condições in vitro, mas na capacidade de restringir sua atividade a tecidos específicos em sistemas in vivo, onde sua distribuição pelo organismo pode gerar efeitos indesejados (Roberts; Langer; Wood, 2020). Assim, o foco passa a ser o controle espacial dessa atividade, de modo a assegurar sua atuação de forma precisa.

Na prática experimental, essa limitação leva à priorização de tecidos-alvo específicos como estratégia de maior segurança, uma vez que a aplicação dessas abordagens exige controle rigoroso da atividade da telomerase em contextos biológicos complexos (Niazi, 2025). Assim, ao se tentar reverter a senescência em regiões como o miocárdio e o sistema nervoso central — frequentemente utilizados como modelos em estudos experimentais devido à sua baixa capacidade regenerativa —, a terapia ainda se distribui por múltiplos órgãos, expondo células não-alvo à ação da enzima. Na ausência de mecanismos de alvejamento seletivos, essa ativação fora do tecido desejado evidencia a dificuldade de especificidade tecidual efetiva da intervenção.

Do ponto de vista biológico, essa limitação é intensificada por barreiras fisiológicas que dificultam a entrega eficiente dessas abordagens. Vetores utilizados em terapia gênica, sejam eles virais ou não virais, estão sujeitos à rápida depuração pelo sistema imunológico, o que reduz seu tempo de circulação e limita a eficiência de entrega. Além disso, esses sistemas precisam transpor diferentes barreiras do organismo para alcançar as células-alvo, o que compromete sua entrada eficiente e reduz o aproveitamento terapêutico. Processos como distribuição inespecífica e eliminação pelo organismo também interferem na biodistribuição, limitando ainda mais a precisão da estratégia interventiva (Hou *et al*., 2021).

Diante desse cenário, propostas mais recentes têm explorado abordagens não virais, como as Nanopartículas Lipídicas (LNPs), para a entrega de RNA mensageiro (mRNA) da telomerase, permitindo uma expressão transitória e mais controlada da enzima. No entanto, apesar dos avanços recentes, a biodistribuição dessas partículas ainda representa um desafio, especialmente no que se refere à sua capacidade de direcionamento tecidual específico (Ramunas *et al*., 2015). Sua tendência de acúmulo em órgãos de filtração, como fígado e baço, associada à sua interação com componentes do plasma e à captação por mecanismos de defesa do organismo, compromete a seletividade da distribuição (Hou *et al*., 2021). Como consequência, a ativação não intencional da telomerase em tecidos não-alvo pode fornecer suporte replicativo para células com alterações genéticas pré-existentes, reforçando que a precisão no direcionamento (*targeting*) é tão essencial quanto a própria eficácia da enzima para a viabilidade clínica dessas terapias.

4 PERSPECTIVAS ATUAIS E OS DILEMAS BIOÉTICOS

4.1 Abordagens atuais na modulação dos telômeros

O refinamento das terapias baseadas na telomerase exige a superação do caráter sistêmico das intervenções atuais. Por isso, a vanguarda da pesquisa concentra-se no domínio sobre a temporalidade e a localização da expressão enzimática. Propõe-se a hipótese de uma “ativação transitória” da telomerase, na qual a enzima atuaria de forma breve, promovendo o alongamento crítico neces-

sário para reduzir o risco de senescência, sem favorecer uma replicação contínua e descontrolada (Fragkiadaki *et al*., 2022).

Nessa linha, as pesquisas recentes se dividem em duas frentes principais. A primeira foca no alvejamento ativo de nanocarreadores, estratégia que utiliza a funcionalização da superfície com ligantes específicos para garantir que a carga terapêutica seja descarregada exclusivamente no tecido de interesse. Um exemplo proeminente dessa tecnologia é a construção de sondas de óxido de grafeno funcionalizadas para o reconhecimento seletivo e regulação da atividade telomérica (Zhu; Ji; Hong, 2025). A segunda frente explora o uso de pequenas moléculas indutoras que buscam estimular a maquinaria endógena do paciente. Diferente da introdução de material genético externo, essas substâncias atuam nas complexas vias de regulação do gene TERT (Liu *et al*., 2024), promovendo sua *upregulation* (regulação positiva) para que a própria maquinaria celular retome a transcrição da enzima de forma endógena e integrada ao metabolismo.

Como inerente a qualquer intervenção biológica de alta complexidade, o sucesso dessas propostas não é universal, estando sujeito a rigorosas condicionantes fisiológicas. A resposta biológica à modulação da telomerase varia de acordo com o patrimônio genético, a idade celular e, sobretudo, os níveis basais de inflamação e estresse oxidativo de cada paciente. Essa heterogeneidade evidencia que não existe uma resposta padronizada aplicável de forma uniforme entre indivíduos. Consequentemente, essas intervenções tendem a se alinhar ao campo da medicina de precisão, no qual abordagens terapêuticas são progressivamente ajustadas ao perfil biológico individual (Lv *et al*., 2024).

4.2 Dilemas bioéticos e sociais

A possibilidade de retardar a senescência dos tecidos por meio da telomerase não levanta apenas complexos desafios biológicos, mas profundos questionamentos existenciais e sociais. O primeiro grande dilema reside na justiça distributiva: considerando que as terapias baseadas em edição genética já demandam investimentos elevadíssimos na atualidade, é provável que essas intervenções de ponta apresentem custos inacessíveis. Com isso, corre-se o risco de consolidar uma "biologização da desigualdade", onde a preservação da integridade genômica torna-se um privilégio econômico em vez de um direito à saúde (Díaz Torres, 2022).

Ultrapassando o âmbito da viabilidade econômica, o debate recai sobre a distinção fundamental entre o *lifespan* (extensão cronológica da vida) e o *healthspan* (período vivido com plena funcionalidade). Surge, então, o impasse central para o futuro da saúde pública: a manipulação da telomerase estaria promovendo uma vida plena e vigorosa ou apenas postergando a finitude biológica em um organismo sujeito ao desgaste sistêmico? Essa pergunta permanece aberta, exigindo que o progresso tecnológico caminhe lado a lado com a dignidade da experiência humana, garantindo que a longevidade seja acompanhada de qualidade e propósito (Partridge; Deelen; Slagboom, 2018).

Essa busca por uma existência plena redireciona o olhar para a finalidade das intervenções: o limiar impreciso entre a terapia restauradora e o melhoramento humano (*genetic enhancement*). A controvérsia se concentra em definir se os limites da ciência devem se restringir ao tratamento de patologias degene-

rativas ou se é legítimo expandir o uso da biotecnologia para a otimização do vigor físico e da aparência. Nesse contexto, a preservação estética deixa de ser um ponto superficial e passa a ser um componente do bem-estar psicossocial, desafiando a definição de até onde a manutenção da autoestima justifica o emprego de terapias moleculares de alta complexidade (Greenbaum; Cabrera, 2020).

4.3 Intervenções não farmacológicas

Embora as terapias gênicas ocupem o imaginário da longevidade, a literatura científica já consolida que o estilo de vida atua como um potente modulador da dinâmica telomérica, influenciando diretamente processos associados ao envelhecimento celular. No centro dessa discussão está o exercício físico. A prática regular de diferentes modalidades de treinamento, especialmente exercícios aeróbicos e intervalados, tem sido associada ao aumento da atividade da telomerase e à manutenção do comprimento dos telômeros, indicando efeitos diretos sobre a estabilidade genômica (Werner *et al*., 2019). Além disso, o exercício contribui para a redução do estresse oxidativo e da inflamação sistêmica, criando um ambiente celular mais favorável à preservação das estruturas cromossômicas e à integridade do DNA.

Por fim, a modulação nutricional complementa esse tripé de proteção celular. A ingestão de compostos bioativos e o controle metabólico contribuem para a regulação de vias associadas à longevidade, incluindo a atividade de enzimas relacionadas à estabilidade do genoma, como as sirtuínas. Ao reduzir a inflamação sistêmica de baixo grau, essas intervenções nutricionais favorecem um microambiente tecidual mais estável, contribuindo para a manutenção da homeostase e o retardo da senescência celular (Galiè *et al*., 2020). Dessa forma, a longevidade qualificada passa a ser compreendida não como resultado de intervenções isoladas, mas como a soma de estímulos biológicos contínuos e acessíveis no cotidiano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa cumpriu o objetivo geral de analisar o potencial da enzima telomerase no retardo da senescência celular, respondendo ao problema de pesquisa proposto ao demonstrar que, embora a literatura científica a descreva como um biocatalisador promissor da longevidade, sua aplicação prática ainda é limitada por barreiras biológicas e dilemas éticos significativos. No primeiro capítulo, evidenciou-se que a dinâmica dos telômeros atua como um relógio biológico fundamental, onde o encurtamento progressivo dita o ritmo do envelhecimento dos tecidos. A compreensão do mecanismo da telomerase revelou que a manutenção da integridade genômica é tecnicamente possível através da síntese compensatória do DNA telomérico, o que abre precedentes para intervenções que buscam estender a funcionalidade celular para além do Limite de *Hayflick*.

Em um segundo momento, o trabalho expôs o paradoxo oncológico como a principal barreira fisiológica para o uso clínico da enzima, uma vez que a mesma imortalidade desejada para células saudáveis é o mecanismo explorado por tumores para sustentar sua proliferação descontrolada. Os desafios identificados na literatura demonstraram que a modulação da telomerase exige um controle

espacial e temporal extremamente rigoroso, algo que a biotecnologia atual, apesar dos avanços em nanopartículas e vetores de entrega, ainda busca aperfeiçoar para garantir a seletividade tecidual necessária. Assim, concluiu-se que o risco de tumorigênese e as dificuldades de biodistribuição configuram obstáculos que mantêm as terapias gênicas antienvelhecimento majoritariamente restritas ao campo experimental.

Por fim, as discussões sobre os dilemas bioéticos e as intervenções não farmacológicas permitiram concluir que a longevidade qualificada deve ser pautada na equidade e no propósito, evitando que avanços científicos aprofundem desigualdades sociais. Diante da complexidade das terapias moleculares, o estudo destacou que o estilo de vida, fundamentado no exercício físico, nutrição adequada e higiene do sono, permanece como a ferramenta mais eficaz, segura e acessível para a preservação telomérica na atualidade. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a investigação de novas estratégias de entrega direcionada de pequenas moléculas indutoras, visando uma medicina de precisão que equilibre o rejuvenescimento celular com a segurança oncológica absoluta.

Referências

BLACKBURN, Elizabeth H.; EPEL, Elissa S.; LIN, Jue. Human telomere biology: a contributory and interactive factor in aging, disease risks, and protection. **Science**, v. 350, n. 6265, p. 1193-1198, 2015.

CÉ, Rodrigo et al. Estratégias anti-aging baseadas em moléculas químicas naturais como potentes ativadores de telomerase. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 26, n. 3, p. 1229-1247, 2022.

DÍAZ TORRES, S. T. Justicia en el acceso a la tecnología emergente: la terapia génica desde Latinoamérica. **LOGOS – Revista de Filosofía**, [s. l.], n. 139, p. 49–62, 2022.

EL MAI, M. et al. A novel screen for expression regulators of the telomeric protein TRF2 identified small molecules that impair TRF2 dependent immunosuppression and tumor growth. **Cancers**, Basel, v. 13, n. 12, p. 2998, 2021.

FERREIRA, João Paulo de Sousa; ELEOTÉRIO, T. A. A. M. A influência dos telômeros no processo de senescência. **Revista FT**, [s. l.], v. 27, n. 128, 2023.

FRAGKIADAKI, P. et al. Telomerase inhibitors and activators in aging and cancer: a systematic review. **Molecular Medicine Reports**, [s. l.], v. 25, n. 5, 2022.

GALIÈ, S. et al. Impact of nutrition on telomere health: systematic review of observational cohort studies and randomized clinical trials. Advances in Nutrition, v. 11, n. 3, p. 576–601, 2020. DOI: https://doi.org/10.1093/advances/nmz107.

GREENBAUM, D.; CABRERA, L. Y. Editorial: ELSI in Human Enhancement: What Distinguishes It From Therapy? **Frontiers in Genetics**, [s. l.], v. 11, 2020.

GROELLY, F. J.; FAWKES, M.; DAGG, R. A. et al. Direcionando vias de resposta ao dano ao DNA no câncer. **Nature Reviews Cancer**, [s. l.], v. 23, p. 78–94, 2023.

HOU, X.; ZAKS, T.; LANGER, R.; DONG, Y. Lipid nanoparticles for mRNA delivery. **Nature Reviews Materials**, [s. l.], v. 6, p. 1078–1094, 2021.

ISKANDAR, M. et al. A review of telomere attrition in cancer and aging: current molecular insights and future therapeutic approaches. **Cancers**, Basel, v. 17, n. 2, p. 257, 2025.

LI, Tingting et al. MiR-185 targets POT1 to induce telomere dysfunction and cellular senescence. **Aging (Albany NY)**, [s. l.], v. 12, n. 14, p. 14791, 2020.

LIM, C. J.; CECH, T. R. Shaping human telomeres: from shelterin and CST complexes to telomeric chromatin organization. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 22, p. 283–298, 2021.

LIU, M. et al. The regulations of telomerase reverse transcriptase (TERT) in cancer. **Cell Death &**

Disease, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 90, 2024.

LV, J. et al. The notable role of telomere length maintenance in complex diseases. **Biomedicines**, [s. l.], v. 12, n. 11, p. 2611, nov. 2024.

NIAZI, S. K. Telomere-targeted medicine: Bridging molecular mechanisms and clinical applications in age-related diseases. **Life Sciences**, [s. l.], v. 379, p. 123904, 2025.

OLIVEIRA, J. I. N. Conectando telômeros e o envelhecimento: é possível viver para sempre? **Genética na Escola**, [s. l.], v. 15, n. 2, p. 108–117, 2020.

PARTRIDGE, L.; DEELEN, J.; SLAGBOOM, P. E. Facing up to the global challenges of ageing. **Nature**, [s. l.], v. 561, n. 7721, p. 45–56, 2018.

PERNAMBUCO, Gabriele Sarinho et al. Efeitos do exercício sobre regulação telomeral no envelhecimento: revisão sistemática. **Revista Remecs - Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde**, [s. l.], v. 9, n. 15, p. 126-137, 2024.

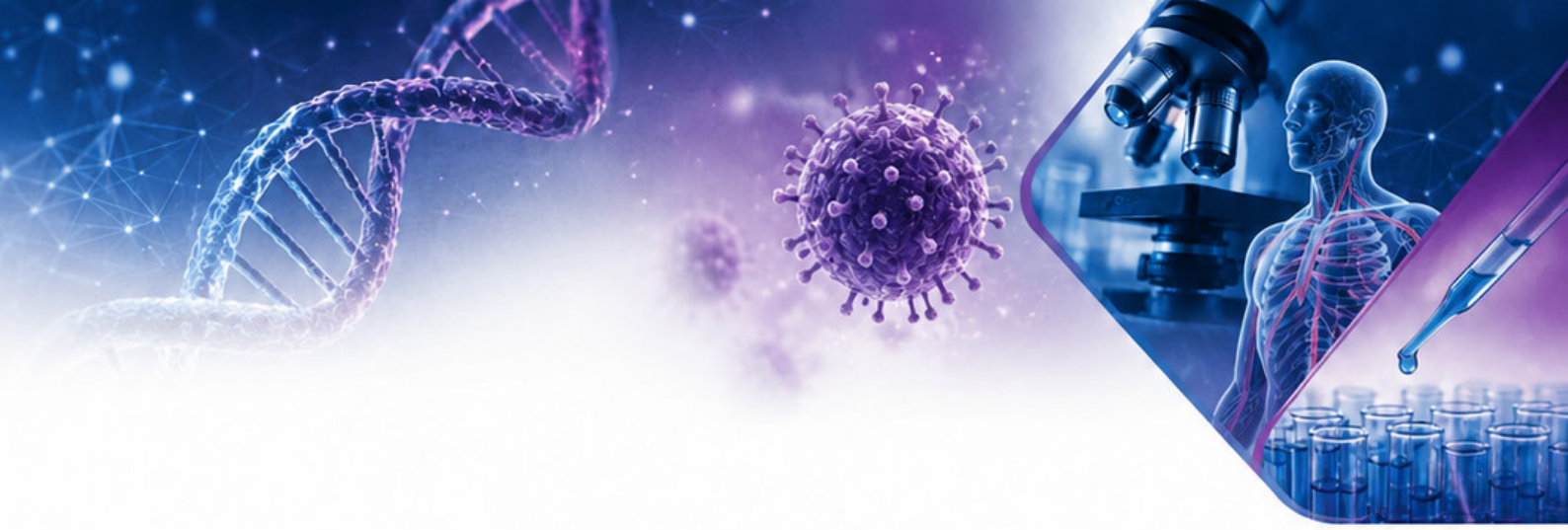
PIZZUL, P.; RINALDI, C.; BONETTI, D. The multistep path to replicative senescence onset: zooming on triggering and inhibitory events at telomeric DNA. **Frontiers in Cell and Developmental Biology**, v. 11, p. 1250264, 2023.

RAMUNAS, J. et al. Transient delivery of modified mRNA encoding TERT rapidly extends telomeres in human cells. **The FASEB Journal**, [s. l.], v. 29, n. 5, p. 1930-1939, maio 2015.

ROBERTS, T. C.; LANGER, R.; WOOD, M. J. A. Advances in oligonucleotide drug delivery. **Nature Reviews Drug Discovery**, [s. l.], v. 19, n. 10, p. 673–694, 2020.

WANG, B. et al. The senescence-associated secretory phenotype and its physiological and pathological implications. **Nature Reviews Molecular Cell Biology**, v. 25, p. 958–978, 2024.

ZHU, Y.; JI, Q.; HONG, M. Construction of graphene oxide probes loaded with antisense peptide nucleic acid and doxorubicin for regulating telomerase activity and inducing apoptosis of cancer cells. **Biosensors**, Basel, v. 15, n. 6, p. 337, maio 2025.



Capítulo 6

IMPACTOS DO USO INADEQUADO DE ANTIBIÓTICOS NO DESENVOLVIMENTO DA RESISTÊNCIA BACTERIANA EM AMBIENTES HOSPITALARES

IMPACTS OF THE INAPPROPRIATE USE OF ANTIBIOTICS ON THE DEVELOPMENT OF BACTERIAL RESISTANCE IN HOSPITAL ENVIRONMENTS

Ester Nunes Pinto[1]

Ariadina Rakell Silva De Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Ramilly Fernandes Borges[1]

Tailane Kaynan da Silva Sousa[1]

Vanessa Alves Agustinho[1]

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

Resumo

Este estudo investiga as implicações do uso inadequado de antibióticos no ambiente hospitalar e o papel estratégico do diagnóstico biomédico na contenção da resistência bacteriana. No cenário da medicina moderna, a disseminação de cepas multirresistentes, especialmente as pertencentes ao grupo ESKAPE, configura-se como um dos maiores desafios à saúde pública global, elevando os índices de morbimortalidade e comprometendo a eficácia de terapias consagradas. O objetivo geral desta pesquisa consiste em compreender a relação entre o manejo farmacológico e os mecanismos de mutação bacteriana, analisando a importância da atuação laboratorial e multidisciplinar na prevenção de surtos. Metodologicamente, utilizou-se uma pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa e caráter exploratório, baseada no levantamento de artigos científicos, boletins epidemiológicos e diretrizes de órgãos de saúde como a OMS. Os resultados demonstram que a incorporação de tecnologias diagnósticas avançadas, como o MALDI-TOF e o PCR em tempo real, aliada ao monitoramento microbiológico rigoroso, permite a redução do tempo de resposta clínica e a implementação da desoneração terapêutica. Conclui-se que a precisão analítica é a principal barreira contra o avanço da era pós-antibiótica, exigindo que as instituições de saúde e o profissional biomédico transitem de uma postura reativa para uma vigilância ativa. A integração entre ciência e gestão hospitalar revela-se, portanto, indispensável para garantir a segurança do paciente e a sustentabilidade das terapias antimicrobianas para as futuras gerações.

Palavras-chave: Resistência bacteriana. Diagnóstico biomédico. Antimicrobianos. Infecção hospitalar. Segurança do paciente.

Abstract

This study investigates the implications of the inadequate use of antibiotics in the hospital environment and the strategic role of biomedical diagnosis in containing bacterial resistance. In the scenario of modern medicine, the spread of multidrug-resistant strains, especially those belonging to the ESKAPE group, is one of the greatest challenges to global public health, increasing morbidity and mortality rates and compromising the effectiveness of established therapies. The general objective of this research is to understand the relationship between pharmacological management and bacterial mutation mechanisms, analyzing the importance of laboratory and multidisciplinary action in preventing outbreaks. Methodologically, a qualitative and exploratory bibliographical research was used, based on a survey of scientific articles, epidemiological bulletins, and guidelines from health organizations such as the WHO. The results demonstrate that the incorporation of advanced diagnostic technologies, such as MALDI-TOF and real-time PCR, combined with rigorous microbiological monitoring, allows for reduced clinical response time and the implementation of therapeutic de-escalation. It is concluded that analytical precision is the main barrier against the advancement of the post-antibiotic era, requiring health institutions and the biomedical professional to move from a reactive stance to active surveillance. The integration between science and hospital management is, therefore, essential to ensure patient safety and the sustainability of antimicrobial therapies for future generations.

Keywords: Bacterial resistance. Biomedical diagnosis. Antimicrobials. Hospital infection. Patient safety.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho decorre de inúmeras inquietações acerca do impacto do uso indiscriminado de antibióticos no cotidiano hospitalar. No cenário da medicina moderna, a gestão farmacológica apresenta-se como um pilar essencial para o restabelecimento da saúde dos pacientes, exigindo uma análise reflexiva sobre como as práticas assistenciais influenciam a eficácia dos tratamentos e a segurança no ambiente clínico. O aprofundamento deste tema revela que a resistência bacteriana tornou-se um dos maiores desafios da saúde pública global. A pressão seletiva exercida pelo uso inadequado de antimicrobianos nas instituições de saúde não apenas fragiliza o cuidado individual, mas coloca em risco décadas de avanços terapêuticos, considerando que a escassez de novas opções farmacológicas e a disseminação de cepas resistentes elevam significativamente os índices de morbimortalidade.

Diante desse cenário, a problemática que norteia esta investigação fundamenta-se na seguinte questão: de que maneira o uso inadequado de antimicrobianos tem impulsionado a seleção de bactérias multirresistentes e quais os reflexos dessa dinâmica na eficácia das terapias atuais?

O objetivo geral deste estudo é compreender a relação entre o manejo clínico e a mutação bacteriana, analisando o papel do diagnóstico laboratorial e da equipe multidisciplinar na prevenção de surtos infecciosos no ambiente hospitalar. Para alcançar tal propósito, definem-se como objetivos específicos: destacar a relevância do diagnóstico biomédico e do monitoramento microbiológico no contexto hospitalar; analisar os mecanismos moleculares de adaptação e resistência bacteriana no ambiente hospitalar; e investigar os impactos da resistência bacteriana para o sistema de saúde e para o desfecho clínico do paciente.

A justificativa para tal abordagem reside na necessidade imperativa de preservar a eficácia dos medicamentos disponíveis. O estudo fundamenta-se na relevância social de garantir tratamentos seguros, visto que a fragilidade no controle dessas substâncias anula o progresso científico e ameaça a sobrevivência coletiva, tornando essencial a promoção de protocolos rígidos de biossegurança.

Para tanto, a presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, de natureza qualitativa e caráter exploratório-descritivo. O delineamento metodológico fundamenta-se no levantamento de material já elaborado, constituído primordialmente por artigos científicos, livros e documentos normativos. A escolha por essa abordagem justifica-se pela necessidade de reunir e analisar criticamente o conhecimento acumululado sobre os mecanismos de resistência bacteriana e a evolução do diagnóstico biomédico.

A coleta de dados foi realizada de forma sistemática por meio de buscas em bases de dados eletrônicas de alta relevância científica, tais como o Google Acadêmico, Scientific Electronic Library Online (SciELO), PubMed e os Repositórios da Biblioteca Virtual em Saúde (BVS). Para o refinamento da busca, utilizaram-se Descritores em Ciências da Saúde (DeCS) e termos booleanos, destacando-se as combinações: “Resistência Bacteriana AND Antimicrobianos”, “Diagnóstico Biomédico AND Ambiente Hospitalar” e “Segurança do Paciente AND Farmacoterapia”.

Para compor o corpus da pesquisa, estabeleceram-se critérios de inclusão baseados na pertinência temática e na atualidade das informações, priorizan-

do-se publicações compreendidas no período dos últimos dez anos, em língua portuguesa e inglesa, além de diretrizes oficiais emitidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Sociedade Brasileira de Patologia Clínica (SBPC/ML). Foram excluídos trabalhos duplicados, resumos de eventos sem a publicação do texto integral e materiais que não apresentavam fundamentação metodológica robusta ou que fugiam ao escopo da gestão laboratorial e clínica da resistência.

O tratamento dos dados ocorreu por meio da leitura exploratória e seletiva do material coletado, seguida por uma análise crítica e interpretativa. As informações foram organizadas em seções temáticas e quadros comparativos, buscando estabelecer um diálogo interdisciplinar entre autores clássicos e contemporâneos. Por fim, a síntese dos resultados foi estruturada de modo a responder à problemática central deste estudo, correlacionando a eficácia das tecnologias diagnósticas com a contenção dos surtos de bactérias multirresistentes, culminando na formulação das considerações finais apresentadas.

2 MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO E RESISTÊNCIA BACTERIANA NO AMBIENTE HOSPITALAR

A história da luta contra as infecções teve um marco decisivo com a descoberta da penicilina, tendo essa iniciativa, inicialmente, o fim de combater doenças que assolavam a humanidade, no entanto, o objetivo de erradicação bacteriana não se expandiu como esperado, visto que os mecanismos de defesa dos microrganismos eram bastante arraigados, o que impediu a eficácia plena e constante do ensino terapêutico. Logo, esse contexto favoreceu o surgimento de resistências, pois as bactérias passaram a desenvolver formas de neutralizar a ação dos fármacos.

A compreensão moderna da medicina é indissociável da introdução dos antimicrobianos na prática clínica, o marco inicial dessa trajetória ocorreu em 1928, com a observação acidental de Alexander Fleming sobre as propriedades inibitórias do fungo *Penicillium notatum*. Contudo, a transição da descoberta laboratorial para a viabilidade industrial e terapêutica só se concretizou na década de 1940, impulsionada pelas demandas da Segunda Guerra Mundial (Gomes; Cabanelas, 2018). Este período inaugurou a chamada “era de ouro” dos antibióticos, reduzindo drasticamente a mortalidade por doenças infecciosas que, até então, eram consideradas sentenças de morte.

No entanto, o sucesso inicial gerou uma percepção equivocada de que a vitória sobre as bactérias seria definitiva. Conforme ressalta Lima (2021), a rápida disseminação do uso desses fármacos, tanto na medicina humana quanto na medicina veterinária e agropecuária, criou uma pressão seletiva sem precedentes. O fenômeno da resistência, que Fleming já havia previsto em seu discurso do Prêmio Nobel, manifestou-se rapidamente: em poucos anos de uso clínico da penicilina, cepas de *Staphylococcus aureus* já demonstravam ineficácia ao tratamento. Atualmente, o cenário evoluiu para o que a Organização Mundial da Saúde (2024) classifica como uma crise de saúde pública global, sinalizando o limiar de uma era pós-antibiótica onde procedimentos cirúrgicos de rotina podem se tornar inviáveis devido à falta de opções terapêuticas eficazes.

Para que se compreenda como a resistência se estabelece, é fundamental primeiro entender a farmacodinâmica dos antimicrobianos, estes agentes são

projetados para explorar as diferenças estruturais e metabólicas entre células procarióticas e eucarióticas, visando a toxicidade seletiva. De acordo com Santos *et al*. (2019), os mecanismos de ação podem ser divididos em quatro frentes principais de ataque à célula bacteriana.

A compreensão desses alvos é essencial para o desenvolvimento de protocolos clínicos, uma vez que a escolha do fármaco depende diretamente da estrutura bacteriana que se deseja atingir para garantir a morte do patógeno sem comprometer as células do hospedeiro.

A primeira delas é a inibição da síntese da parede celular, antibióticos beta-lactâmicos, como as penicilinas e cefalosporinas, interferem na formação das pontes de peptideoglicano, resultando em uma estrutura fragilizada que leva à lise osmótica da bactéria. Outro alvo crítico é a inibição da síntese proteica; agentes como os aminoglicosídeos e macrolídeos ligam-se às subunidades 30S ou 50S dos ribossomos bacterianos, interrompendo a tradução do RNA mensageiro e, consequentemente, a produção de proteínas vitais (Silva; Oliveira, 2022).

Adicionalmente, os antimicrobianos podem atuar na inibição da síntese de ácidos nucleicos como as quinolonas, que bloqueiam enzimas responsáveis pelo enovelamento do DNA ou na desarticulação da membrana plasmática, mecanismo utilizado pelas polimixinas para comprometer a integridade física de bactérias Gram-negativas. A eficácia desses ataques depende da concentração do fármaco no sítio de infecção e da capacidade do agente em penetrar as barreiras bacterianas, pontos que são diretamente combatidos pelos mecanismos de resistência que a bactéria desenvolve.

A resistência bacteriana não deve ser vista apenas como uma falha terapêutica, mas como um testemunho da plasticidade genética dos microrganismos. Guimarães e Momesso (2020) afirmam que essa resistência pode ser intrínseca, quando a bactéria naturalmente carece do alvo do fármaco, ou adquirida, que representa o maior desafio clínico atual, a base dessa aquisição reside na capacidade da bactéria de alterar seu genoma para sobreviver à presença do agente tóxico.

A distinção entre esses mecanismos revela por que a resistência adquirida via transferência horizontal é tão alarmante: ela permite que a resistência se propague entre espécies diferentes em um curto espaço de tempo, invalidando tratamentosrapidamente.

A evolução genética bacteriana ocorre por dois caminhos principais. O primeiro é a mutação genética espontânea, alterações pontuais no DNA cromossômico que podem ocorrer durante a replicação. Embora a taxa de mutação seja baixa, a reprodução acelerada das bactérias e a presença constante do antibiótico garantem que qualquer mutante vantajoso seja selecionado e se torne a população dominante em pouco tempo (Ferreira; Nunes, 2021).

O segundo mecanismo, e talvez o mais preocupante em termos de saúde pública, é a Transferência Horizontal de Genes (THG). Diferente da herança vertical (de pai para filho), a THG permite que bactérias troquem material genético entre si, mesmo que pertençam a espécies diferentes. Este intercâmbio ocorre predominantemente por meio da conjugação, onde plasmídeos contendo genes de resistência são transferidos via contato direto por pilli sexuais. Há também a transformação (captação de DNA livre no ambiente) e a transdução (transferência via vírus bacteriófagos). Esse fluxo gênico constante permite que uma bacté-

ria sensível adquira, quase instantaneamente, um “pacote” de defesas complexo contra múltiplos fármacos (Silva; Oliveira, 2022).

Uma vez que a bactéria adquire a informação genética necessária, ela a expressa através de estratégias bioquímicas específicas, entre as mais sofisticadas está a inativação enzimática. Neste caso, a bactéria produz enzimas, como as beta-lactamases e carbapenemases, que degradam quimicamente a molécula do antibiótico antes que ele possa agir. A emergência de bactérias produtoras de KPC (*Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase) é um exemplo crítico de como este mecanismo reduz drasticamente o arsenal terapêutico disponível (Santos *et al*., 2019).

As bombas de efluxo e a inativação enzimática representam as barreiras mais difíceis de transpor na prática hospitalar, exigindo frequentemente o uso de combinações de fármacos ou inibidores enzimáticos para restaurar a eficácia do tratamento.

Outra estratégia eficiente é a modificação do alvo terapêutico. Por meio de alterações conformacionais nas moléculas onde o antibiótico deveria se ligar (como proteínas de membrana ou ribossomos), a bactéria impede a afinidade do fármaco. Paralelamente, as bombas de efluxo atuam como sistemas de expulsão ativa; estas proteínas transmembranares detectam a entrada do antibiótico e o bombeiam para fora da célula antes que ele atinja sua concentração inibitória mínima (CIM). Segundo Ferreira e Nunes (2021), as bombas de efluxo são particularmente perigosas por possuírem, frequentemente, especificidade inespecífica, o que significa que podem expulsar diversas classes de antibióticos simultaneamente, conferindo à bactéria o perfil de multirresistência.

Somado a esses mecanismos, o conceito de Biofilme surge como um agravante crítico na persistência das infecções. De acordo com Lima (2021), o biofilme é uma comunidade estruturada de microrganismos aderidos a uma superfície e envoltos em uma matriz polimérica extracelular. Essa estrutura não apenas protege as bactérias fisicamente contra o sistema imunológico, mas também reduz a penetração dos antibióticos, permitindo que células em estado de baixa atividade metabólica (células persistentes) sobrevivam à terapia e causem recidivas.

3 IMPACTOS DA RESISTÊNCIA BACTERIANA

A problemática da resistência bacteriana em ambiente clínico não se limita apenas à falha terapêutica, mas reflete uma crise profunda na segurança do paciente e na eficácia dos cuidados intensivos. Historicamente, o sucesso da medicina moderna apoiou-se na disponibilidade de antimicrobianos eficazes; no entanto, a ascensão de patógenos multirresistentes (MDR) tem revertido prognósticos favoráveis em quadros de infecções anteriormente consideradas controláveis.

Nesta perspectiva, Murray *et al*. (2022) afirmam que a resistência bacteriana já superou doenças como o HIV e a malária em termos de mortalidade anual direta, estimando-se que 1,27 milhão de óbitos em 2019 foram atribuíveis exclusivamente à resistência. Esse cenário é agravado pela progressão acelerada de infecções simples para estados de choque séptico, visto que o atraso na administração do antibiótico correto, causado pela resistência ao tratamento empí-

rico inicial, aumenta exponencialmente o risco de falência de múltiplos órgãos (WHO, 2021).

A crescente ineficácia dos antibióticos convencionais representa um dos maiores desafios para a saúde pública contemporânea. A Organização Mundial da Saúde alerta que o uso indiscriminado de fármacos tem acelerado o processo evolutivo de patógenos, criando as chamadas "superbactérias". Para compreender a gravidade desse cenário e o impacto humano esperado para as próximas décadas, observa-se o comparativo estatístico apresentado na Figura 1.

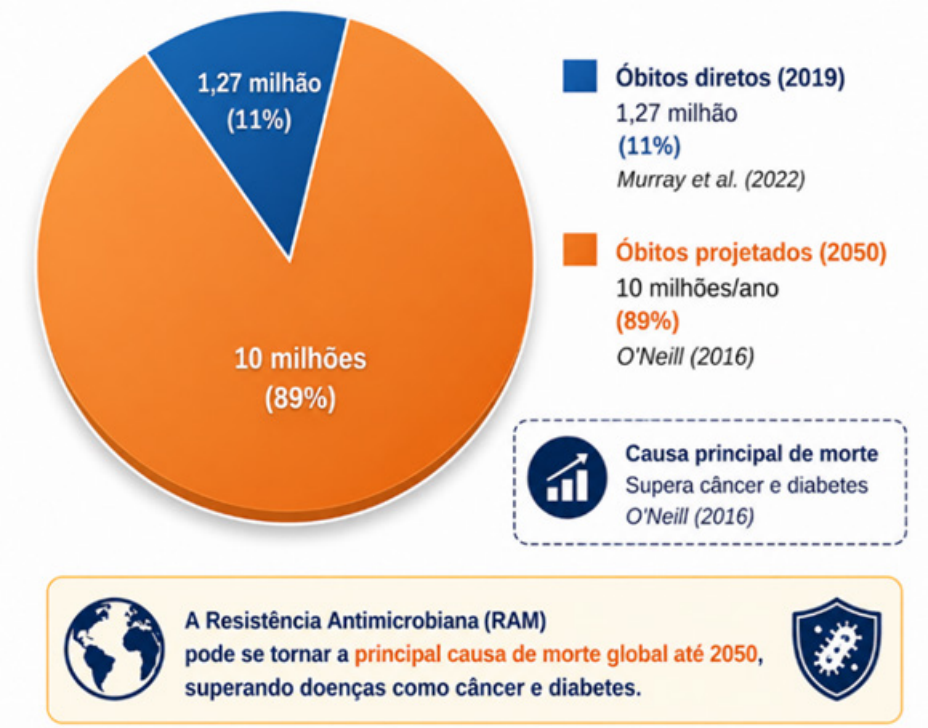


Figura 1. Impacto Epidemiológico da Resistência (RAM)

Fonte: Adaptado de Murray *et al.* (2022) e Relatório O'Neill (2016).

Os dados expostos no gráfico evidenciam uma transição epidemiológica alarmante. Enquanto em 2019 a resistência bacteriana foi responsável por 1,27 milhão de mortes diretas, as projeções para 2050 indicam um salto para 10 milhões de óbitos anuais. Esse aumento de quase dez vezes no número de vítimas sugere que, em menos de três décadas, a RAM poderá superar patologias historicamente letais, como o câncer e o diabetes, consolidando-se como a principal causa de morte global.

Portanto, a análise desses números reforça a necessidade urgente de políticas de governança em saúde e investimentos em novas classes de antimicrobianos. Sem uma intervenção coordenada e global, o avanço da resistência medicamentosa poderá reverter décadas de progresso médico, tornando procedimentos cirúrgicos de rotina e tratamentos oncológicos inviáveis devido ao risco de infecções incuráveis.

À vista disso, a morbidade associada à RAM impõe um prolongamento severo do sofrimento do paciente. Pacientes colonizados por bactérias como *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC) enfrentam períodos de internação até duas vezes superiores aos de pacientes com cepas sensíveis, o

que eleva a exposição a outras infecções hospitalares e a eventos adversos decorrentes de fármacos de última linha, muitas vezes dotados de alta toxicidade renal e hepática (Prestinaci; Pezzotti; Pantosti, 2015).

Consequentemente, essa situação coloca em risco avanços médicos como transplantes de órgãos e quimioterapia. Segundo Laxminarayan *et al.* (2016), a profilaxia antibiótica é a espinha dorsal da cirurgia moderna e, sem ela, a taxa de complicações infecciosas pós-operatórias pode tornar procedimentos rotineiros em intervenções de altíssimo risco, ameaçando a longevidade e a qualidade de vida conquistadas nas últimas décadas.

4 RELEVÂNCIA DO DIAGNÓSTICO BIOMÉDICO E DO MONITORAMENTO MICROBIOLÓGICO NO CONTEXTO HOSPITALAR

A história do diagnóstico clínico evoluiu drasticamente desde as primeiras observações microscópicas até a era da genômica. No ambiente hospitalar, essa evolução permitiu que o biomédico deixasse de ser um mero executor de exames para se tornar um consultor estratégico na escolha da terapia antimicrobiana. A eficácia do tratamento está intrinsecamente ligada à precocidade da detecção, visto que cada hora de atraso na administração do antibiótico correto em casos de sepse aumenta significativamente a mortalidade. Conforme aponta a literatura especializada:

> O diagnóstico laboratorial oportuno não apenas orienta a terapêutica específica, mas também minimiza a exposição do paciente a tratamentos desnecessários e reduz o tempo de internação hospitalar (Santos, 2022, p. 45).

Nesta perspectiva, é fundamental apresentar as tecnologias que sustentam essa agilidade diagnóstica, conforme demonstrado no quadro abaixo.

Quadro 1. Comparativo de Tecnologias no Diagnóstico Biomédico Hospitalar

Tecnologia	Alvo de Detecção	Tempo Médio de Resposta	Principal Vantagem
Cultura Automatizada	Micro-organismos viáveis	24 a 72 horas	Padrão-ouro para viabilidade.
PCR em Tempo Real	DNA ou RNA viral/bacteriano	2 a 4 horas	Alta sensibilidade e rapidez.
MALDI-TOF MS	Perfil proteico (Espectrometria)	< 1 hora	Identificação precisa de espécies.
Painéis Sindrômicos	Múltiplos patógenos simultâneos	1 hora	Diagnóstico diferencial imediato.

Fonte: Adaptado de Manual de Microbiologia Clínica (2024).

Nesse sentido os dados evidenciam que a incorporação de tecnologias como o MALDI-TOF e o PCR em tempo real transformou o fluxo hospitalar. A redução do tempo de resposta permite que o médico substitua um antibiótico de largo espectro por um direcionado, fenômeno conhecido como “desoneração terapêutica”, essencial para evitar a pressão seletiva sobre as bactérias.

Dando continuidade, o monitoramento microbiológico ambiental surge

como uma extensão do diagnóstico individual, focando na vigilância de superfícies e fluxos de trabalho. Oliveira (2023) afirma que a análise constante dos dados microbiológicos permite que a Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH) elabore protocolos de higienização mais assertivos. Assim, o monitoramento atua como um sistema de radar, identificando a circulação de clones bacterianos perigosos antes que causem um surto generalizado. A relevância desse processo é corroborada pela seguinte citação indireta: Ferreira e Lima (2021) defendem que o monitoramento microbiológico contínuo representa o único instrumento capaz de antecipar o surgimento de resistências endêmicas, permitindo intervenções precoces na arquitetura sanitária da unidade.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo, foi aprofundado o conhecimento em torno do impacto do uso indiscriminado de antimicrobianos no ambiente hospitalar, levando-se em consideração a influência e a relevância das práticas de gestão farmacológica e do diagnóstico laboratorial. Sendo assim, foi possível desmistificar a ideia de que a resistência bacteriana é um fenômeno puramente biológico e inevitável, apresentando as responsabilidades das instituições de saúde e dos profissionais envolvidos, reconhecendo-se que o diagnóstico biomédico preciso vem contribuir positivamente para a segurança do paciente, instruindo sobre a escolha da terapia correta e a preservação da eficácia dos fármacos.

Desse modo, foi uma rica colaboração para o meio científico enfatizar que o desenvolvimento de tecnologias como o MALDI-TOF e o PCR em tempo real é uma estratégia crucial do laboratório, sem, contudo, deixar de associar esse avanço tecnológico com a interpretação clínica humanizada, possibilitando o controle de surtos e o desfecho clínico favorável de cada paciente. Neste estudo, buscou-se investigar as consequências da ausência de protocolos rígidos de monitoramento microbiológico, bem como os benefícios daqueles que são aplicados com rigor, sendo que foi unânime na literatura consultada que as instituições que contam com um monitoramento constante e uma equipe de biomédicos atuante têm possibilidades significativamente maiores de reduzir os índices de morbimortalidade, enquanto o manejo inadequado e o atraso diagnóstico não oferecem grandes chances de sucesso terapêutico no combate às bactérias multirresistentes.

Assim, entendeu-se que a participação ativa da equipe multidisciplinar, amparada por laudos fidedignos, traz vários benefícios e atua diretamente na motivação dos clínicos, gerando um sentimento de segurança na prescrição e fazendo com que se empenhem na implementação de programas de *Stewardship* de antimicrobianos. Desta forma, é crucial que o hospital se planeje com a inserção de tecnologias diagnósticas modernas e metodologias de vigilância genômica, para que o corpo clínico entenda sobre os perfis de resistência locais e possa abordar seus conhecimentos técnicos de forma estratégica, contribuindo assim com a contenção da pressão seletiva bacteriana.

O aprendizado clínico está condicionado à importância que tanto o laboratório quanto a farmácia hospitalar demonstram no controle de infecções. Ou seja, os estímulos de ambas as áreas promovem um ambiente seguro, gerando a sustentabilidade do sistema de saúde pretendida para o futuro da medicina.

Sendo dever da gestão hospitalar construir um bom relacionamento entre o laboratório e a Comissão de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH), pois, quanto maior e melhor o fluxo de informações entre essas esferas, maiores serão os resultados dessa parceria contra os patógenos do grupo ESKAPE.

Portanto, a análise bibliográfica direcionada aos mecanismos de adaptação bacteriana nos fez constatar sobre a complexidade da transferência horizontal de genes e, de acordo com os dados coletados, verificou-se que parte dos protocolos atuais ainda carece de uma integração total entre a biologia molecular e a prática à beira do leito, o que é essencial para o aperfeiçoamento do trabalho educativo e preventivo. Cabe ressaltar que o desenvolvimento acadêmico na área da saúde deve estar relacionado à compreensão dos aspectos bioquímicos e moleculares, sem que estes estejam dissociados da responsabilidade ética no bem-estar e na sobrevivência coletiva dos pacientes.

Frente ao exposto e às contribuições apresentadas neste estudo, acredita-se que os objetivos foram plenamente alcançados, porém, não se consideram finalizados os aprofundamentos sobre esse tema, dada a constante evolução bacteriana. Espera-se, assim, que biomédicos, farmacêuticos, gestores e médicos possam fazer uso dos resultados apresentados e venham refletir sobre a condução da antibioticoterapia, promovendo mudanças em suas práticas laboratoriais e clínicas para o bem da saúde pública e a segurança de todos os envolvidos.

Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Diretrizes para a Vigilância da Resistência Antimicrobiana em Serviços de Saúde**. Brasília: ANVISA, 2023.

DADGOSTAR, P. Antimicrobial Resistance: Implications and Costs. **Infection and Drug Resistance**, v. 12, p. 1471-1481, 2019.

FERREIRA, A.; NUNES, R. Mecanismos de evolução e resistência bacteriana: uma análise da plasticidade genômica. **Journal of Health Sciences**, v. 23, n. 2, p. 112-125, 2021.

FERREIRA, J. S.; NUNES, L. M. Mecanismos moleculares de resistência bacteriana: uma revisão sistemática. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 53, n. 2, 2021.

GOMES, A. C.; CABANELAS, T. P. O legado de Fleming e os desafios da era pós-antibiótica. **Jornal de Microbiologia Clínica**, São Paulo, v. 10, n. 4, 2018.

GOMES, M.; CABANELAS, L. A era de ouro dos antibióticos e os desafios da Segunda Guerra Mundial. **História da Medicina e Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 10, p. 45-60, 2018.

GUIMARÃES, D. O.; MOMESSO, L. S. **Antibióticos: importância terapêutica e o surgimento da resistência**. Química Nova na Escola, v. 42, n. 1, 2020.

GUIMARÃES, T.; MOMESSO, C. Plasticidade genética e resistência intrínseca em microrganismos patogênicos. **Revista Brasileira de Microbiologia Clínica**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 30-42, 2020.

LAXMINARAYAN, R. et al. Access to effective antimicrobials: a worldwide challenge. **The Lancet**, v. 387, n. 10014, p. 168-175, 2016.

LIMA, J. Pressão seletiva e o uso indiscriminado de antimicrobianos na saúde humana e animal. **Anais de Infectologia e Epidemiologia**, v. 8, n. 3, p. 201-215, 2021.

LIMA, R. T. **Pressão seletiva e a evolução das superbactérias em ambientes de terapia intensiva**. 2. ed. Curitiba: Editora Saúde & Ciência, 2021.

MURRAY, C. J. et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. **The Lancet**, v. 399, n. 10325, p. 629-655, 2022.

O'NEILL, J. **Tackling Drug-Resistant Infections Globally: Final Report and Recommendations**.

Review on Antimicrobial Resistance. London: HM Government, 2016.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório global sobre resistência antimicrobiana 2024**. Genebra: WHO, 2024.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Relatório Global sobre Resistência Antimicrobiana: Monitoramento de ameaças à saúde pública**. Genebra: OMS, 2024.

PLACKETT, B. Why is it so hard to develop new antibiotics? **Nature**, v. 586, n. 7830, p. S50-S52, 2020.

PRESTINACI, F.; PEZZOTTI, P.; PANTOSTI, A. Antimicrobial resistance: a global multifaceted phenomenon. **Pathogens and Global Health**, v. 109, n. 7, p. 309-318, 2015.

SANTOS, L. et al. **Farmacodinâmica e Clínica dos Antimicrobianos**: Foco em Beta-lactâmicos e Carbapenemases. 2. ed. São Paulo: Editora Acadêmica, 2019.

SANTOS, M. P. et al. **Perfil de resistência de bactérias isoladas em ambiente hospitalar: um estudo retrospectivo (2015-2019)**. Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção, v. 9, n. 3, 2019.

SHRESTHA, P. et al. The clinical and economic burden of antibiotic resistance in low- and middle-income countries: A systematic review and meta-analysis. **PLOS Medicine**, v. 15, n. 3, 2018.

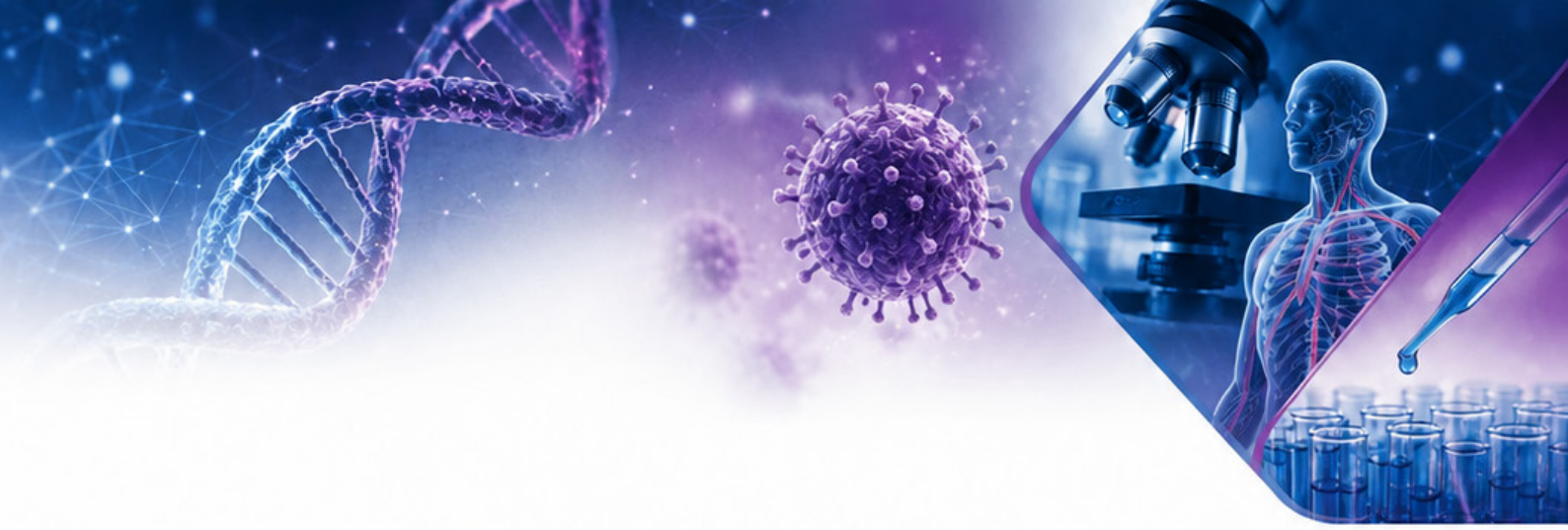
SILVA, K. R.; OLIVEIRA, M. F. **Transferência horizontal de genes e a disseminação da resistência antimicrobiana**. Biotecnologia Aplicada, v. 15, n. 1, 2022.

SILVA, P.; OLIVEIRA, M. **Microbiologia Médica: Da síntese proteica à Transferência Horizontal de Genes (THG).** Porto Alegre: Livros Técnicos, 2022.

TACKE, D. et al. Management of infections caused by multidrug-resistant Gram-negative bacteria. **Deutsches Ärzteblatt International**, v. 118, n. 25, p. 431-438, 2021.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Antimicrobial resistance**: Global report on surveillance. Geneva: WHO, 2021.



Capítulo 7

IMPORTÂNCIA DOS EXAMES LABORATORIAIS NO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO DIABETES MELLITUS TIPO 2

IMPORTANCE OF LABORATORY TESTS IN THE EARLY DIAGNOSIS OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS

João Paulo Lima de Souza[1]
Carlos Daniel Corrêa Lindoso[1]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

Resumo

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) representa um desafio crítico para a saúde pública global, com prevalência crescente e diagnóstico frequentemente tardio devido ao seu caráter assintomático. O presente estudo teve como objetivo geral compreender a importância dos exames laboratoriais no diagnóstico precoce do DM2, analisando as principais ferramentas diagnósticas, sua relevância clínica e limitações. A metodologia consistiu em uma revisão de literatura de caráter descritivo e abordagem qualitativa, utilizando bases de dados como SciELO, Google Acadêmico e Portal de Periódicos CAPES, com suporte nas diretrizes da Sociedade Brasileira de Diabetes (2025) e American Diabetes Association (2026). Os resultados demonstram que a glicemia de jejum, a hemoglobina glicada (HbA1c) e o teste oral de tolerância à glicose (TOTG) são pilares essenciais para a detecção antecipada, permitindo intervenções que podem reduzir em até 58% a progressão da doença. No entanto, evidenciaram-se limitações significativas, como a variabilidade pré-analítica, interferências biológicas (anemias e estresse) e barreiras socioeconômicas de acesso. Conclui-se que o diagnóstico precoce, mediado por uma atuação estratégica da Atenção Primária à Saúde, é fundamental para mitigar complicações crônicas e garantir a sustentabilidade do sistema de saúde, transformando o monitoramento laboratorial em uma ferramenta de prevenção e longevidade.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus tipo 2; Diagnóstico precoce; Exames e Diagnósticos de Laboratório; Índice de Glicemia; Acesso à Atenção Primária.

Abstract

Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) represents a critical challenge for global public health, with increasing prevalence and often late diagnosis due to its asymptomatic nature. This study aimed to understand the importance of laboratory tests in the early diagnosis of T2DM, analyzing the main diagnostic tools, their clinical relevance, and limitations. The methodology consisted of a descriptive literature review with a qualitative approach, using databases such as SciELO, Google Scholar, and the CAPES Periodical Portal, supported by the guidelines of the Brazilian Diabetes Society (2025) and the American Diabetes Association (2026). The results demonstrate that fasting plasma glucose, glycated hemoglobin (HbA1c), and the oral glucose tolerance test (OGTT) are essential pillars for early detection, allowing interventions that can reduce disease progression by up to 58%. However, significant limitations were observed, such as pre-analytical variability, biological interferences (anemia and stress), and socioeconomic barriers to access. It is concluded that early diagnosis, mediated by strategic action in Primary Health Care, is fundamental to mitigate chronic complications and ensure the sustainability of the health system, transforming laboratory monitoring into a tool for prevention and longevity.

Keywords: Type 2 Diabetes Mellitus. Early diagnosis. Laboratory Tests and Diagnostics. Glycemic Index. Access to Primary Care.

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) caracteriza-se como uma das principais doenças crônicas não transmissíveis de elevada prevalência mundial, sendo responsável por importantes impactos na morbimortalidade da população. Essa condição apresenta-se associada à resistência à insulina e à deficiência relativa de sua secreção, resultando em hiperglicemia persistente. Além disso, sua evolução frequentemente ocorre de forma silenciosa, dificultando a identificação precoce dos indivíduos acometidos. Nesse contexto, destaca-se a importância dos exames laboratoriais no processo diagnóstico, uma vez que possibilitam a detecção de alterações metabólicas ainda em fases iniciais da doença, contribuindo para intervenções precoces e redução de complicações (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2025; American Diabetes Association, 2026).

A realização deste estudo justificou-se pelo aumento expressivo da incidência do DM2 e pela necessidade de aprofundamento acerca dos métodos diagnósticos disponíveis, especialmente no âmbito laboratorial. Evidencia-se, na literatura, que uma parcela significativa dos indivíduos é diagnosticada tardiamente, quando já apresenta complicações crônicas, como neuropatias, retinopatias e doenças cardiovasculares. Dessa forma, ressalta-se a relevância de exames como glicemia de jejum, hemoglobina glicada e teste oral de tolerância à glicose, os quais se configuram como ferramentas essenciais para o rastreamento e diagnóstico precoce da doença.

O presente estudo teve como objetivo geral compreender a importância dos exames laboratoriais no diagnóstico precoce do DM2, com base em evidências científicas disponíveis na literatura. Para atingir esse propósito, foram estabelecidos como objetivos específicos descrever os principais exames laboratoriais utilizados no diagnóstico da doença, discutir como esses exames contribuem para o diagnóstico precoce do DM2 e apresentar as limitações e a relevância clínica dos exames laboratoriais no diagnóstico precoce do DM2.

No que se refere à metodologia, o estudo foi definido a partir de uma revisão de literatura de caráter descritivo, com abordagem qualitativa, contemplando produções científicas nacionais e internacionais. Foram utilizadas pesquisas bibliográficas, com ênfase em artigos científicos e diretrizes de sociedades especializadas relacionadas ao tema proposto. Os bancos de dados utilizados para a busca dos estudos foram o Google Acadêmico, a Scientific Electronic Library Online (SciELO) e o Portal de Periódicos CAPES, os quais disponibilizam ampla produção científica na área da saúde. Para a realização da pesquisa, foram utilizados os seguintes descritores: “Diabetes Mellitus tipo 2”, “diagnóstico precoce”, “exames laboratoriais”, “glicemia”, “hemoglobina glicada” e “teste de tolerância à glicose”. A combinação desses descritores possibilitou a identificação de estudos relevantes para a temática abordada. Foram incluídos trabalhos que abordaram o DM2, os principais exames laboratoriais utilizados no diagnóstico, a importância do diagnóstico precoce, as limitações e a relevância clínica dos métodos diagnósticos. Priorizou-se a utilização de publicações recentes e consensos atualizados das principais organizações de diabetes, visando garantir a contemporaneidade das evidências apresentadas.

2 PRINCIPAIS EXAMES LABORATORIAIS NO DIAGNÓSTICO DO DM2

2.1 Diabettes Mellitus Tipo 2

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) é um problema de saúde pública mundial, pois afeta grande parte da população, sobrecarregando os sistemas de saúde pública (International Diabetes Federation, 2021; Melo *et al*., 2023). A 11ª edição do Atlas de Diabetes da IDF (2025) aponta que 589 milhões de adultos (1 em cada 9) vivem com diabetes, com a prevalência atingindo 11,1% da população adulta mundial. A doença, que apresenta alto índice de diagnóstico tardio, deve crescer 45% nos próximos 25 anos, atingindo 853 milhões de pessoas até 2050.

É considerado uma Doença Crônica Não Transmissível (DCNT), decorrente de indivíduos com deficiência relativa de insulina e resistência à ação da insulina (Moreira *et al*., 2019). O impacto das DCNTs reflete diretamente na carga de doenças do sistema público brasileiro (Malta *et al*., 2022). O DM2 pode se manifestar como diurese excessiva, sede excessiva, perda de peso, polifagia e visão embaçada ou por algumas complicações que podem acabar ocasionando risco de vida, como a síndrome hiperosmolar hiperglicêmica (SHH), além disso pode se associar a dano, disfunção e falência de vários órgãos, especialmente olhos, rins, coração e vasos sanguíneos (Antunes *et al*., 2021). As principais causas deste tipo de DM estão relacionadas a hábitos alimentares inadequados, excesso de peso, sedentarismo, triglicerídeos elevados e hipertensão (Bertonhi; Dias, 2018; Silva, 2022).

O diagnóstico do DM2 depende fundamentalmente da avaliação de parâmetros laboratoriais que permitem identificar alterações no metabolismo da glicose. Considerando que essa condição apresenta evolução lenta e frequentemente assintomática em suas fases iniciais, os exames laboratoriais tornam-se ferramentas indispensáveis para sua detecção (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2025; American Diabetes Association, 2026). Nesse contexto, compreender os principais métodos diagnósticos disponíveis, suas características, aplicabilidades e limitações é essencial para uma abordagem clínica eficaz.

2.2 Glicemia de Jejum

A glicemia de jejum (GJ) consiste na avaliação dos níveis de glicose no sangue após um período de jejum. A realização desse exame é um processo padronizado que exige rigor desde a fase pré-analítica para garantir a precisão do diagnóstico clínico (Vieira *et al*., 2011). De acordo com as diretrizes da SBD (2025), o procedimento inicia-se com o preparo do paciente, que deve manter um jejum calórico de 8 a 12 horas, sendo permitida apenas a ingestão moderada de água. Fatores externos, como o consumo de álcool, tabagismo e a prática de exercícios físicos intensos nas 24 horas anteriores, devem ser evitados, pois podem causar oscilações metabólicas que interferem no resultado (Bertolucci *et al*., 2025).

A interpretação dos resultados segue parâmetros rigorosos estabelecidos por órgãos oficiais como o Ministério da Saúde (2026). Valores de glicemia plasmática abaixo de 100 mg/dL são considerados normais. Resultados entre 100 e 125 mg/dL indicam uma categoria de risco conhecida como pré-diabetes (glicemia de jejum alterada). Já o diagnóstico de Diabetes Mellitus é estabelecido quando o valor é igual ou superior a 126 mg/dL (Ministério da Saúde, 2026).

2.3 Hemoglobina Glicada (HBA1C)

O termo hemoglobina glicada é entendido como um conjunto de substâncias formadas a partir de reações entre a hemoglobina A (HbA) e alguns açúcares (Costa *et al*., 2020; Rodrigues *et al*., 2020). O processo de formação da hemoglobina glicada ocorre por meio de uma ligação entre a glicose e a hemoglobina, resultando em uma reação de glicação não enzimática, lenta, contínua e irreversível (Marques *et al*., 2022). Visa monitorar a glicemia de pacientes portadores de diabetes, com um percentual de 6,5% de critério para o diagnóstico (Marques, 2018). Pelo fato de a glicose constante no sangue ter uma ligação direta com a hemoglobina e perdurar por 120 dias, ao se realizar o teste da hemoglobina glicada este fornecerá informações relevantes no que diz respeito ao quantitativo de glicose no sangue nestes últimos 3 meses que antecederam ao exame (Lemos, 2021). De acordo com Oliveira *et al*. (2020, p. 45), "a hemoglobina glicada apresenta vantagens importantes, como a avaliação do controle glicêmico a longo prazo". Essa característica tornou o exame um dos mais utilizados tanto no diagnóstico quanto no acompanhamento da doença (Sumita *et al*., 2018).

2.4 Teste Oral De Tolerância a Glicose (TOTG)

O Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG) tem por finalidade avaliar a capacidade metabólica do paciente. Para sua realização, recomenda-se que o paciente esteja em jejum de 8 a 12 horas, sendo inicialmente coletada uma amostra sanguínea para determinação da glicemia basal. Em seguida, o indivíduo ingere uma solução contendo 75 g de glicose dissolvida em aproximadamente 300 mL de água, sendo realizadas novas coletas em intervalos específicos, geralmente nos tempos de 30, 60, 90 e 120 minutos, com o objetivo de analisar a resposta glicêmica após a sobrecarga (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2025; Silva; Souza; Oliveira, 2020; Castro *et al*., 2025). Esse exame permite identificar alterações no metabolismo da glicose que não são detectadas em outros testes, sendo especialmente útil na detecção de intolerância à glicose, caracterizada por valores glicêmicos elevados, geralmente acima de 140 mg/dL após duas horas da ingestão (Viana *et al*., 2023).

2.5 Outros exames utilizados

Além dos exames clássicos utilizados no diagnóstico do DM2, como a GJ, a HbA1c e o TOTG, existem outros exames que desempenham papel importante tanto na identificação quanto no acompanhamento da doença. Entre eles, destaca-se a glicemia casual, que consiste na dosagem da glicose sanguínea em qualquer momento do dia, independentemente do jejum. Esse exame é especialmente útil em situações em que o paciente apresenta sintomas clássicos de hiperglicemia, como poliúria, polidipsia e perda de peso inexplicada (Oliveira *et al*., 2023). Valores iguais ou superiores a 200 mg/dL, associados a esses sintomas, podem ser suficientes para o diagnóstico de diabetes, tornando a glicemia casual uma ferramenta prática e rápida na rotina clínica (Miranda, 2021).

Além disso, exames complementares como a taxa de filtração glomerular (TFG) e a avaliação da albuminúria são fundamentais no contexto do monitora-

mento do paciente diabético. A TFG permite avaliar a função renal, sendo um importante indicador da saúde dos rins, enquanto a albuminúria detecta a presença de pequenas quantidades de albumina na urina, o que pode indicar lesão renal precoce (Domingueti, 2023). Esses exames são essenciais para a identificação de complicações microvasculares, como a nefropatia diabética, que pode se desenvolver de forma silenciosa ao longo do tempo (Costa *et al*., 2024).

Dessa forma, embora não sejam utilizados como critérios diagnósticos primários, esses exames complementares possuem grande relevância na prática clínica, pois auxiliam na avaliação global do paciente, no acompanhamento da progressão da doença e na prevenção de complicações (Souza *et al*., 2024).

Tabela 1. Critérios laboratoriais para diagnóstico do DM e Pré-Diabetes

Exame	Valor Normal	Pré-Diabetes	Diabetes Mellitus
Glicemia de Jejum	< 100 mg/dL	100 – 125 mg/dL	≥ 126 mg/dL
Hemoglobina glicada (HbA1c)	< 5,7%	5,7% – 6,4%	≥ 6,5%
TOTG	< 140 mg/dL	140 – 199 mg/dL	≥ 200 mg/dL
Glicemia casual sintomas	-	-	≥200 mg/dL

Fonte: Adaptado de Sociedade Brasileira de Diabetes (2025).

A Tabela 1 apresenta os principais critérios laboratoriais utilizados no diagnóstico do DM2, evidenciando os valores de referência adotados para a classificação dos indivíduos em normoglicêmicos, pré-diabéticos e diabéticos. A literatura também evidencia que a utilização combinada desses exames aumenta a precisão diagnóstica. Conforme apontado por Malta *et al.* (2019), a integração de diferentes métodos laboratoriais contribui significativamente para a identificação precoce da doença, especialmente em populações de risco.

Assim, verifica-se que os exames laboratoriais constituem ferramentas indispensáveis no diagnóstico do DM2, sendo fundamentais para a detecção precoce e para a implementação de estratégias terapêuticas adequadas (Martins *et al*., 2023).

3 DIAGNÓSTICO PRECOCE DO DM2

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) caracteriza-se por uma evolução lenta e, na maioria dos casos, assintomática em suas fases iniciais, o que dificulta sua identificação precoce apenas por meio de manifestações clínicas. Nesse cenário, os exames laboratoriais assumem papel fundamental, pois permitem detectar alterações metabólicas antes do aparecimento de sintomas evidentes. Dessa forma, o diagnóstico precoce torna-se possível por meio da utilização adequada desses métodos, contribuindo para a redução de complicações e melhor prognóstico dos pacientes (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2025; American Diabetes Association, 2026).

3.1 Conceito de diagnóstico precoce

O diagnóstico precoce refere-se à identificação de uma doença em estágios iniciais, muitas vezes antes do surgimento de sinais e sintomas clínicos. No caso do DM2, essa abordagem é essencial, uma vez que a hiperglicemia pode estar presente por anos sem ser percebida pelo indivíduo (Brasil, 2020). A detecção antecipada permite a implementação de medidas terapêuticas e mudanças no estilo de vida que podem retardar ou até impedir a progressão da doença, reduzindo significativamente o risco de complicações crônicas (International Diabetes Federation, 2021).

No contexto do DM2, essa detecção precoce permite a intervenção imediata, o que é crucial para retardar a progressão da patologia e reduzir a incidência de danos micro e macrovasculares, como a retinopatia e a nefropatia diabética (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2025; Rocha *et al*.,2024). Diferente do rastreio populacional em massa, o diagnóstico precoce foca em indivíduos que apresentam sinais iniciais ou fatores de risco elevados, utilizando exames laboratoriais para capturar alterações metabólicas ainda na fase de pré-diabetes (Bertolucci *et al.,* 2025).

De acordo com o Ministério da Saúde (2026), a implementação de protocolos de diagnóstico ágil nas Unidades Básicas de Saúde é a principal ferramenta para o controle de doenças crônicas, pois possibilita que o tratamento, seja ele medicamentoso ou por mudança no estilo de vida, comece em um período em que o organismo ainda possui maior reserva funcional. Além disso, a identificação precoce tem um impacto direto na sustentabilidade dos sistemas de saúde, uma vez que o manejo inicial da glicemia alterada é significativamente menos oneroso e complexo do que o tratamento de complicações agudas ou estágios avançados da doença (Santos *et al*., 2014). Portanto, o diagnóstico precoce não é apenas uma medida clínica, mas uma ação estratégica de proteção à qualidade de vida e longevidade do paciente.

3.2 Fatores de Risco e Protocolos de Rastreamento

Os principais fatores de risco que justificam a busca pelo diagnóstico precoce do diabetes envolvem características biológicas, genéticas e hábitos de vida. De acordo com a SBD (2025), o excesso de peso, especificamente o Índice de Massa Corporal (IMC) associado à obesidade abdominal, é um dos preditores mais fortes para a resistência à insulina (IMC 25kg/m).

Além disso, a hereditariedade desempenha um papel crucial, pois indivíduos com parentes de primeiro grau que possuem a doença apresentam uma probabilidade significativamente maior de desenvolver alterações glicêmicas ao longo da vida (Bertolucci *et al.,* 2025).

Outros componentes clínicos importantes incluem a presença de hipertensão arterial, histórico de doenças cardiovasculares e alterações no perfil lipídico, como o HDL-colesterol baixo ou triglicerídeos elevados (Mendes *et al*., 2023). Segundo o Ministério da Saúde (2026), mulheres com histórico de diabetes gestacional ou diagnóstico de Síndrome dos Ovários Policísticos (SOP) também compõem o grupo de alta prioridade para o rastreamento.

O sedentarismo, caracterizado pela falta de atividade física regular, agrava

esses fatores ao reduzir a captação periférica de glicose, tornando o diagnóstico precoce essencial para interromper a progressão metabólica antes de danos estruturais aos órgãos (Santos *et al.,* 2014).

As diretrizes de rastreamento variam conforme o perfil clínico e o histórico do paciente, conforme detalhado na Tabela 2, que sintetiza as recomendações da ADA (2026) para a prática clínica atualizada. Se a investigação laboratorial for normal, a triagem deve ser repetida em intervalos mínimos de 3 anos. Pessoas com pré-diabetes, tolerância à glicose diminuída ou glicemia de jejum alterada devem ser testadas anualmente. Mulheres com histórico de diabetes gestacional devem realizar triagem ao menos a cada 1 a 3 anos. Deve ser considerado após o início da puberdade ou a partir dos 10 anos de idade em jovens com sobrepeso/obesidade e fatores de risco. Indivíduos em uso de medicações com alto risco de hiperglicemia (como inibidores de PI3K ou inibidores de mTOR) devem ser monitorados (American Diabetes Association, 2026).

Tabela 2. Proposta da ADA para rastreamento de DM2 e pré-diabetes

Grupo de Risco	**Frequência de Rastreamento**
Adultos com investigação laboratorial normal	Intervalos mínimos de 3 anos
Pessoas com pré-diabetes (glicemia alterada ou tolerância diminuída)	Anualmente
Mulheres com histórico de diabetes mellitus gestacional	A cada 1 a 3 anos
Jovens com sobrepeso/obesidade e fatores de risco	A partir dos 10 anos ou início da puberdade
Usuários de medicações hiperglicemiantes (Ex: inibidores de PI3K ou mTOR)	Monitoramento frequente conforme uso

Fonte: Adaptado de American Diabetes Association (2026).

A periodicidade estabelecida pela ADA (2026) demonstra que o rastreamento não é um evento isolado, mas um processo contínuo de vigilância metabólica. A recomendação de intervalos trienais para exames normais visa equilibrar a custo-efetividade do sistema de saúde, enquanto o monitoramento anual para indivíduos com pré-diabetes ou histórico de diabetes gestacional prioriza a detecção imediata da progressão da doença. Essa abordagem estratificada permite que as intervenções terapêuticas e as mudanças no estilo de vida sejam implementadas de forma oportuna, minimizando o impacto das complicações crônicas e otimizando o prognóstico a longo prazo do paciente (Oliveira *et al*., 2024).

3.3 Barreiras Operacionais e Socioeconômicas na Implementação do Diagnóstico

Embora o protocolo de diagnóstico precoce seja bem estabelecido, sua execução prática enfrenta desafios que transcendem a técnica laboratorial. Uma das principais limitações operacionais é o absenteísmo e a baixa adesão ao rastreamento preventivo (Silva *et al*., 2024). O Ministério da Saúde (2026) aponta que uma parcela significativa de indivíduos assintomáticos não retorna às unidades de saúde para buscar resultados ou realizar testes confirmatórios, interrompendo o fluxo diagnóstico.

Além disso, existem barreiras socioeconômicas e de acesso que dificultam o

cumprimento rigoroso da fase pré-analítica. Em muitas populações, a exigência de um jejum calórico prolongado e a necessidade de deslocamento até centros laboratoriais tornam-se obstáculos logísticos que resultam em coletas inadequadas ou abandono do rastreamento (Nunes *et al*., 2023). Há também o debate sobre a custo-efetividade do rastreio em larga escala; por isso, diretrizes como as da ADA (2026) recomendam o foco em grupos de risco específicos para otimizar os recursos públicos e evitar gastos desnecessários com a população de baixo risco metabólico, garantindo que o investimento financeiro seja direcionado para onde o suporte terapêutico será mais necessário.

3.4 Papel da Atenção Primária na Identificação Antecipada

As limitações inerentes ao diagnóstico precoce do DM2 reforçam a necessidade de uma atuação estratégica e robusta da atenção primária à saúde. É nesse nível de atenção que se viabiliza a continuidade do cuidado e a superação de barreiras de acesso que comprometem a eficácia do rastreamento laboratorial (Ferreira *et al*., 2023). Dado que o caráter assintomático da doença pode retardar a detecção em até uma década, o papel das equipes de saúde da família torna-se o principal pilar para identificar precocemente os indivíduos em risco, antes que o quadro evolua para complicações irreversíveis (Bertolucci *et al*., 2025). A atenção primária atua justamente no gargalo da adesão e do acesso, transformando o rastreamento oportunista em uma busca ativa sistematizada, o que mitiga falhas de seguimento onde o paciente realiza o exame, mas não retorna para a interpretação clínica (Ministério da Saúde, 2026). Segundo Teston *et al*. (2017), o acompanhamento longitudinal na atenção primária é o fator determinante para garantir a adesão terapêutica do paciente.

De acordo com a SBD (2025), cabe à atenção básica gerenciar as barreiras socioeconômicas que impedem o cumprimento rigoroso dos protocolos pré-analíticos, como o jejum adequado. Ao integrar o rastreamento às rotinas de cuidado, a atenção primária não apenas viabiliza o diagnóstico precoce, mas também garante que o manejo das alterações glicêmicas, como o pré-diabetes, seja iniciado precocemente por meio de intervenções no estilo de vida, otimizando a relação custo-efetividade do sistema de saúde (Santos *et al*., 2014).

4 RELEVÂNCIA CLÍNICA E LIMITAÇÕES BIOLÓGICAS DOS MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO

O diagnóstico laboratorial do DM2 transcende a simples obtenção de um valor numérico. Ele representa a decodificação do estado metabólico do indivíduo. A relevância clínica reside na capacidade de intervir na história natural da doença, enquanto as limitações biológicas impõem a necessidade de um olhar crítico sobre a precisão de cada marcador utilizado na rotina clínica (Andrade *et al*., 2022).

4.1 A Relevância da Identificação da Resistência Insulínica Precoce

A detecção precoce é o único meio de capturar a transição da normoglice-

mia para a resistência à insulina, período no qual o pâncreas ainda tenta compensar a baixa ação insulínica com uma secreção aumentada. A progressão da doença está intimamente ligada à falência progressiva das células beta (Coelho *et al.,* 2020). De acordo com a SBD (2025), identificar o paciente nesta janela de oportunidade é crucial, pois permite reverter o quadro de pré-diabetes antes que ocorra a exaustão das células beta pancreáticas.

Clinicamente, essa identificação precoce reduz drasticamente o fenômeno da "memória metabólica", no qual o corpo "armazena" os danos causados por períodos de hiperglicemia, mesmo após os níveis serem normalizados (Coelho *et al*., 2024). Bertolucci *et al*. (2025) reforçam que pacientes diagnosticados em fases iniciais apresentam um risco 58% menor de desenvolver complicações macrovasculares, como o infarto agudo do miocárdio, comparado àqueles cujo diagnóstico ocorre apenas após o surgimento de sintomas clássicos.

4.2 Limitações da Glicemia de Jejum: Variabilidade e Interferentes

Embora seja o exame mais acessível, a glicemia de jejum possui limitações biológicas que podem induzir a erros diagnósticos se analisada isoladamente. A glicemia é um parâmetro dinâmico, influenciado por hormônios contra-reguladores, como o cortisol e a adrenalina (Lopes *et al*., 2022). Santos *et al*. (2014) explicam que episódios de estresse agudo, infecções subclínicas ou alterações no padrão de sono na noite anterior ao exame podem elevar artificialmente os níveis glicêmicos, gerando o diagnóstico de "glicemia de jejum alterada" em indivíduos metabolicamente saudáveis.

Outra limitação biológica relevante é a taxa de glicólise in vitro. Após a coleta, as células sanguíneas continuam consumindo a glicose presente na amostra. Se o processamento laboratorial não ocorrer em tempo hábil ou se o tubo de coleta não contiver inibidores glicolíticos adequados, o resultado pode apresentar uma redução artificial de até 7 a 10 mg/dL por hora, o que mascara o diagnóstico de diabetes em pacientes que estão no limiar dos 126 mg/dL (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2025; Morshed *et al*., 2023). O controle rigoroso do tempo entre coleta e centrifugação evita a degradação da glicose na amostra (Andriolo, 2017).

4.3 O Desafio da Hemoglobina Glicada em Populações Específicas

A Hemoglobina Glicada (HbA1c) é considerada o padrão-ouro para o acompanhamento, mas sua aplicação no diagnóstico precoce possui restrições biológicas severas. Como a HbA1c depende da glicação da hemoglobina durante a vida média da hemácia (cerca de 120 dias), qualquer condição que altere a sobrevida dos glóbulos vermelhos compromete o resultado (Gallagher *et al*., 2020).

Conforme as diretrizes da ADA (2026), pacientes com anemias ferroprivas podem apresentar resultados falsamente elevados, enquanto anemias hemolíticas ou perda crônica de sangue tendem a reduzir os valores de HbA1c de forma artificial. Além disso, as hemoglobinopatias, frequentes na população brasileira, interferem na técnica de análise, exigindo métodos específicos, como o *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), para garantir que a fração de hemoglobina medida seja realmente a A1c. A presença de variantes de hemo-

globina exige métodos de análise por troca iônica ou afinidade (Silva *et al*., 2015). Portanto, em populações com alta prevalência de anemias, a relevância clínica da HbA1c como diagnóstico isolado diminui, exigindo a confirmação por glicemia de jejum ou TOTG (Ferreira *et al*., 2023).

4.4 O Papel Do TOTG Na Identificação Da Disfunção Metabólica Oculta

O TOTG é, biologicamente, o exame mais sensível para o diagnóstico precoce, pois simula um "teste de esforço" para o pâncreas. Sua relevância clínica é máxima em pacientes que apresentam glicemia de jejum normal, mas que já possuem uma incapacidade de processar cargas de carboidratos, condição conhecida como tolerância diminuída à glicose (Melo *et al*., 2022). O TOTG mantém sua relevância por identificar a falha na resposta insulínica pós-prandial que exames de jejum podem omitir (Souza *et al*., 2022).

Contudo, sua principal limitação é a reprodutibilidade. Devido à sua natureza complexa, fatores como a velocidade de esvaziamento gástrico e a palatabilidade da solução de 75g de glicose podem causar náuseas e vômitos, muitas vezes invalidando o teste e exigindo novas coletas (Heinemann, 2022; Phillips, 2021). Tais sintomas gastrointestinais são recorrentes devido à alta osmolaridade da solução administrada, o que compromete a aceitação do paciente e a precisão do diagnóstico laboratorial (Miguélez-González *et al*., 2022; Horta *et al*., 2024).

Estudos indicam que a variação intraindividual no TOTG pode chegar a 15%, o que torna sua interpretação clínica dependente de um histórico rigoroso de ingestão de carboidratos nos dias que antecedem o exame (Gomes *et al*., 2022; Souza *et al*., 2022). Este preparo visa evitar o efeito de hipersensibilidade pancreática compensatória (frequentemente referido como 'efeito de fome'), que sensibiliza excessivamente as células beta e gera resultados falso-positivos, comprometendo a especificidade do diagnóstico (Cunha *et al*., 2022; Oliveira *et al*., 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou compreender a importância dos exames laboratoriais no diagnóstico precoce do Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), fundamentando-se em uma revisão de literatura que evidenciou o papel crítico do laboratório clínico diante de uma patologia de caráter silencioso e prevalência global alarmante. A partir da análise dos dados apresentados, conclui-se que o objetivo geral foi plenamente atingido, demonstrando que a detecção antecipada é o principal mecanismo para a redução da morbimortalidade e preservação da qualidade de vida dos indivíduos.

Quanto aos objetivos específicos, a descrição dos principais exames evidenciou que a Glicemia de Jejum, a HbA1c e o TOTG formam um tripé diagnóstico robusto. Observou-se que a identificação de fatores de risco, como obesidade abdominal, hereditariedade, sedentarismo e histórico de diabetes gestacional, deve guiar a periodicidade do rastreamento. Além disso, o trabalho demonstrou que exames complementares, como a Taxa de Filtração Glomerular e a Albuminúria, são indispensáveis para monitorar danos renais que se desenvolvem de forma

oculta, elevando a relevância clínica do monitoramento laboratorial contínuo.

No tocante às limitações, o estudo evidenciou que a eficácia do diagnóstico precoce enfrenta barreiras que vão além da técnica, incluindo a variabilidade biológica dos analitos e o acesso deficitário ao sistema de saúde. A discussão revelou que a Atenção Primária à Saúde surge como o pilar essencial para mitigar essas limitações, sendo responsável por transformar o rastreamento em uma busca ativa sistematizada e por gerenciar as barreiras socioeconômicas que impedem o cumprimento dos protocolos pré-analíticos.

Por fim, este trabalho ressalta que o diagnóstico precoce do DM2 é uma ação estratégica de proteção à longevidade. Como recomendação, destaca-se a necessidade de fortalecer a educação permanente das equipes de saúde quanto ao rigor pré-analítico e aos novos critérios de triagem para grupos de risco e usuários de medicações hiperglicemiantes. Sugere-se, para pesquisas futuras, o estudo do impacto de novas tecnologias de triagem digital na melhoria da adesão dos pacientes assintomáticos aos programas de rastreamento laboratorial.

Referências

AMERICAN DIABETES ASSOCIATION (ADA). Standards of Care in Diabetes—2026. **Diabetes Care**, v. 49, n. Supplement_1, 2026.

ANDRADE, R. G. et al. A importância da interpretação clínica dos parâmetros bioquímicos no diagnóstico das doenças metabólicas. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 15, n. 8, e10745, 2022.

ANDRIOLO, A. **Guia de medicina laboratorial**. Barueri: Manole, 2017.

ANTUNES, B. M. et al. Diabetes Mellitus tipo 2: fisiopatologia e abordagem clínica. **Revista de Medicina e Saúde**, v. 10, n. 2, p. 145-160, 2021.

BERTOLUCCI, M. C. et al. Brazilian guideline for screening and diagnosis of type 2 diabetes. **Diabetology & Metabolic Syndrome**, v. 17, n. 1, 2025.

BERTONHI, L. G.; DIAS, R. P. Diabetes Mellitus tipo 2: fatores de risco e prevalência. **Revista Saúde em Foco**, n. 10, p. 240-255, 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Protocolos de Atenção Básica**: Diabetes Mellitus. Brasília: Ministério da Saúde, 2020.

CASTRO, R. et al. Teste Oral de Tolerância à Glicose: padronização e relevância clínica. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 61, 2025.

COELHO, M. S. et al. Fisiopatologia do diabetes tipo 2: resistência à insulina e falência da célula beta. **Revista Científica da Unifenas**, v. 3, n. 1, p. 45-58, 2020.

COELHO, R. F. et al. Memória metabólica e o impacto do controle glicêmico precoce na prevenção de complicações vasculares do diabetes. **Revista Brasileira de Revisão de Saúde**, v. 7, n. 1, p. 2340-2355, 2024.

COSTA, A. B. et al. Monitoramento da albuminúria e função renal no DM2. **Revista Brasileira de Nefrologia**, v. 46, n. 2, 2024.

CUNHA, L. R. et al. Critérios de padronização e variabilidade analítica no teste de tolerância à glicose. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 54, n. 2, p. 115-122, 2022.

DOMINGUETI, C. P. Biomarcadores de função renal no paciente diabético. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 55, n. 1, p. 12-18, 2023.

FERREIRA, A. M. et al. Desafios e estratégias da Atenção Primária à Saúde no rastreamento do Diabetes Mellitus tipo 2. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 18, n. 45, 2023.

GALLAGHER, E. J. et al. Limitations of hemoglobin A1c in the management of type 2 diabetes.

Canadian Medical Association Journal, v. 192, n. 7, 2020.

GOMES, M. B. et al. Variabilidade intraindividual do teste oral de tolerância à glicose e sua implicação no diagnóstico. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, n. 1, 2022.

HEINEMANN, L. Are all glucose solutions used for oGTT equal? **Diabetic Medicine**, v. 39, n. 1, 2022.

HORTA, B. L. et al. Oral glucose tolerance test—The imperfect gold standard. **Health Promotion Journal of Australia**, 2024.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION (IDF). **IDF Diabetes Atlas**. 11. ed. Brussels: IDF, 2025.

LOPES, P. J. et al. Gestão de erros pré-analíticos em laboratórios clínicos: uma revisão sistemática. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 58, 2022.

MALTA, D. C. et al. Doenças crônicas não transmissíveis e fatores de risco no Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 31, 2022.

MARQUES, P. R. et al. Aspectos bioquímicos da hemoglobina glicada e sua relevância no monitoramento. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 54, n. 4, 2022.

MARTINS, L. C. et al. O papel da medicina laboratorial no manejo e diagnóstico das doenças crônicas. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 55, n. 2, 2023.

MELO, M. C. et al. O impacto do Diabetes Mellitus tipo 2 na gestão dos sistemas de saúde. **Revista de Gestão e Sistemas de Saúde**, v. 12, n. 1, 2023.

MELO, T. A. et al. Dinâmica da resposta insulínica e a sensibilidade do TOTG no diagnóstico precoce. **Revista Brasileira de Revisão de Saúde**, v. 5, n. 4, 2022.

MENDES, R. S. et al. Avaliação dos fatores de risco cardiovascular e resistência à insulina em pacientes com síndrome metabólica. **Arquivos de Ciências da Saúde**, v. 30, n. 1, 2023.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas do Diabete Melito Tipo 2**. Brasília: CONITEC, 2026.

MORSHED, M. S. et al. Stability of glucose in blood samples: the importance of the pre-analytical phase. **Journal of Clinical and Laboratory Analysis**, v. 37, n. 4, 2023.

NUNES, B. P. et al. Desigualdades socioeconômicas no acesso e na qualidade da atenção ao diabetes no Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 28, n. 4, 2023.

OLIVEIRA, F. C. et al. Custo-efetividade do rastreamento e intervenção precoce no pré-diabetes. **Revista de Saúde Pública e Gestão**, v. 6, n. 2, 2024.

OLIVEIRA, J. E. et al. Glicemia casual e a tríade de sintomas clássicos: eficácia diagnóstica. **Revista de Clínica Médica**, v. 21, n. 4, 2023.

PHILLIPS, P. J. Oral Glucose Tolerance Test (OGTT): Undeniably the First Choice. **IntechOpen**, 2021.

ROCHA, T. S. et al. Impacto do diagnóstico precoce na prevenção de complicações micro e macrovasculares. **Revista Brasileira de Revisão de Saúde**, v. 7, n. 2, 2024.

SANTOS, J. I. et al. Glicemia de jejum de pacientes da rede pública de saúde na região de Joinville (SC). **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 17, 2014.

SILVA, M. R. et al. Absenteísmo em exames laboratoriais na atenção primária. **Revista de Gestão e Sistemas de Saúde**, v. 13, n. 1, 2024.

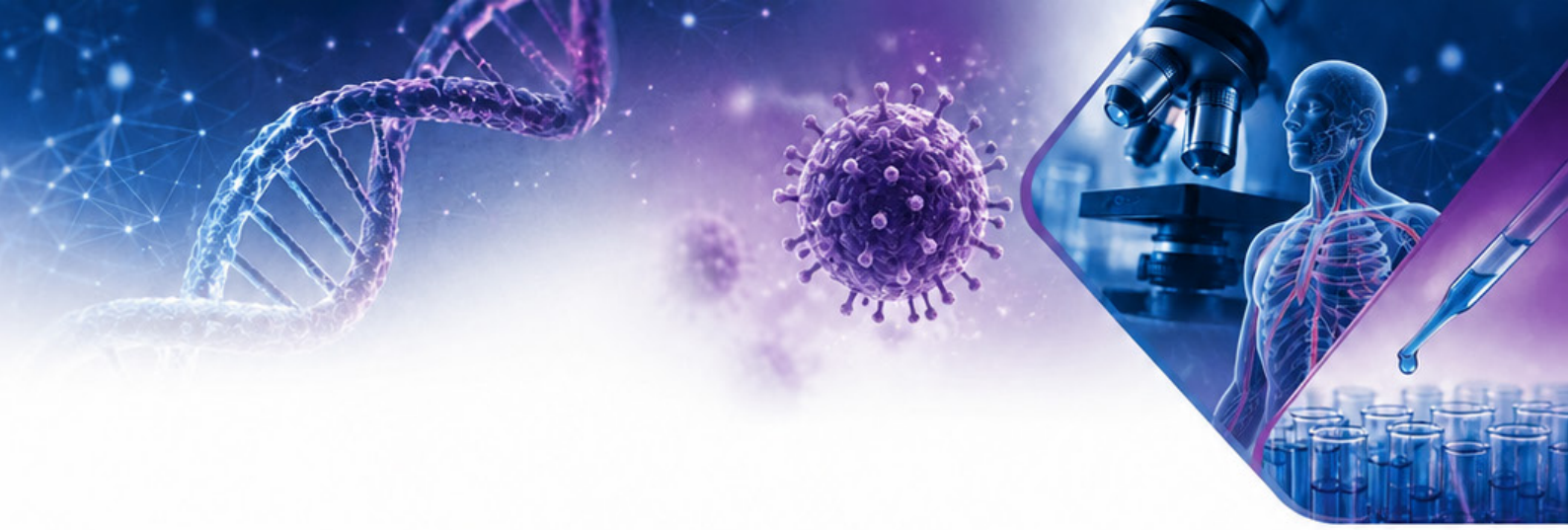
SOCIEDADE BRASILEIRA DE DIABETES (SBD). **Diretriz da Sociedade Brasileira de Diabetes – Ed. 2025**. São Paulo: SBD, 2025.

SOUZA, T. R. et al. Monitoramento laboratorial de complicações microvasculares: a importância da lesão renal. **Jornal Brasileiro de Nefrologia**, v. 46, n. 1, 2024.

SOUZA, V. B. et al. Sensibilidade do teste de tolerância à glicose no diagnóstico de disfunções metabólicas precoces. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, v. 54, n. 3, 2022.

TESTON, E. F. et al. Estratégias de cuidado ao indivíduo com diabetes mellitus na atenção primária. **Revista de Enfermagem UFPE**, v. 11, 2017.

VIANA, L. V. et al. A importância do TOTG na identificação de disglicemias ocultas. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 67, n. 3,



Capítulo 8

ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO ESTETA NA HARMONIZAÇÃO FACIAL COM ÁCIDO HIALURÔNICO: APLICAÇÕES, BENEFÍCIOS E POSSÍVEIS COMPLICAÇÕES

THE ROLE OF THE AESTHETIC BIOMEDICAL PROFESSIONAL IN FACIAL HARMONIZATION USING HYALURONIC ACID: APPLICATIONS, BENEFITS, AND POTENTIAL COMPLICATIONS

Ramilly Fernandes Borges[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

A harmonização facial tem se consolidado como uma das principais práticas da estética contemporânea, sendo amplamente procurada por indivíduos que buscam procedimentos minimamente invasivos capazes de promover rejuvenescimento facial e melhoria da aparência. Nesse contexto, o ácido hialurônico destaca-se como um dos biomateriais mais utilizados em procedimentos de preenchimento dérmico, devido às suas propriedades biológicas, como biocompatibilidade, capacidade de retenção hídrica e atuação na volumização dos tecidos. O presente estudo teve como objetivo analisar o uso do ácido hialurônico na harmonização facial, considerando suas aplicações, benefícios estéticos, possíveis complicações e a atuação do biomédico esteta. Trata-se de uma pesquisa de revisão de literatura, de natureza descritiva e abordagem qualitativa. A busca foi realizada nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Acadêmico, utilizando descritores específicos relacionados ao tema, combinados por operadores booleanos. Inicialmente, foram identificados cerca de 120 estudos, sendo selecionados 20 artigos científicos após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, considerando publicações entre 2015 e 2025. Os resultados evidenciaram que o ácido hialurônico é amplamente utilizado em diferentes regiões da face, promovendo melhora do contorno facial, reposição de volume e resultados com aspecto natural. Também foram identificadas complicações associadas ao procedimento, como edema, hematomas, reações inflamatórias e, em casos mais graves, necrose tecidual e oclusão vascular. Destaca-se a importância da atuação qualificada do biomédico esteta, cuja formação técnica e conhecimento anatômico são fundamentais para a segurança dos procedimentos. Conclui-se que o uso do ácido hialurônico representa um avanço na estética, desde que associado a práticas seguras e fundamentadas em conhecimento científico.

Palavras-chave: Ácido hialurônico; Harmonização facial; Biomedicina estética; Preenchimento dérmico; Estética.

Abstract

Facial harmonization has become one of the leading practices in contemporary aesthetics and is widely sought by individuals seeking minimally invasive procedures capable of promoting facial rejuvenation and improving physical appearance. In this context, hyaluronic acid stands out as one of the most widely used biomaterials in dermal filler procedures due to its biological properties, including biocompatibility, high water-retention capacity, and its ability to restore tissue volume. The present study aimed to analyze the use of hyaluronic acid in facial harmonization, considering its applications, aesthetic benefits, possible complications, and the role of the aesthetic biomedical professional. This study consisted of a descriptive literature review with a qualitative approach. The literature search was conducted in the SciELO, PubMed, and Google Scholar databases using specific descriptors related to the topic combined with Boolean operators. Initially, approximately 120 studies were identified, and 20 scientific articles published between 2015 and 2025 were selected after applying the established inclusion and exclusion criteria. The findings demonstrated that hyaluronic acid is widely used in different facial regions, promoting improved facial contour, volume restoration, and natural-looking aesthetic outcomes. Complications associated with the procedure were also identified, including edema, hematomas, inflammatory reactions, and, in more severe cases, tissue necrosis and vascular

occlusion. The study highlights the importance of the qualified performance of the aesthetic biomedical professional, whose technical training and anatomical knowledge are essential to ensure patient safety and successful clinical outcomes. It is concluded that the use of hyaluronic acid represents a significant advancement in aesthetic practice, provided that it is associated with safe procedures supported by scientific knowledge.

Keywords: Hyaluronic acid; Facial harmonization; Biomedical aesthetics; Dermal fillers; Aesthetics.

1 INTRODUÇÃO

A ampliação dos procedimentos estéticos minimamente invasivos foi observada de forma significativa nas últimas décadas, acompanhando transformações sociais relacionadas à valorização da aparência e ao avanço das tecnologias na área da saúde (Marques, 2022). No Brasil, esse crescimento esteve associado ao aumento da procura por intervenções capazes de promover rejuvenescimento facial e melhoria da autoimagem sem a necessidade de procedimentos cirúrgicos complexos (Silva *et al*., 2024). A popularização desses procedimentos também esteve relacionada ao desenvolvimento de técnicas mais seguras, com menor tempo de recuperação e resultados considerados mais naturais, fatores que contribuíram para a ampliação do acesso aos tratamentos estéticos.

A harmonização facial passou a integrar a estética contemporânea como um conjunto de procedimentos destinados à promoção do equilíbrio entre as estruturas faciais, considerando as características anatômicas individuais de cada paciente (Fontes; Oliveira; Souza, 2025). Esse procedimento estético tem sido amplamente utilizado por possibilitar intervenções menos invasivas, capazes de proporcionar resultados satisfatórios sem a necessidade de cirurgias de maior complexidade. Além da dimensão estética, esses procedimentos passaram a ser associados à valorização da autoimagem e ao fortalecimento da autoconfiança, aspectos que influenciam diretamente o bem-estar emocional e social dos indivíduos (Dias; Antonini, 2025).

A escolha do tema justificou-se pela crescente demanda por procedimentos estéticos que associam resultados satisfatórios à menor invasividade, bem como pela expansão da atuação da biomedicina na área estética (Xavier *et al*., 2024). A estética facial passou a ser compreendida em sua relação com autoestima, bem-estar e qualidade de vida, influenciando diretamente a percepção que o indivíduo possui de si mesmo (Albuquerque; Silva; Teixeira, 2022). Nesse contexto, o ácido hialurônico destacou-se como um dos principais biomateriais utilizados em procedimentos de preenchimento facial, sendo amplamente empregado em técnicas voltadas à reposição de volume, hidratação cutânea e melhora do contorno facial.

O ácido hialurônico apresenta propriedades biológicas que favorecem sua aplicação na harmonização facial, especialmente por sua capacidade de retenção hídrica e volumização dos tecidos (Gomes; Albuquerque, 2024). Sua utilização tem sido amplamente empregada em diferentes técnicas estéticas, permitindo a correção de sulcos, definição de contornos faciais e melhora da aparência da pele.

Além de atuar na sustentação e hidratação dos tecidos, esse biomaterial apresenta elevada biocompatibilidade, característica que favorece sua utilização em procedimentos minimamente invasivos voltados ao rejuvenescimento facial (Ribeiro; Araújo; Silva, 2022). Entretanto, mesmo sendo considerado um procedimento seguro, a literatura descreve a ocorrência de intercorrências quando sua aplicação não é realizada de forma adequada (Ferreira *et al*., 2022).

Diante desse contexto, definiu-se como problema de pesquisa a seguinte questão: quais foram as aplicações, os benefícios e as possíveis complicações do uso do ácido hialurônico na harmonização facial e qual foi o papel do biomédico esteta na realização segura desses procedimentos? A delimitação dessa problemática permitiu direcionar a investigação para aspectos relacionados à prática estética e à atuação profissional, considerando a necessidade de conhecimento técnico e domínio anatômico na realização desses procedimentos.

A pesquisa teve como objetivo geral analisar o uso do ácido hialurônico na harmonização facial, considerando suas aplicações, benefícios estéticos, possíveis complicações e a atuação do biomédico esteta. Para atender a esse objetivo, foram definidos três objetivos específicos alinhados à estrutura do trabalho: inicialmente, foram discutidos os fundamentos da estética contemporânea e as bases biológicas do ácido hialurônico; em seguida, foram abordadas suas aplicações e benefícios na harmonização facial; e, por fim, foram analisadas as complicações associadas ao seu uso e a atuação do biomédico esteta na realização dos procedimentos.

O estudo foi desenvolvido por meio de uma revisão de literatura de abordagem qualitativa e natureza descritiva. A busca foi realizada nas bases de dados SciELO, PubMed e Google Acadêmico, utilizando descritores como “ácido hialurônico”, “harmonização facial”, “preenchimento dérmico”, “estética facial” e “biomedicina estética”, combinados com operadores booleanos AND e OR.

Inicialmente, foram identificados cerca de 120 estudos, sendo selecionados 20 artigos científicos após aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, considerando publicações entre 2015 e 2025, disponíveis na íntegra em português e inglês e com relação direta com o tema. A seleção ocorreu por meio da leitura de títulos, resumos e textos completos, permitindo a organização das informações em categorias temáticas para análise.

2 HARMONIZAÇÃO FACIAL E BASES BIOLÓGICAS DO ÁCIDO HIALURÔNICO

De acordo com Marques (2022), a estética contemporânea tem sido marcada por uma expansão significativa dos procedimentos não cirúrgicos, especialmente no contexto brasileiro, onde se observa crescimento contínuo na realização de intervenções minimamente invasivas ao longo da última década. O autor identificou que procedimentos voltados ao rejuvenescimento facial passaram a ocupar posição de destaque entre as práticas estéticas mais procuradas, fenômeno associado tanto à evolução tecnológica quanto à ampliação do acesso da população aos tratamentos estéticos. Esse crescimento também esteve relacionado ao desenvolvimento de biomateriais mais seguros e ao aperfeiçoamento das técnicas utilizadas nos procedimentos faciais.

Silva *et al*. (2024) complementam que os avanços das tecnologias aplicadas à saúde contribuíram para tornar os procedimentos minimamente invasivos alternativas mais acessíveis e atrativas quando comparadas às abordagens cirúrgicas tradicionais. Segundo os autores, fatores como menor tempo de recuperação, redução de riscos cirúrgicos e obtenção de resultados mais naturais favoreceram a popularização dessas intervenções entre diferentes perfis de pacientes. A procura por procedimentos menos invasivos passou a refletir uma mudança no comportamento social contemporâneo, no qual a estética facial passou a ser associada não apenas à aparência física, mas também ao bem-estar e à satisfação pessoal.

Nesse cenário, Siqueira *et al*. (2025) destacam que a harmonização facial consolidou-se como uma das principais abordagens da estética atual, sendo caracterizada pelo conjunto de técnicas voltadas à promoção do equilíbrio e da proporcionalidade entre as estruturas faciais. Os autores discutem que essa prática não se limita à correção isolada de imperfeições, mas envolve uma avaliação global da face, considerando fatores anatômicos, funcionais e estéticos. Dias e Antonini (2025) acrescentam que a harmonização facial passou a priorizar resultados mais naturais e individualizados, buscando preservar as características próprias de cada paciente, aspecto que representa uma mudança importante nos padrões estéticos contemporâneos.

Segundo Albuquerque, Silva e Teixeira (2022), a valorização da estética facial também se relaciona diretamente à autoestima e à qualidade de vida, uma vez que a imagem corporal influencia a maneira como o indivíduo se percebe e se posiciona socialmente. Xavier *et al*. (2024) observaram que procedimentos estéticos podem contribuir para a melhora da autoconfiança e da satisfação pessoal, especialmente quando os resultados obtidos correspondem às expectativas dos pacientes. Godoi, Pinto e Cardoso (2024) discutem que a percepção positiva da autoimagem possui impacto significativo no bem-estar emocional, fortalecendo a relação entre estética, saúde mental e qualidade de vida.

Fontes, Oliveira e Souza (2025) acrescentam que a busca por procedimentos estéticos encontra-se frequentemente associada à construção de uma autoimagem mais positiva, sobretudo entre mulheres, grupo que historicamente apresenta maior procura por intervenções estéticas. Souza (2025) e Sakihama *et al*. (2024) observam que a biomedicina estética ampliou significativamente sua atuação nesse campo, incorporando práticas voltadas à promoção do bem-estar e da valorização da imagem pessoal. Oliveira *et al*. (2025) complementam que a estética contemporânea passou a integrar dimensões relacionadas à saúde física, emocional e social, ultrapassando a perspectiva limitada à aparência externa.

Do ponto de vista biológico, Matos e Santos (2025) ressaltam que a compreensão da anatomia facial constitui elemento indispensável para a realização de procedimentos estéticos seguros e eficazes. Os autores descrevem que a pele é formada por três camadas principais: epiderme, derme e hipoderme, responsáveis por funções relacionadas à proteção, sustentação e armazenamento energético. Com o envelhecimento, essas estruturas sofrem alterações progressivas, incluindo redução da produção de colágeno e elastina, diminuição da hidratação cutânea e redistribuição dos compartimentos de gordura facial, fatores que favorecem a perda de volume, flacidez e formação de rugas (Siqueira *et al*., 2025).

Ribeiro, Araújo e Silva (2022) explicam que o ácido hialurônico desempenha

papel fundamental na manutenção das propriedades estruturais da pele, sendo uma substância naturalmente presente na matriz extracelular. Sua principal característica está relacionada à elevada capacidade de retenção hídrica, permitindo a manutenção da hidratação, elasticidade e sustentação dos tecidos. Os autores descrevem que essa propriedade favorece o preenchimento dos espaços intercelulares e contribui diretamente para a volumização facial e para a melhora do contorno da pele, fatores amplamente explorados nos procedimentos de harmonização facial.

Além disso, Freitas *et al*. (2023) destacam que o ácido hialurônico apresenta elevada biocompatibilidade, característica que reduz a ocorrência de reações adversas quando comparado a outros biomateriais utilizados na estética. Sua biodegradabilidade também representa fator importante, pois o material é gradualmente absorvido pelo organismo, permitindo ajustes e reaplicações conforme a necessidade clínica do paciente. Ribeiro, Araújo e Silva (2022) observam que essas propriedades tornaram o ácido hialurônico um dos principais recursos utilizados na harmonização facial, especialmente em procedimentos destinados à restauração de volumes perdidos e à melhora da definição dos contornos faciais.

Gomes e Albuquerque (2024) observam que a versatilidade do ácido hialurônico possibilita sua aplicação em diferentes regiões anatômicas da face, permitindo intervenções direcionadas às necessidades específicas de cada paciente. Essa adaptabilidade favorece resultados mais individualizados, alinhados às características anatômicas e às expectativas estéticas de cada indivíduo. Barletta e Ferreira (2024) complementam que o sucesso dos procedimentos depende não apenas das propriedades do biomaterial, mas também do domínio técnico e anatômico do profissional responsável pela aplicação.

Dessa forma, a harmonização facial associada ao uso do ácido hialurônico representa importante avanço no campo da estética contemporânea, integrando conhecimentos científicos, biológicos e tecnológicos voltados à promoção do bem-estar e da qualidade de vida (Silva *et al*., 2024). A compreensão das bases anatômicas, das propriedades do biomaterial e das técnicas utilizadas torna-se indispensável para a realização segura dos procedimentos, reforçando a necessidade de formação qualificada e atualização constante dos profissionais que atuam na área estética (Matos; Santos, 2025).

3 APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS DO ÁCIDO HIALURÔNICO NA HARMONIZAÇÃO FACIAL

Ribeiro, Araújo e Silva (2022) descrevem que o ácido hialurônico consolidou-se como um dos principais biomateriais utilizados na estética facial contemporânea, sendo amplamente empregado em procedimentos de preenchimento dérmico. Os autores ressaltam que sua utilização está relacionada à capacidade de promover volumização, hidratação e melhora do contorno facial, fatores que favoreceram sua ampla inserção nas práticas de harmonização facial. A associação entre segurança, versatilidade e resultados com aspecto natural contribuiu para que esse biomaterial passasse a integrar intervenções destinadas não apenas à correção de imperfeições, mas também à valorização da estética individual e ao rejuvenescimento facial (Siqueira *et al*., 2025).

Siqueira *et al*. (2025) destacam que as aplicações do ácido hialurônico na har-

monização facial abrangem diferentes regiões anatômicas, permitindo procedimentos personalizados de acordo com as necessidades de cada paciente. Entre as principais indicações encontram-se o preenchimento de sulcos nasogenianos, a volumização da região malar, o aumento e definição labial, além do contorno mandibular e mentoniano. Segundo os autores, essas intervenções possibilitam a reposição de volumes perdidos ao longo do envelhecimento e contribuem para maior equilíbrio entre as estruturas faciais. Freitas *et al*. (2023) complementam que a harmonização facial passou a priorizar resultados mais proporcionais e naturais, respeitando as características anatômicas individuais.

No que se refere ao preenchimento de sulcos faciais, Ribeiro, Araújo e Silva (2022) explicam que a aplicação do ácido hialurônico atua na suavização das marcas de expressão, especialmente na região nasogeniana, área frequentemente afetada pelo envelhecimento cutâneo. O preenchimento promove sustentação tecidual e reduz a profundidade dos sulcos, favorecendo aparência mais rejuvenescida. Paralelamente, Siqueira *et al*. (2025) observam que a volumização da região malar desempenha papel importante na redefinição dos contornos faciais, auxiliando na reposição do suporte estrutural perdido ao longo do envelhecimento e reduzindo sinais de flacidez.

Freitas *et al*. (2023) ressaltam que o aumento e a definição labial figuram entre os procedimentos mais procurados na harmonização facial, sobretudo pela possibilidade de melhorar proporção, contorno e volume dos lábios de maneira menos invasiva. Os autores observam que o ácido hialurônico permite resultados mais precisos devido à sua capacidade de adaptação aos tecidos. De forma semelhante, o contorno mandibular e mentoniano tem sido amplamente utilizado para proporcionar maior definição da linha facial e melhorar a harmonia do perfil. Ribeiro, Araújo e Silva (2022) destacam que essas aplicações demonstram a versatilidade do biomaterial, permitindo intervenções em diferentes áreas da face com finalidades específicas.

Siqueira *et al*. (2025) apontam que os benefícios estéticos do ácido hialurônico vão além da reposição de volume facial, incluindo melhora da hidratação, elasticidade e firmeza da pele. Sua elevada capacidade de retenção hídrica favorece a manutenção da sustentação tecidual, contribuindo para aspecto mais saudável e revitalizado. Xavier *et al*. (2024) acrescentam que os resultados obtidos por meio da harmonização facial tendem a apresentar aparência mais natural, característica amplamente valorizada pelos pacientes na estética contemporânea. Essa busca por naturalidade representa uma mudança importante nos padrões estéticos atuais, nos quais intervenções discretas passaram a ser preferidas em relação a transformações excessivamente artificiais.

Outro aspecto relevante refere-se ao caráter minimamente invasivo dos procedimentos realizados com ácido hialurônico. Silva *et al*. (2024) enfatizam que essas intervenções apresentam menor tempo de recuperação quando comparadas às abordagens cirúrgicas tradicionais, permitindo retorno mais rápido às atividades diárias. Os autores também observam que a redução do período de recuperação e a menor incidência de complicações pós-operatórias contribuíram significativamente para a popularização dos preenchimentos faciais.

Fontes, Oliveira e Souza (2025) e Godoi, Pinto e Cardoso (2024) discutem que os benefícios da harmonização facial não se restringem às alterações estéticas, alcançando também aspectos relacionados à autoestima e à qualidade de vida.

A melhora na percepção da imagem corporal pode influenciar positivamente a autoconfiança, o bem-estar emocional e as relações sociais dos indivíduos. Nesse sentido, os autores observam que a estética contemporânea passou a dialogar diretamente com dimensões psicossociais da saúde, reforçando a importância de procedimentos realizados de maneira ética e responsável.

Souza (2025) e Sakihama *et al*. (2024) apontam que a atuação do biomédico esteta desempenha papel fundamental na obtenção de resultados satisfatórios e seguros. O planejamento individualizado, a avaliação das características anatômicas e a escolha adequada das técnicas são fatores determinantes para o sucesso dos procedimentos. Além disso, Oliveira *et al*. (2025) ressaltam que a formação técnica e científica do profissional influencia diretamente a segurança e a qualidade das intervenções estéticas, especialmente diante da crescente complexidade das técnicas utilizadas na harmonização facial.

A utilização do ácido hialurônico na harmonização facial representa importante avanço na estética contemporânea, integrando benefícios relacionados à melhora da aparência, rejuvenescimento facial, hidratação cutânea e fortalecimento da autoestima (Souza, 2025). A versatilidade do biomaterial, associada às suas propriedades biológicas e à atuação qualificada do biomédico esteta, contribui para a realização de procedimentos mais seguros, individualizados e alinhados às expectativas dos pacientes (Sakihama *et al*., 2024).

4 COMPLICAÇÕES ASSOCIADAS AO USO DO ÁCIDO HIALURÔNICO E ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO ESTETA

Ferreira *et al*. (2022) destacam que, embora o ácido hialurônico apresente perfil de segurança considerado favorável e seja amplamente utilizado na harmonização facial, sua aplicação não está isenta da ocorrência de intercorrências. Os autores observam que a crescente popularização dos procedimentos estéticos minimamente invasivos ampliou também a necessidade de discussões relacionadas aos riscos associados ao uso desse biomaterial. Gomes e Albuquerque (2024) complementam que eventos adversos podem ocorrer principalmente quando os procedimentos são realizados sem planejamento adequado, avaliação individualizada ou domínio técnico suficiente, fatores que podem comprometer tanto o resultado estético quanto a segurança do paciente.

Segundo Freitas *et al*. (2023), as complicações mais frequentes associadas ao uso do ácido hialurônico incluem edema, hematomas e reações inflamatórias locais, geralmente relacionadas ao processo de aplicação e à resposta biológica individual de cada paciente. Os autores descrevem que essas intercorrências apresentam, na maioria dos casos, caráter transitório, podendo regredir espontaneamente ou mediante intervenções simples. Ribeiro, Araújo e Silva (2022) acrescentam que a ocorrência dessas manifestações reforça a importância de uma avaliação clínica detalhada antes da realização do procedimento, considerando histórico de saúde, características anatômicas e possíveis fatores de risco.

Gomes e Albuquerque (2024) ressaltam que, além das intercorrências consideradas leves, existem complicações que demandam maior atenção por parte do profissional, especialmente aquelas relacionadas à falha nos protocolos de biossegurança ou à execução inadequada das técnicas de aplicação. Entre essas complicações destacam-se as infecções e as reações inflamatórias persisten-

tes, que podem comprometer não apenas a estética final do procedimento, mas também a integridade dos tecidos e a saúde geral do paciente. Barletta e Ferreira (2024) reforçam que o cumprimento rigoroso das normas de assepsia e biossegurança constitui medida indispensável para minimizar a ocorrência desses eventos adversos.

Barletta e Ferreira (2024) apontam ainda que as complicações mais graves relacionadas ao uso do ácido hialurônico incluem necrose tecidual e oclusão vascular, consideradas intercorrências de elevada complexidade e potencial de dano permanente. Os autores explicam que esses eventos estão frequentemente associados à aplicação inadequada do biomaterial em regiões com intensa vascularização ou à injeção inadvertida do produto em vasos sanguíneos. Tal condição evidencia que a ausência de conhecimento anatômico aprofundado ou a execução incorreta das técnicas podem resultar em consequências significativas, exigindo preparo técnico rigoroso e capacidade de intervenção imediata diante de situações adversas.

Matos e Santos (2025) destacam que o conhecimento anatômico assume papel central na realização dos procedimentos de harmonização facial, especialmente no que se refere à identificação das áreas de risco e ao planejamento seguro da aplicação do biomaterial. Os autores ressaltam que a compreensão da vascularização facial, dos planos anatômicos e das estruturas musculares permite maior previsibilidade dos resultados e redução das intercorrências. Nesse sentido, a prática estética contemporânea exige não apenas habilidade técnica, mas também embasamento científico consistente capaz de orientar decisões clínicas mais seguras e individualizadas.

Sakihama *et al*. (2024) apontam que a atuação do biomédico esteta tem se consolidado como elemento fundamental na realização de procedimentos estéticos minimamente invasivos, especialmente devido à crescente demanda por tratamentos voltados ao rejuvenescimento facial e à valorização da imagem pessoal. Os autores observam que a biomedicina estética exige formação técnica e científica específica, tornando indispensável que o profissional possua domínio anatômico, capacidade de avaliação facial e conhecimento atualizado acerca dos biomateriais utilizados nos procedimentos.

Souza e Santos (2025) acrescentam que o biomédico esteta desempenha papel essencial na garantia da segurança do paciente, sendo responsável pela avaliação individualizada, escolha das técnicas adequadas e condução ética do procedimento. Além da execução técnica, o profissional deve orientar o paciente quanto aos cuidados pré e pós-procedimento, esclarecendo riscos, benefícios e possíveis complicações. Souza (2025) ressalta que a atuação ética e responsável constitui aspecto indispensável para a qualidade dos resultados e para a preservação da saúde do paciente.

Oliveira *et al*. (2025) destacam ainda que os avanços constantes da estética contemporânea exigem atualização científica contínua por parte dos profissionais da área. O aperfeiçoamento técnico, o acompanhamento das novas tecnologias e a compreensão das intercorrências relacionadas aos procedimentos tornam-se fundamentais para a prática clínica segura. Nesse sentido, a formação continuada configura-se como instrumento essencial para garantir maior qualidade na assistência estética e reduzir a ocorrência de complicações decorrentes da aplicação inadequada do ácido hialurônico.

A realização de procedimentos com ácido hialurônico demanda preparo técnico, conhecimento científico e responsabilidade profissional, especialmente diante dos riscos associados à sua aplicação (Ferreira *et al*., 2022). A compreensão das possíveis complicações e dos fatores que contribuem para sua ocorrência permite a adoção de práticas mais seguras e fundamentadas, favorecendo não apenas a obtenção de resultados estéticos satisfatórios, mas também a preservação da saúde e do bem-estar dos pacientes. A atuação qualificada do biomédico esteta configura-se como elemento indispensável para a segurança, eficácia e qualidade dos procedimentos realizados (Gomes; Albuquerque, 2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa permitiu compreender o uso do ácido hialurônico na harmonização facial a partir de uma análise fundamentada na literatura científica, contemplando suas aplicações, benefícios estéticos e possíveis complicações, além de evidenciar a atuação do biomédico esteta nesse contexto. A harmonização facial foi apresentada como uma prática consolidada na estética contemporânea, associada à busca por intervenções minimamente invasivas capazes de promover melhorias na aparência e contribuir para a construção de uma autoimagem mais satisfatória.

No que se refere aos objetivos propostos, foi possível discutir as propriedades biológicas do ácido hialurônico que justificam sua ampla utilização em procedimentos estéticos, destacando sua capacidade de retenção hídrica, biocompatibilidade e atuação na volumização dos tecidos. Também foram descritas suas principais aplicações na harmonização facial, evidenciando sua versatilidade em diferentes regiões anatômicas, bem como os benefícios relacionados ao rejuvenescimento cutâneo, melhora do contorno facial e obtenção de resultados com aspecto natural.

A análise das produções científicas também permitiu identificar que, embora o ácido hialurônico apresente bom perfil de segurança, sua utilização não está isenta de riscos. Complicações como edema, hematomas, reações inflamatórias e, em situações mais complexas, eventos vasculares e necrose tecidual foram descritas, demonstrando que a realização desses procedimentos exige preparo técnico e conhecimento anatômico aprofundado. Nesse sentido, a segurança do paciente mostrou-se diretamente relacionada à qualificação do profissional responsável pela execução das técnicas.

A atuação do biomédico esteta destacou-se como elemento fundamental para a realização segura e eficaz dos procedimentos de harmonização facial. A formação científica, o domínio das estruturas anatômicas e a capacidade de planejamento individualizado foram evidenciados como fatores indispensáveis para a obtenção de resultados satisfatórios. Além disso, a responsabilidade ética e o compromisso com a atualização profissional contínua configuraram-se como aspectos essenciais para a prática estética baseada em conhecimento técnico-científico.

Dessa forma, o estudo contribuiu para a ampliação da compreensão acerca do uso do ácido hialurônico na harmonização facial, reforçando a importância de práticas fundamentadas na ciência e na segurança do paciente. A pesquisa também evidenciou a necessidade de continuidade das investigações na área,

especialmente no que se refere ao aprimoramento das técnicas e à prevenção de complicações, visando fortalecer a atuação da biomedicina estética e promover intervenções cada vez mais seguras e eficazes.

Referências

ALBUQUERQUE, Karla Larissa Chaves; SILVA, Lindiele Batista; TEIXEIRA, Heurisongley Sousa. Autoestima e qualidade de vida: uma relação com a estética. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 16, p. e496111638541-e496111638541, 2022.

BARLETTA, Giulia Koscialkowski Ascoli; FERREIRA, Eliana Claudia Perroud Morato. Riscos decorrentes ao preenchimento facial com ácido hialurônico. **Repositório Institucional do UNILUS**, v. 3, n. 1, 2024.

DIAS, Emanuelly Lima; ANTONINI, Ana Carolina Magalhães. A Influência da Harmonização Facial na Autoestima: Uma Revisão Bibliográfica sobre Impactos e Atuações. **Iesgo Science**, v. 1, n. 1, 2025.

FERREIRA, Maria Clara Carvalho *et al*. Possíveis complicações após procedimento de preenchimento facial com ácido hialurônico: uma revisão de literatura. **Revista interfaces: saúde, humanas e tecnologia**, v. 10, n. 2, p. 1325-1328, 2022.

FONTES, Leticia Bitencourt Gomes; OLIVEIRA, Cristiane Metzker Santana; SOUZA, Fabia Julliana Jorge. A relação da estética com a autoestima da mulher: uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 11, p. 4809-4816, 2025.

FREITAS, Stephanny Karen Oliveira *et al*. As principais intercorrências na harmonização facial com o uso do ácido hialurônico. **Revista Científica de Estética e Cosmetologia**, v. 3, n. 1, p. E1312023-1-7, 2023.

GIL, Antonio Carlos. **Pesquisa qualitativa básica**. Editora Vozes, 2025.

GODOI, Myllena Pereira Bispo; PINTO, Katiely Vieira; CARDOSO, Lahís Alves Lopes. A influência da estética para mulheres e a qualidade de vida na satisfação com a autoimagem corporal. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 6, p. 962-973, 2024.

GOMES, Marcella Azevedo; ALBUQUERQUE, Camila. Intercorrências advindas do preenchimento facial com ácido hialurônico. **Cadernos de Odontologia do UNIFESO**, v. 6, n. 2, p. 98-108, 2024.

MARQUES, Paulo Ricardo Conceição. Procedimentos estéticos não cirúrgicos realizados no Brasil entre 2010 e 2020. **Revista Multidisciplinar em Saúde**, p. 42-50, 2022.

MATOS, Ana Paula Menezes; SANTOS, Viviane Marinho. A contribuição da estética preventiva para o envelhecimento saudável: uma abordagem biomédica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 10, p. 5144-5152, 2025.

OLIVEIRA, Cristiane Meira dos Santos *et al*. O papel do biomédico esteta no tratamento com laserterapia no combate a cicatrização, a dor e a inflamação. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 12, p. 6678-6694, 2025.

OLIVEIRA, José Ricardo Lourenço *et al*. Biomedicina estética e qualidade de vida: interfaces psicofisiológicas entre ciência, imagem pessoal e bem-estar. **LUMEN ET VIRTUS**, v. 16, n. 54, p. e10237-e10237, 2025.

RAMOS, Ramos Hilario; MAZALO, João Viriato. Metodologias de investigação científica: passos para elaboração de artigos científicos. **Revista Nova Paideia-Revista Interdisciplinar em Educação e Pesquisa**, v. 6, n. 2, p. 137-155, 2024.

RIBEIRO, Antônia; ARAÚJO, Eduarda; SILVA, Natasha. As vantagens do preenchimento facial com ácido hialurônico, e as possíveis complicações: revisão bibliográfica. **Revista Cientifica de estética e cosmetologia**, v. 2, n. 1, p. E0422022-11, 2022.

SAKIHAMA, Sueli Yamamoto *et al*. Biomedicina estética e o impacto na autoestima. **RECIMA-21-Revista Científica Multidisciplinar-ISSN 2675-6218**, v. 5, n. 10, p. e5105764-e5105764, 2024.

SILVA, Bruna Moreira; FERREIRA, Lilian Abreu. A beleza interior encontra a confiança exterior: A influência dos procedimentos estéticos na qualidade de vida. **Scientia Generalis**, v. 6, n. 2, p. 513-

519, 2025.

SILVA, Marcos Fernandes *et al*. Avanços em Cirurgia Plástica Minimamente Invasiva: Benefícios, Complicações e Comparação com Abordagens Tradicionais. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 3, p. 2422-2442, 2024.

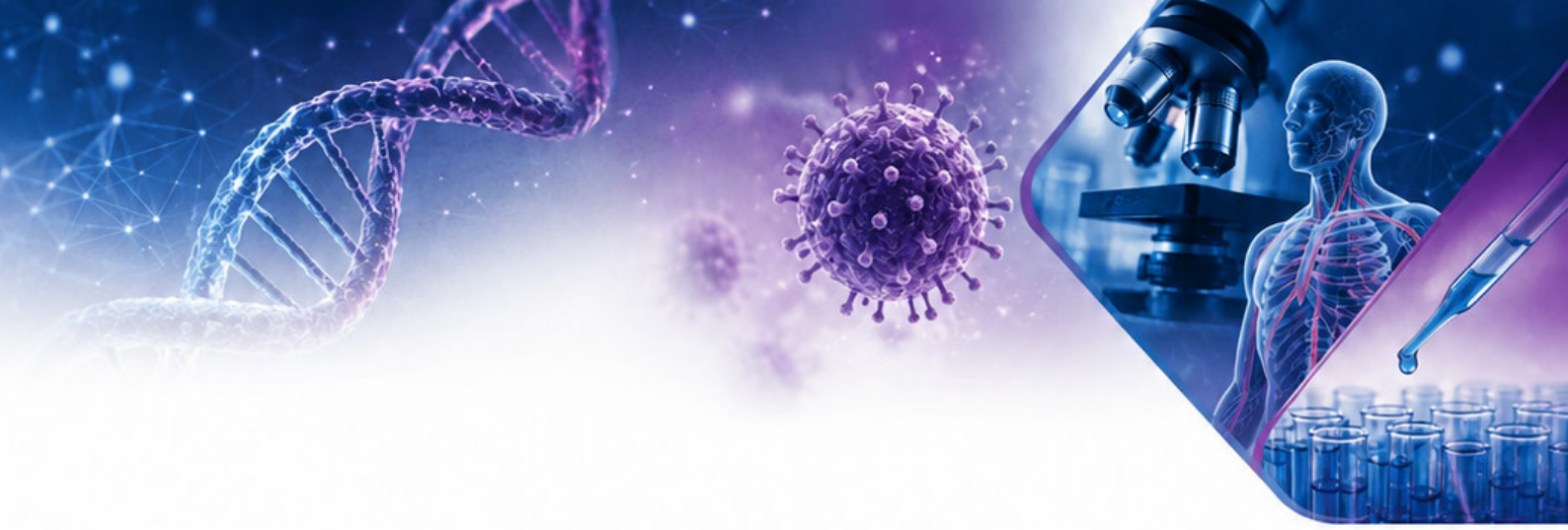
SIQUEIRA, Virginia Rodrigues de Oliveira *et al*. O impacto sobre os avanços dos tratamentos estéticos no rejuvenescimento facial. **ARACÊ**, v. 7, n. 5, p. 22185-22198, 2025.

SOBRINHO, Jucimara da Costa Jardim; FERRAZ, Sueli Marques. Uma reflexão bioética sobre os procedimentos estéticos invasivos. **Facit Business and Technology Journal**, v. 2, n. 39, 2022.

SOUZA, Celice Pereira. Biomedicina estética e harmonização facial: impacto na autoestima. **Revista Remecs-Revista Multidisciplinar de Estudos Científicos em Saúde**, p. 4-4, 2025.

SOUZA, Sarah Taynnara Silva; SANTOS, Viviane Marinho. O papel da biomedicina estética no bem-estar das mulheres: uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 11, n. 11, p. 5420-5431, 2025.

XAVIER, Nayara Moema de Jesus *et al*. Impacto dos procedimentos biomédicos estéticos na autoestima e qualidade de vida. **Revista Delos**, v. 17, n. 60, p. e2432-e2432, 2024.



Capítulo 9

PREVALÊNCIA DE PARASITOSES INTESTINAIS EM CRIANÇAS BRASILEIRAS: DESTACANDO GIARDIASE E ASCARIDIASE E SEUS IMPACTOS NO DESENVOLVIMENTO INFANTIL

PREVALENCE OF INTESTINAL PARASITOSES IN BRAZILIAN CHILDREN: EMPHASIZING GIARDIASIS AND ASCARIASIS AND THEIR IMPACT ON CHILD DEVELOPMENT

Tailane Kaynan Da Silva Sousa[1]

Ariadina Rakell Silva De Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

Resumo

As parasitoses intestinais constituem um relevante problema de saúde pública no Brasil, especialmente em regiões Norte e Nordeste, onde o saneamento básico é precário e a população infantil apresenta maior vulnerabilidade. Protozoários e helmintos, como *Giardia lamblia* e *Ascaris lumbricoides*, estão associados a impactos clínicos e nutricionais significativos, incluindo diarreia, anemia, atraso no crescimento e prejuízos cognitivos. O objetivo deste estudo é analisar a prevalência das parasitoses intestinais em crianças em idade escolar no Brasil, identificando os principais fatores associados à transmissão e compreendendo seus impactos no desenvolvimento infantil. Para alcançar esse propósito, foi realizada uma revisão sistemática de caráter descritivo e analítico, utilizando como descritores “Parasitoses intestinais”, “Prevalência em crianças” e “Qualidade de vida infantil”, em português e inglês, intermediados por operadores booleanos. As bases de dados consultadas foram Google Acadêmico, SciELO, Lilacs, Medline e Scopus, considerando artigos originais, revisões e estudos de corte publicados nos últimos 10 anos (2017-2026) Observou-se que as parasitoses intestinais apresentam distribuição heterogênea no Brasil, com maior incidência em regiões de vulnerabilidade socioeconômica. Crianças constituem o grupo mais afetado, devido à imaturidade imunológica e hábitos comportamentais que favorecem a transmissão. Os principais impactos incluem déficits nutricionais, anemia, atraso no crescimento e prejuízos cognitivos, refletindo diretamente na qualidade de vida e no desempenho escolar. Conclui-se que as parasitoses intestinais em crianças brasileiras permanecem como desafio de saúde pública, reforçando a necessidade de estratégias integradas de controle. Campanhas de desparasitação, programas de educação em saúde e investimentos em saneamento básico são medidas indispensáveis para reduzir a incidência dessas infecções e promover melhorias na qualidade de vida infantil.

Palavras-chave: Parasitoses intestinais. Prevalência em crianças. Qualidade de vida infantil.

Abstract

Intestinal parasitoses constitute a relevant public health problem in Brazil, especially in the North and Northeast regions, where basic sanitation is precarious and the child population is particularly vulnerable. Protozoa and helminths, such as *Giardia lamblia* and *Ascaris lumbricoides*, are associated with significant clinical and nutritional impacts, including diarrhea, anemia, growth delay, and cognitive impairment. The objective of this study is to analyze the prevalence of intestinal parasitoses in school-age children in Brazil, identifying the main factors associated with transmission and understanding their impacts on child development. To achieve this purpose, a systematic review of a descriptive and analytical nature was carried out, using the descriptors “Intestinal parasitoses,” “Prevalence in children,” and “Child quality of life,” in Portuguese and English, combined with Boolean operators. The databases consulted were Google Scholar, SciELO, Lilacs, Medline, and Scopus, considering original articles, reviews, and cohort studies published in the last 10 years (2017–2026). It was observed that intestinal parasitoses present a heterogeneous distribution in Brazil, with higher incidence in socioeconomically vulnerable regions. Children are the most affected group, due to immunological immaturity and behavioral habits that favor transmission. The main impacts include nutritional deficits, anemia, growth delay, and cogni-

tive impairment, directly reflecting on quality of life and school performance. It is concluded that intestinal parasitoses in Brazilian children remain a public health challenge, reinforcing the need for integrated control strategies. Deworming campaigns, health education programs, and investments in basic sanitation are indispensable measures to reduce the incidence of these infections and promote improvements in child quality of life.

Keywords: Intestinal parasitoses**.** Prevalence in children**.** Child quality of life.

1 INTRODUÇÃO

As parasitoses intestinais correspondem a infecções causadas por diferentes espécies de parasitas que se desenvolvem no trato gastrointestinal humano, sendo amplamente distribuídas em todo o mundo. Essas infecções estão diretamente relacionadas a condições sanitárias inadequadas, à falta de acesso à água potável e a hábitos de higiene adequado, fatores que contribuem para sua elevada ocorrência, especialmente em países em desenvolvimento.

As crianças em idade escolar constituem o grupo mais vulnerável às parasitoses intestinais, sendo essas infecções consideradas algumas das mais comuns nesse público. O sistema imunológico ainda em desenvolvimento torna esse grupo mais suscetível, uma vez que não apresenta completa capacidade de defesa contra agentes parasitários. Dessa forma, tais infecções podem causar impactos significativos na saúde infantil, como prejuízos no crescimento, no desenvolvimento e no rendimento escolar, o que reforça a relevância do estudo.

Além dos fatores imunológicos, hábitos característicos da infância favorecem a transmissão, como o contato direto com o solo ao andar descalço e o hábito de levar objetos à boca, incluindo brinquedos potencialmente contaminados. Esses comportamentos aumentam o risco de infecção, principalmente em ambientes com condições precárias de saneamento e higiene. Diante desse contexto, surge o seguinte problema de pesquisa: qual é a prevalência das parasitoses intestinais em crianças em idade escolar no Brasil e quais são os principais fatores associados à sua ocorrência?

O presente estudo tem como objetivo geral analisar a prevalência das parasitoses intestinais em crianças em idade escolar no Brasil. Como objetivos específicos, busca-se identificar os principais fatores associados à sua transmissão, bem como compreender os impactos dessas infecções na saúde infantil, considerando aspectos relacionados às condições ambientais, aos hábitos de higiene e às características imunológicas dessa população.

As parasitoses intestinais, como a giardíase e a ascaridíase, apresentam elevada prevalência em crianças brasileiras, sobretudo em regiões com saneamento básico precário. Esses agravos comprometem a absorção de nutrientes, favorecem quadros de desnutrição e anemia e podem gerar atrasos no crescimento e no desempenho escolar. Diante disso, o estudo do tema se justifica pela relevância em compreender seus impactos no desenvolvimento infantil e pela necessidade de subsidiar políticas públicas voltadas à prevenção e ao tratamento eficaz.

O presente trabalho consiste em uma revisão sistemática da literatura de caráter descritivo e analítico por terem rigor metodológico e inferências confiá-

veis. Para tanto, foram utilizados como descritores de busca: “Parasitoses intestinais”, “Prevalência em crianças” e “Qualidade de vida infantil”, intermediados pelos operadores booleanos AND e OR, em português e inglês. As bases de dados mais empregadas na área da saúde foram utilizadas para a pesquisa, sendo Google Acadêmico, SciELO, Lilacs, Medline e Scopus. Os critérios de inclusão foram: artigos originais, revisões e estudos de corte que abordassem diretamente parasitoses intestinais em crianças, publicados entre os últimos 10 anos. Foram excluídos trabalhos duplicados, resumos sem texto completo e publicações que não apresentassem dados relevantes para a temática.

2 PARASITOSES INTESTINAIS EM CRIANÇAS

O parasitismo é definido como uma relação biológica entre organismos na qual um deles, denominado parasito, obtém benefícios como nutrientes ou abrigo, enquanto o hospedeiro sofre prejuízos decorrentes dessa interação. Essa relação é considerada desarmônica, pois compromete o equilíbrio fisiológico do hospedeiro e pode levar ao surgimento de alterações patológicas. O parasitismo pode ocorrer em diferentes níveis de complexidade, variando desde associações simples até interações altamente especializadas, nas quais o parasito desenvolve mecanismos adaptativos para garantir sua sobrevivência e reprodução (Neves, 2016).

Esse processo pode resultar no desenvolvimento de doenças parasitárias, cuja intensidade está relacionada a diversos fatores, como a carga parasitária, a localização do parasito no organismo, sua virulência e as condições gerais do hospedeiro. Entre essas condições, destacam-se a idade, o estado nutricional, a resposta imunológica e os hábitos de vida, que podem favorecer ou dificultar a instalação e evolução da infecção. Dessa forma, a manifestação clínica das parasitoses pode variar de quadros assintomáticos até doenças graves, dependendo da interação entre o parasito e o hospedeiro (Brandão *et al*., 2024; Ministério da Saúde, 2024).

As parasitoses intestinais correspondem a infecções causadas principalmente por helmintos e protozoários que acometem o trato gastrointestinal, sendo consideradas importantes causas de agravos à saúde em nível mundial. Essas doenças apresentam elevada prevalência em regiões com condições sanitárias precárias, falta de acesso a água potável e ausência de medidas adequadas de higiene. Além de comprometerem a saúde individual, as parasitoses intestinais têm impacto coletivo, pois estão associadas a déficits nutricionais, baixo rendimento escolar e redução da produtividade laboral, configurando-se como um problema de saúde pública que exige estratégias de prevenção e controle (Munareto *et al*., 2021).

3 PARASITOSES INTESTINAIS COMO PROBLEMA DE SAÚDE PÚBLICA

As parasitoses intestinais configuram um importante desafio para a saúde coletiva, sobretudo em regiões em desenvolvimento, onde estão fortemente relacionadas à ausência de infraestrutura adequada de saneamento e às desigualdades sociais. A falta de acesso a água tratada, coleta de resíduos e educação em

saúde favorece a disseminação desses agentes infecciosos, contribuindo para a manutenção de ciclos de transmissão persistentes. O impacto dessas doenças vai além do aspecto clínico, refletindo-se em indicadores sociais e econômicos, já que comprometem a qualidade de vida e aumentam os custos com assistência médica (Antunes *et al*., 2020).

Essas enfermidades afetam de maneira mais acentuada grupos populacionais em situação de vulnerabilidade, com destaque para crianças, que apresentam maior exposição a ambientes contaminados e menor capacidade de defesa imunológica. A presença de parasitos intestinais nessa faixa etária está associada a prejuízos no crescimento, dificuldades de aprendizagem e maior risco de complicações nutricionais. O cenário torna-se ainda mais preocupante quando se considera que a infância é um período crucial para o desenvolvimento físico e cognitivo, o que reforça a necessidade de políticas públicas voltadas à prevenção e ao controle dessas infecções (Munareto *et al*., 2021).

4 FORMAS DE TRANSMISSÃO

A transmissão das enteroparasitoses ocorre, predominantemente, pela via fecal-oral, envolvendo a ingestão de cistos de protozoários e ovos de helmintos presentes em alimentos, água ou superfícies contaminadas. Esse mecanismo de disseminação está diretamente relacionado à falta de controle sanitário e à exposição constante da população a ambientes insalubres. Todavia, a resistência de estruturas como cistos e ovos no meio externo contribui para a persistência dos agentes infecciosos, garantindo sua sobrevivência por longos períodos e aumentando as chances de infecção em indivíduos suscetíveis (Medeiros *et al*., 2019).

A inexistência de práticas adequadas de higiene pessoal e a precariedade das condições ambientais favorecem a propagação dessas enfermidades, especialmente em locais de convivência coletiva, como escolas, creches e instituições de acolhimento. Nesses espaços, o contato frequente entre indivíduos e a manipulação compartilhada de objetos potencialmente contaminados intensificam o risco de transmissão. Esse cenário evidencia a importância da educação em saúde e da implementação de medidas preventivas, como o acesso a saneamento básico, campanhas de conscientização e hábitos de higiene, que são fundamentais para reduzir a incidência das infecções parasitárias (Munareto *et al*., 2021).

5 PRINCIPAIS PARASITOS INTESTINAIS

Entre os principais agentes etiológicos das infecções intestinais encontram-se os helmintos e protozoários, como *Ascaris lumbricoides* e *Giardia lamblia*, amplamente distribuídos entre seres humanos. Esses organismos possuem elevada capacidade de adaptação ao ambiente intestinal, o que favorece sua permanência e multiplicação. Apresentam ciclos de vida complexos, que envolvem fases de resistência no meio externo e estratégias de invasão no hospedeiro, garantindo a continuidade da transmissão e a manutenção das infecções em diferentes populações (Munareto *et al*., 2021).

Esses microrganismos são responsáveis por grande parte dos episódios de enteroparasitoses, sobretudo em áreas onde o saneamento básico é insuficiente

e as condições de higiene são limitadas. Entre as enfermidades mais relevantes destacam-se a ascaridíase e a giardíase, que representam importantes problemas de saúde pública devido à sua elevada incidência e às complicações associadas.

6 CRIANÇAS COMO GRUPO DE RISCO

As crianças em idade pré-escolar e escolar constituem um dos principais grupos de risco para infecções parasitárias, pois estão mais expostas a fatores ambientais e comportamentais que favorecem a aquisição desses agentes. O consumo de alimentos contaminados, o contato frequente com superfícies inadequadamente higienizadas e a prática insuficiente de hábitos de higiene pessoal, como lavar as mãos antes das refeições, aumentam significativamente a probabilidade de infecção. O sistema imunológico em desenvolvimento torna essa faixa etária mais vulnerável, contribuindo para maior incidência de parasitoses nesse público (Oliveira *et al*., 2019).

Ambientes coletivos, como creches e escolas, intensificam a disseminação dos parasitas devido ao contato interpessoal constante e à manipulação compartilhada de objetos. A ausência de medidas preventivas adequadas, como programas de educação em saúde, monitoramento sanitário e práticas regulares de higienização, favorece a circulação dos parasitos nesses espaços. Esse contexto evidencia a necessidade de estratégias de intervenção voltadas para a promoção de hábitos saudáveis e para a melhoria das condições estruturais, a fim de reduzir os riscos de transmissão e proteger a saúde das crianças em fase escolar (Munareto *et al*., 2021).

7 MEDIDAS DE PREVENÇÃO

A prevenção das parasitoses intestinais está diretamente vinculada à adoção de práticas adequadas de higiene pessoal e alimentar, além da necessidade de melhorias nas condições de saneamento básico. O acesso a água potável, o correto tratamento de resíduos e a manipulação segura dos alimentos são medidas essenciais para reduzir a circulação dos agentes infecciosos. A implementação dessas ações contribui não apenas para a diminuição da incidência das doenças, mas também para a promoção de um ambiente mais saudável e equilibrado, favorecendo o bem-estar coletivo (Antunes *et al*., 2020).

Pesquisas demonstram que programas educativos voltados para a conscientização sobre higiene têm impacto significativo na redução dos casos. Orientações simples, como lavar as mãos antes das refeições, higienizar frutas e verduras e evitar o consumo de água sem tratamento, mostram-se eficazes na interrupção dos ciclos de transmissão. Esses resultados reforçam a relevância da educação em saúde como ferramenta indispensável para a prevenção, especialmente em comunidades onde o risco de exposição é elevado (Oliveira *et al*., 2019).

Nesse contexto, ações educativas contínuas, associadas a melhorias estruturais e medidas sanitárias, tornam-se fundamentais para a proteção da saúde infantil. A integração entre políticas públicas, campanhas de conscientização e investimentos em infraestrutura garante maior efetividade no combate às para-

sitoses intestinais. Dessa forma, é possível reduzir os impactos dessas infecções sobre o crescimento, o desenvolvimento e a qualidade de vida das crianças, promovendo um futuro mais saudável para as novas gerações (Munareto *et al*., 2021).

8 PARASITOSES INTESTINAIS

As infecções parasitárias intestinais, também chamadas de enteroparasitoses, caracterizam-se pelo desenvolvimento de organismos no interior do hospedeiro, onde completam seu ciclo biológico e podem provocar diferentes agravos à saúde. Esses agentes utilizam o trato gastrointestinal como ambiente favorável para sua sobrevivência, multiplicação e disseminação, ocasionando alterações funcionais que comprometem o bem-estar do indivíduo. A presença dos parasitos pode gerar desde manifestações leves até complicações severas, dependendo da interação entre o agente etiológico e as condições do hospedeiro (Meira *et al*., 2021).

No Brasil, essas infecções ainda representam um desafio relevante para a saúde pública, apresentando variações significativas de prevalência entre as diferentes regiões do país. Os maiores índices são observados em áreas com condições socioeconômicas mais vulneráveis, onde a falta de infraestrutura sanitária e o acesso limitado a serviços de saúde contribuem para a persistência dos casos. Esse cenário evidencia a necessidade de políticas públicas integradas, voltadas para a melhoria das condições de vida, a ampliação do saneamento básico e a promoção de programas educativos que auxiliem na prevenção dessas infecções (Antunes *et al*., 2020).

9 CRIANÇAS COMO GRUPO DE RISCO

As crianças em idade pré-escolar e escolar constituem um dos principais grupos de risco para infecções parasitárias, pois estão mais expostas a fatores ambientais e comportamentais que favorecem a aquisição desses agentes. O consumo de alimentos contaminados, o contato frequente com superfícies inadequadamente higienizadas e a prática insuficiente de hábitos de higiene pessoal, como lavar as mãos antes das refeições, aumentam significativamente a probabilidade de infecção. O sistema imunológico em desenvolvimento torna essa faixa etária mais vulnerável, contribuindo para maior incidência de parasitoses nesse público (Oliveira *et al*., 2019).

Ambientes coletivos, como creches e escolas, intensificam a disseminação dos parasitas devido ao contato interpessoal constante e à manipulação compartilhada de objetos. A ausência de medidas preventivas adequadas, como programas de educação em saúde, monitoramento sanitário e práticas regulares de higienização, favorece a circulação dos parasitos nesses espaços. Esse contexto evidencia a necessidade de estratégias de intervenção voltadas para a promoção de hábitos saudáveis e para a melhoria das condições estruturais, a fim de reduzir os riscos de transmissão e proteger a saúde das crianças em fase escolar (Munareto *et al*., 2021).

10 MEDIDAS DE PREVENÇÃO

A prevenção das parasitoses intestinais está diretamente vinculada à adoção de práticas adequadas de higiene pessoal e alimentar, além da necessidade de melhorias nas condições de saneamento básico. O acesso a água potável, o correto tratamento de resíduos e a manipulação segura dos alimentos são medidas essenciais para reduzir a circulação dos agentes infecciosos. A implementação dessas ações contribui não apenas para a diminuição da incidência das doenças, mas também para a promoção de um ambiente mais saudável e equilibrado, favorecendo o bem-estar coletivo (Antunes *et al*., 2020).

Pesquisas demonstram que programas educativos voltados para a conscientização sobre higiene têm impacto significativo na redução dos casos. Orientações simples, como lavar as mãos antes das refeições, higienizar frutas e verduras e evitar o consumo de água sem tratamento, mostram-se eficazes na interrupção dos ciclos de transmissão. Esses resultados reforçam a relevância da educação em saúde como ferramenta indispensável para a prevenção, especialmente em comunidades onde o risco de exposição é elevado (Oliveira *et al*., 2019).

Nesse contexto, ações educativas contínuas, associadas a melhorias estruturais e medidas sanitárias, tornam-se fundamentais para a proteção da saúde infantil. A integração entre políticas públicas, campanhas de conscientização e investimentos em infraestrutura garante maior efetividade no combate às parasitoses intestinais. Dessa forma, é possível reduzir os impactos dessas infecções sobre o crescimento, o desenvolvimento e a qualidade de vida das crianças, promovendo um futuro mais saudável para as novas gerações (Munareto *et al*., 2021).

11 DIAGNÓSTICO

O diagnóstico das parasitoses intestinais é realizado, principalmente, por meio do exame parasitológico de fezes, sendo o método de Hoffman, Pons e Janer um dos mais utilizados para identificação dos parasitos. Essa técnica possibilita a visualização de cistos, ovos e larvas, permitindo a confirmação da presença de agentes infecciosos e auxiliando na definição do tratamento adequado (Maldotti *et al*., 2021).

Outros procedimentos laboratoriais também podem ser empregados, como o exame direto em solução salina e iodo, a técnica de Faust e o método de Kato-Katz. Cada abordagem apresenta vantagens específicas, como maior sensibilidade para determinados parasitos ou melhor preservação das estruturas identificadas. A utilização combinada de diferentes técnicas aumenta a precisão diagnóstica e reduz a possibilidade de resultados falso-negativos (Silva *et al*., 2018).

Exames imunológicos e testes moleculares representam alternativas modernas para a detecção de parasitos, permitindo identificar antígenos ou material genético com elevada sensibilidade e especificidade. Esses recursos são especialmente úteis em casos de baixa carga parasitária ou em indivíduos assintomáticos, nos quais os métodos convencionais podem apresentar limitações (Meira *et al*., 2021).

A repetição de análises em dias distintos é recomendada, já que a eliminação de estruturas parasitárias nas fezes ocorre de forma intermitente. Essa

prática aumenta a confiabilidade dos resultados e garante maior segurança na confirmação das infecções. A integração entre avaliação clínica, histórico epidemiológico e exames laboratoriais é fundamental para o diagnóstico preciso das enteroparasitoses (Munareto *et al*., 2021).

12 ATUAÇÃO DO BIOMÉDICO NO DIAGNÓSTICO DAS ENTEROPARASITOSES

O profissional biomédico desempenha papel fundamental no diagnóstico das enteroparasitoses, especialmente por meio da realização de exames laboratoriais, como o exame parasitológico de fezes. A atuação desse especialista garante maior precisão na identificação dos agentes etiológicos, permitindo a escolha adequada das condutas terapêuticas e contribuindo para a redução da disseminação das infecções (Zardeto-Sabec *et al*., 2020).

Além da execução dos exames, o biomédico é responsável pela interpretação dos resultados laboratoriais, fornecendo informações essenciais para o acompanhamento clínico dos pacientes. Essa análise detalhada possibilita a detecção de diferentes espécies parasitárias e auxilia na compreensão da gravidade da infecção, favorecendo intervenções mais eficazes e direcionadas (Munareto *et al*., 2021).

O papel do biomédico também se estende à área de pesquisa, onde contribui para o desenvolvimento de novas técnicas diagnósticas e para o aprimoramento dos métodos já existentes. Essa atuação é indispensável para aumentar a sensibilidade e a especificidade dos exames, garantindo diagnósticos mais rápidos e confiáveis, especialmente em casos de baixa carga parasitária ou em indivíduos assintomáticos (Silva *et al*., 2018).

Outro aspecto relevante é a participação do biomédico em programas de educação em saúde e em ações de prevenção, orientando a população sobre medidas de higiene e cuidados básicos que reduzem o risco de infecção. Essa função educativa fortalece o vínculo entre ciência e comunidade, promovendo maior conscientização e contribuindo para a diminuição da incidência das enteroparasitoses em diferentes contextos sociais (Oliveira *et al*., 2019).

13 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As parasitoses intestinais em crianças permanecem como um desafio relevante para a saúde pública brasileira, especialmente em regiões onde o saneamento básico é precário e as desigualdades sociais se refletem diretamente na qualidade de vida da população. O presente estudo conseguiu atender aos objetivos propostos, analisando a prevalência dessas infecções, identificando fatores associados à transmissão e discutindo seus impactos clínicos, nutricionais e cognitivos. A vulnerabilidade infantil, marcada por aspectos imunológicos e comportamentais, reforça a necessidade de políticas públicas integradas e contínuas.

Os resultados evidenciam que o enfrentamento das enteroparasitoses exige não apenas medidas clínicas, mas também ações estruturais e educativas. O diagnóstico precoce, aliado a programas de conscientização sobre higiene e alimentação, mostra-se fundamental para reduzir a incidência das infecções. In-

vestimentos em infraestrutura sanitária e acesso à água potável são igualmente indispensáveis, pois sem essas medidas estruturais os ciclos de transmissão tendem a se perpetuar, mantendo comunidades em situação de vulnerabilidade.

Outro ponto relevante é o papel do biomédico, que se destaca pela precisão diagnóstica e pela interpretação dos resultados laboratoriais, além de contribuir para pesquisas e avanços em técnicas de detecção. A atuação desse profissional também se estende à educação em saúde, fortalecendo o vínculo entre ciência e comunidade e promovendo maior conscientização sobre medidas preventivas. Essa participação é essencial para ampliar a efetividade das estratégias de controle e reduzir os impactos das parasitoses intestinais.

Dessa forma, conclui-se que o combate às parasitoses intestinais em crianças requer uma abordagem abrangente e integrada, que combine esforços clínicos, educativos e estruturais. Somente com ações contínuas e articuladas será possível romper os ciclos de transmissão, minimizar os prejuízos ao crescimento e ao desenvolvimento infantil e promover melhores condições de saúde e qualidade de vida. O fortalecimento dessas estratégias representa um caminho para assegurar um futuro mais saudável às novas gerações, reduzindo os impactos das desigualdades sociais sobre a infância.

Referências

ALMEIDA, Mayron Morais. **Parasitismo intestinal e estado nutricional de crianças: estudo transversal em comunidades periurbanas no Maranhão**. 2020. Tese (Doutorado) – [instituição não identificada], [local], 2020.

ANTUNES, L. S. et al. Parasitoses intestinais em populações vulneráveis no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, 2020.

ARRAES, Jussara Alencar. **Estudo qualiquantitativo sobre prevalência de parasitoses, diarreia, indicadores de saúde e socioambientais em uma área de abrangência de uma Unidade Básica de Saúde do município de Itacoatiara (AM)**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Universidade Federal do Amazonas, Itacoatiara, 2021. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7851. Acesso em: 27 abr. 2026.

BRANDÃO, L. et al. Parâmetros hematológicos e resposta imune em ovelhas infectadas por helmintos gastrintestinais. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v. 33, 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Guia de bolso: doenças infecciosas e parasitárias**. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2024.

MALDOTTI, Jaqueline; DALZOCHIO, Thaís. Parasitos intestinais em crianças no Brasil: revisão sistemática. **Revista Cereus**, v. 13, n. 1, p. 62-73, 2021. DOI: https://doi.org/10.18605/2175-7275/cereus.v13n1p62-73. Disponível em: https://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/3323. Acesso em: 13 ago. 2026.

MEDEIROS, M. L. et al. Parasitoses intestinais em crianças: aspectos epidemiológicos e sociais. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, Rio de Janeiro, 2019.

MEIRA, Rafael Zielinski Carvalho et al. Comparação entre a prevalência de parasitoses intestinais no Brasil: revisão sistemática. **Revista Thêma et Scientia**, v. 11, n. 1, 2021.

MUNARETO, Danilo da Silva et al. Parasitoses em crianças na fase pré-escolar no Brasil: revisão bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, e1910111195, 2021. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11195. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/11195. Acesso em: 13 ago. 2026.

MUNARETO, Danilo da Silva et al. **Parasitoses intestinais e sua relação com o estado nutricional infantil**. 2021.

MUNARETO, J. et al. Prevalência de enteroparasitoses em crianças no Brasil. **Revista Científica da Saúde**, 2021.

NEVES, David Pereira. **Parasitologia humana**. 13. ed. São Paulo: Atheneu, 2016.

OLIVEIRA, A. S. et al. Educação em saúde como estratégia na prevenção de parasitoses intestinais. **Revista de Educação em Saúde**, 2019.

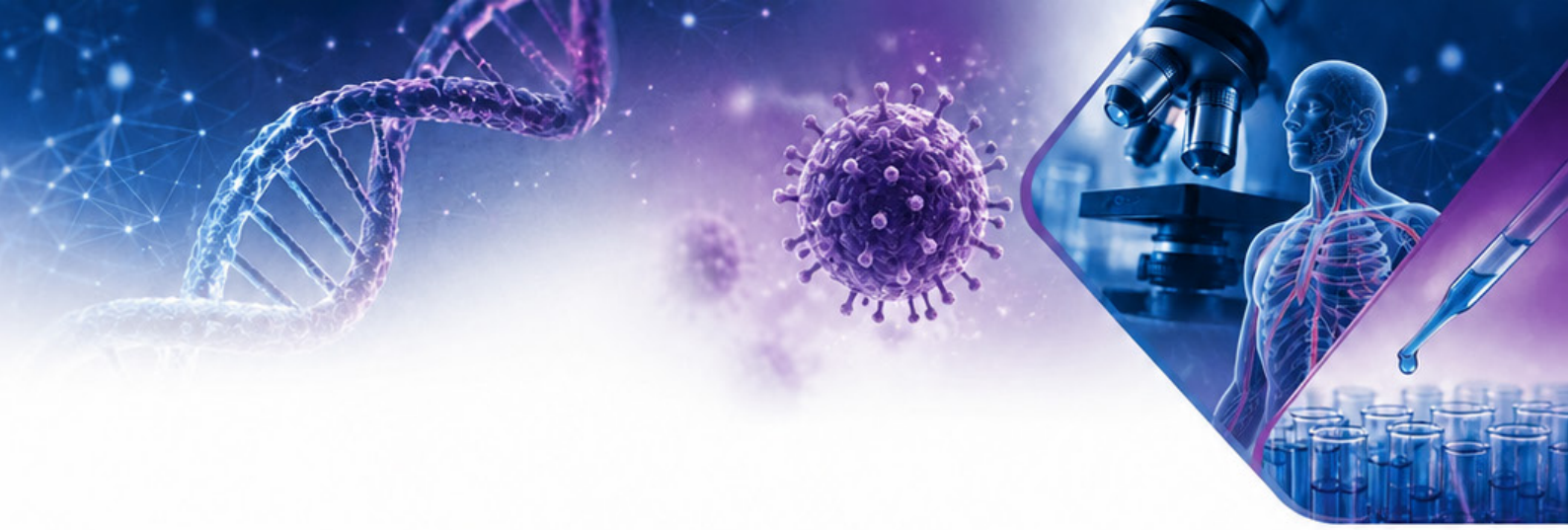
OLIVEIRA, Ana Carolina Rodrigues de; BERILLI, Maria Clara Oliveira; RIZO, Walace Fraga. Impacto de uma intervenção educativa em higiene pessoal e alimentar na prevenção de parasitoses intestinais. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2026. DOI: https://doi.org/10.51891/rease.v12i1.23765. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/23765. Acesso em: 13 ago. 2026.

SOUZA, Paulo Ricardo Pereira de. **Parasitoses intestinais no Nordeste entre 2012 e 2021: uma revisão integrativa de literatura**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina) – Universidade Federal do Maranhão, Pinheiro, 2023. Disponível em: http://hdl.handle.net/123456789/8110. Acesso em: 13 ago. 2026.

SOUZA, Paulo Ricardo Pereira de; COSTA, Sueli de Souza; VICENTE, Francisca Alessandra Guilherme; GODOI, Lorena Fontinele; NASCIMENTO, Antonia Amanda Cortez do; MENDES, Thaisse Gabriele Aquino; SOUSA, Jhonantan Carlos de Oliveira; SILVA, Vitória Regina Vidal Sabá e; MARQUES, Consuelo Penha Castro. Parasitoses intestinais no Nordeste entre 2012 e 2021: uma revisão integrativa de literatura. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 27, n. 5, p. 3433-3448, 2023. DOI: https://doi.org/10.25110/arqsaude.v27i5.2023-082. Disponível em: https://www.revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/10013. Acesso em: 13 ago. 2026.

TORRES, Paloma Gomes; ANDRADE, Aline Thays Silva de; LIMA, Brenda Oliveira. **Influência das parasitoses intestinais nos aspectos cognitivos e comportamentais em crianças de fase escolar**. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Biomedicina) – Centro Universitário Tabosa de Almeida (ASCES-UNITA), Caruaru, 2020. Disponível em: http://repositorio.asces.edu.br/handle/123456789/2487. Acesso em: 13 ago. 2026.

ZARDETO-SABEC, Rosilene et al. **Diagnóstico laboratorial de enteroparasitoses**. 2020.



Capítulo 10

IMPACTOS DA AUTOMEDICAÇÃO COM ANTIBIÓTICOS NA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE *Escherichia coli* EM INFECÇÕES URINÁRIAS COMUNITÁRIAS EM MULHERES

IMPACTS OF ANTIBIOTIC SELF-MEDICATION ON THE ANTIMICROBIAL RESISTANCE OF ESCHERICHIA COLI IN COMMUNITY-ACQUIRED URINARY TRACT INFECTIONS IN WOMEN

Heloise Maia Garcia[1]

Ariadina Rakell Silva De Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

Tailane Kaynan da Silva Sousa[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Vanessa Alves Augustinho[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

As infecções do trato urinário (ITUs) constituem um dos diagnósticos infecciosos mais prevalentes na prática clínica ambulatorial, acometendo predominantemente mulheres em idade reprodutiva e idosas. A *Escherichia coli* uropatogênica (UPEC) é responsável por 70% a 90% dos casos adquiridos na comunidade, sendo dotada de sofisticados fatores de virulência que lhe permitem colonizar, invadir e persistir no trato urinário. Paralelamente, a automedicação com antibióticos configura-se como prática amplamente disseminada no contexto brasileiro, impulsionada por barreiras de acesso ao sistema de saúde, fatores socioeconômicos e lacunas no conhecimento popular sobre o uso racional de medicamentos. Essa prática expõe repetidamente o patógeno a concentrações subterapêuticas de antimicrobianos, favorecendo a seleção e a disseminação de cepas resistentes na comunidade. A resistência antimicrobiana da *E. coli* às classes de antibióticos rotineiramente empregados no tratamento das ITUs, incluindo betalactâmicos, fluoroquinolonas e sulfonamidas, constitui um problema crescente de saúde pública, associado ao aumento das taxas de falha terapêutica, de recorrência infecciosa, de internações hospitalares e de mortalidade. Os principais mecanismos envolvidos incluem a produção de betalactamases de espectro estendido (ESBLs), mutações nos genes que codificam as topoisomerases-alvo das quinolonas, bombas de efluxo, formação de biofilme e disseminação horizontal de genes de resistência por plasmídeos. O presente estudo consiste em uma revisão narrativa da literatura, conduzida com buscas estruturadas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, Google Acadêmico e ScienceDirect, com base em artigos originais e estudos retrospectivos segundo critérios de inclusão e exclusão rigorosamente definidos, publicados entre 2022 e 2026. Os resultados integrados evidenciam que a automedicação com antibióticos contribui de maneira substancial para a emergência e a consolidação da resistência antimicrobiana em cepas de *E. coli*, comprometendo a eficácia dos esquemas terapêuticos disponíveis para o tratamento das ITUs femininas comunitárias, e reforçam a urgência de estratégias de saúde pública voltadas ao uso racional de antimicrobianos.

Palavras-chave: Infecção do trato urinário; Escherichia coli; Resistência antimicrobiana; Automedicação; Antibióticos.

Abstract

Urinary tract infections (UTIs) constitute one of the most prevalent infectious diagnoses in outpatient clinical practice, predominantly affecting women of reproductive age and elderly women. Uropathogenic Escherichia coli (UPEC) is responsible for 70% to 90% of community-acquired cases and possesses sophisticated virulence factors that enable colonization, invasion, and persistence within the urinary tract. Simultaneously, self-medication with antibiotics has become a widespread practice in the Brazilian context, driven by barriers to healthcare access, socioeconomic factors, and gaps in public knowledge regarding the rational use of medications. This practice repeatedly exposes the pathogen to subtherapeutic concentrations of antimicrobials, favoring the selection and dissemination of resistant strains within the community. The antimicrobial resistance of E. coli to antibiotic classes routinely employed in the treatment of UTIs, including beta-lactams, fluoroquinolones, and sulfonamides, represents a growing public health problem associated with increased rates of therapeutic failure, recurrent infections, hospitalizations, and mortality. The main

mechanisms involved include the production of extended-spectrum beta-lactamases (ESBLs), mutations in genes encoding quinolone target topoisomerases, efflux pumps, biofilm formation, and horizontal dissemination of resistance genes through plasmids. The present study consists of a narrative literature review conducted through structured searches in the PubMed/MEDLINE, SciELO, Google Scholar, and ScienceDirect databases, based on original articles and retrospective studies selected according to rigorously defined inclusion and exclusion criteria, published between 2022 and 2026. The integrated findings demonstrate that self-medication with antibiotics substantially contributes to the emergence and consolidation of antimicrobial resistance in E. coli strains, compromising the effectiveness of available therapeutic regimens for community-acquired UTIs in women and reinforcing the urgency of public health strategies focused on the rational use of antimicrobials.

Keywords: Urinary tract infection; *Escherichia coli*; Antimicrobial resistance; Self-medication; Antibiotics.

1 INTRODUÇÃO

As infecções do trato urinário (ITUs) constituem-se como um problema de saúde globalmente prevalente, especialmente entre mulheres adultas, sendo responsáveis por significativa demanda nos serviços de saúde e pelo consumo de antibióticos em contextos comunitários. Tal condição relaciona-se diretamente a fatores anatômicos e fisiológicos femininos, como a menor extensão da uretra, que favorece a colonização do trato urinário por microrganismos patogênicos. A manifestação clínica pode variar desde episódios mais simples, como a cistite, até formas mais graves, como a pielonefrite, comprometendo a qualidade de vida das pacientes e exigindo intervenções terapêuticas frequentes. Estudos recentes identificam a *Escherichia coli (E. coli*) como o principal agente etiológico das ITUs adquiridas na comunidade, representando a maioria dos isolados bacterianos em uroculturas de mulheres sintomáticas. Essa predominância evidencia a urgência de se compreender os determinantes dessas infecções e suas reais implicações para a saúde pública.

Paralelamente, a resistência antimicrobiana representa um dos principais desafios da medicina contemporânea. Ela se caracteriza pela capacidade de os microrganismos sobreviverem à ação de antibióticos previamente eficazes, utilizando mecanismos genéticos e adaptativos que reduzem a eficácia terapêutica das drogas disponíveis. No contexto das ITUs comunitárias, a resistência da *E. coli* a medicamentos de uso rotineiro, como antibióticos de uso rotineiro na prática clínica, tornando essencial investigar os fatores que impulsionam a disseminação dessas cepas resistentes na comunidade.

Dentre os fatores comportamentais associados a esse fenômeno, a automedicação com antibióticos destaca-se como um importante fator de risco. Definida como o uso de antimicrobianos sem prescrição médica, essa prática é alimentada pelo acesso desregulado aos fármacos e por lacunas no conhecimento público sobre a resistência bacteriana. Esse comportamento expõe a *E. coli* de forma repetida e irregular a doses subterapêuticas, criando o ambiente seletivo ideal para a sobrevivência de cepas resistentes e impactando negativamente a eficácia dos tratamentos padrão.

Diante desse cenário, esta pesquisa orienta-se pela seguinte questão norteadora: de que forma a automedicação influencia a resistência de *Escherichia coli* em infecções urinárias comunitárias em mulheres? Tal questionamento delimita a investigação na intersecção entre o comportamento das pacientes e a evolução microbiológica de um patógeno prioritário. A relevância deste estudo reside em integrar evidências clínicas, epidemiológicas e comportamentais para elucidar as raízes dessa resistência e mitigar suas consequências.

Assim, o objetivo geral deste trabalho é sintetizar, mediante revisão da literatura científica, a relação entre a automedicação com antibióticos e o desenvolvimento de resistência da *E. coli* em ITUs femininas comunitárias. Para alcançá-lo, delinearam-se três objetivos específicos: compreender a fisiopatologia das ITUs e sua associação com a *E. coli*; examinar os impactos das práticas de automedicação; e, por fim, mapear os mecanismos de resistência antimicrobiana do patógeno.

Para tanto, a pesquisa ancora-se em uma revisão narrativa da literatura, com buscas estruturadas nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, Google Acadêmico e ScienceDirect. Utilizaram-se os descritores “infecção do trato urinário”, “urinary tract infection”, “*Escherichia coli*”, “resistência antimicrobiana”, “antimicrobial resistance” e “automedicação”, intermediados pelos operadores booleanos AND e OR. Incluíram-se artigos originais, revisões sistemáticas e estudos retrospectivos publicados entre 2022 e 2026 (inglês e português), focados em ITUs comunitárias. Excluíram-se estudos duplicados, resumos simples, cartas ao editor e trabalhos que não atendiam ao recorte temporal delimitado.

2 FUNDAMENTOS FISIOPATOLÓGICOS DAS INFECÇÕES DO TRATO URINÁRIO E SUA RELAÇÃO COM A *Escherichia coli*

As infecções do trato urinário, conhecidas como ITUs, correspondem a processos inflamatórios decorrentes da invasão e multiplicação de microrganismos em diferentes segmentos do sistema urinário, abrangendo desde a uretra até os rins. Esse processo envolve a ascensão bacteriana, a adesão ao epitélio urotelial e a ativação da resposta inflamatória local, sendo compreendido como um mecanismo multifatorial no qual interagem a virulência microbiana e a competência imunológica do hospedeiro (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Timm; Russell; Hultgren, 2025). A instalação da infecção depende, portanto, não apenas da presença do patógeno, mas também de sua capacidade de superar as barreiras naturais do organismo. Nesse contexto, o presente capítulo analisa os principais determinantes dessa interação, incluindo os agentes etiológicos envolvidos, os fatores de virulência da *Escherichia coli* uropatogênica, as condições do hospedeiro que favorecem a infecção e as manifestações clínicas decorrentes, fornecendo a base científica necessária para a compreensão dos impactos da automedicação e da resistência antimicrobiana discutidos nos capítulos seguintes.

2.1 Agentes etiológicos das ITUS e predominância de *Escherichia coli* na comunidade

As ITUs constituem um dos diagnósticos infecciosos mais frequentes na

prática clínica ambulatorial, acometendo preferencialmente mulheres em idade reprodutiva e idosas. Diferentes microrganismos podem atuar como agentes etiológicos nessas infecções; contudo, a *Escherichia coli* permanece como o patógeno predominante, sendo responsável por aproximadamente 70% a 90% dos casos adquiridos na comunidade (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Borkakoti *et al*., 2023; Arshad *et al*., 2024). A *Escherichia coli* pode ser descrita como uma bactéria Gram-negativa em forma de bacilo, pertencente à microbiota intestinal humana e comumente associada às infecções do trato urinário (Kaper; Nataro; Mobley, 2024).

Esse predomínio é consistente na literatura contemporânea, que atribui à bactéria elevada capacidade adaptativa às condições adversas do ambiente urinário, como variações de pH e osmolaridade. A cepa específica envolvida é a *Escherichia coli* uropatogênica (UPEC), que, embora integre a microbiota intestinal, torna-se patogênica ao migrar para o trato urinário por meio de mecanismos especializados de adesão e evasão imunológica, cuja patogenicidade está diretamente associada à aquisição de fatores de virulência específicos (Timm; Russell; Hultgren, 2025; Sivanandy *et al*., 2024).

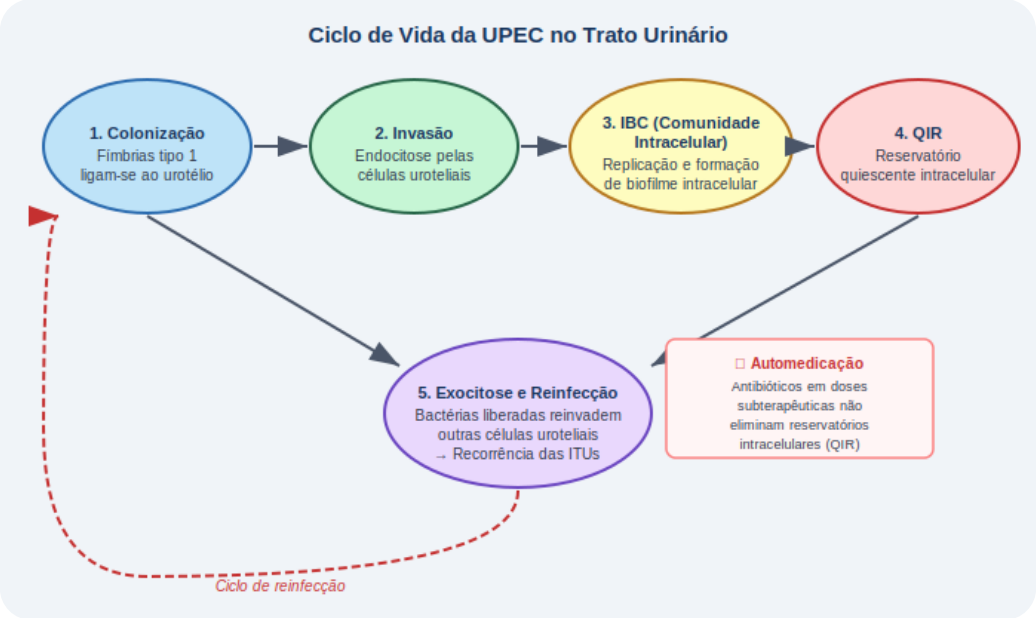
Estima-se que aproximadamente 50% das mulheres apresentem pelo menos um episódio ao longo da vida, com recorrência em até 30% dos casos no período de seis meses após o episódio inicial (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Borkakoti *et al*., 2023). A vulnerabilidade anatômica feminina, caracterizada pela proximidade entre o meato uretral e a região perianal, aliada à menor extensão da uretra em comparação ao sexo masculino, favorece a ascensão de microrganismos patogênicos à bexiga, estabelecendo a principal via patogênica das ITUs não complicadas (Schmiemann *et al*., 2024; González *et al*., 2024). Esse fator estrutural explica, em grande medida, a maior incidência das ITUs entre mulheres e reforça a relevância de se compreender os mecanismos pelos quais a UPEC explora essas condições para estabelecer e perpetuar a infecção.

2.2 Mecanismos de virulência da UPEC e sua persistência no trato urinário

A Escherichia coli uropatogênica (UPEC) é capaz de subverter os mecanismos de defesa do hospedeiro por meio de estruturas de virulência importantes, incluindo fímbrias do tipo 1, fímbrias P, motilidade mediada por flagelos, sistemas de aquisição de ferro, bem como a capacidade de formação de biofilmes e comunidades bacterianas intracelulares, os quais favorecem tanto a colonização quanto a invasão do epitélio urinário, sendo determinantes para o estabelecimento da infecção (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Timm; Russell; Hultgren, 2025; González *et al*., 2024; Arshad *et al*., 2024). As fímbrias do tipo 1, codificadas pelo operon fim, promovem a adesão inicial ao se ligarem a resíduos de manose presentes nas glicoproteínas uroteliais, possibilitando a colonização da bexiga. Em complemento, as fímbrias P interagem com receptores associados a antígenos do grupo sanguíneo no trato urinário superior, desempenhando papel relevante na patogênese da pielonefrite (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Timm; Russell; Hultgren, 2025). Paralelamente, a motilidade mediada por flagelos permite a ascensão bacteriana ao longo do trato urinário, ampliando o potencial de disseminação da infecção para estruturas superiores (Arshad *et al*., 2024).

Além dos mecanismos de adesão e mobilidade, a UPEC apresenta estratégias metabólicas essenciais para sua sobrevivência em ambiente hostil, destacando-se os sistemas de aquisição de ferro, como a produção de sideróforos, que possibilitam a captação desse elemento em condições de baixa disponibilidade no trato urinário, favorecendo a multiplicação bacteriana (Borkakoti *et al*., 2023; Sivanandy *et al*., 2024). Após a adesão, a bactéria pode invadir as células uroteliais superficiais por meio de processos de endocitose mediados por receptores e reorganização do citoesqueleto celular, originando comunidades bacterianas intracelulares (IBCs), estruturas organizadas semelhantes a biofilmes que evoluem por diferentes estágios de maturação (Timm; Russell; Hultgren, 2025; Arshad *et al*., 2024). Essas comunidades favorecem a formação de reservatórios quiescentes intracelulares, os quais atuam como fontes persistentes de reinfecção, conferindo proteção tanto contra a resposta imune do hospedeiro quanto contra a ação de antimicrobianos, especialmente aqueles com baixa penetração intracelular (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Sivanandy *et al*., 2024). Soma-se a isso a capacidade de formação de biofilmes intra e extracelulares, que aumentam a resistência bacteriana a condições adversas e consolidam a permanência da UPEC no trato urinário, contribuindo diretamente para a recorrência clínica observada, sobretudo em mulheres (Arshad *et al*., 2024; Borkakoti *et al*., 2023).

Figura 1. Ciclo de vida da UPEC no trato urinário



Fonte: González; Robino (2023)

A Figura 1 ilustra o ciclo de vida intracelular da UPEC, evidenciando as etapas de colonização, invasão, formação das comunidades bacterianas intracelulares (IBCs) e estabelecimento de reservatórios quiescentes (QIRs), que sustentam os ciclos de reinfecção. Esse processo explica, em nível microbiológico, por que tratamentos antibióticos incompletos que são frequentemente associados à automedicação são incapazes de erradicar completamente o patógeno, favorecendo a recorrência das ITUs.

2.3 Fatores do hospedeiro associados à susceptibilidade e à recorrência das ITUS

A susceptibilidade individual às ITUs recorrentes é modulada por fatores genéticos, hormonais e comportamentais do hospedeiro. A expressão de receptores para as fímbrias bacterianas, determinada geneticamente, influencia a capacidade de adesão da UPEC ao urotélio e, consequentemente, o risco individual de infecção (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; González *et al.,* 2024). Fatores hormonais, como a deficiência estrogênica observada no climatério e na pós-menopausa, promovem alterações na microbiota vaginal com redução de *Lactobacillus spp*., favorecendo a colonização por enterobactérias e aumentando a vulnerabilidade às ITUs (Schmiemann *et al*., 2024; Sivanandy *et al*., 2024). Fatores comportamentais, como a atividade sexual, o uso de diafragma e espermicidas, a higiene perianal inadequada e a ingestão hídrica insuficiente, também são descritos como determinantes de risco para ITUs recorrentes em mulheres jovens (Borkakoti *et al*., 2023; Arshad *et al*., 2024).

A recorrência das ITUs resulta, portanto, de uma interação complexa entre características individuais do hospedeiro e fatores microbiológicos, e não de uma relação causal isolada entre patógeno e infecção (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Timm; Russell; Hultgren, 2025). Esse cenário reforça a importância da compreensão dos mecanismos de persistência bacteriana que permitem ao patógeno evadir as defesas naturais do organismo e perpetuar ciclos de reinfecção, tornando indispensável uma abordagem diagnóstica e terapêutica individualizada e fundamentada no perfil microbiológico do agente etiológico.

2.4 Manifestações clínicas, diagnóstico laboratorial e complicações associadas às ITUS

Clinicamente, as pacientes com ITU não complicada apresentam disúria, polaciúria e dor suprapúbica como sintomas cardinais; a progressão para dor lombar, febre e calafrios indica, frequentemente, o envolvimento do parênquima renal e o risco de pielonefrite aguda, sendo a identificação precoce desses sinais fundamental para evitar complicações (Sivanandy *et al*., 2024; Schmiemann *et al.,* 2024; Arshad *et al*., 2024). O diagnóstico laboratorial padrão baseia-se no Exame de Urina Tipo 1 (EAS) para triagem de leucocitúria, hematúria e presença de nitritos; contudo, a urocultura com antibiograma permanece imprescindível para a confirmação do agente etiológico e a orientação do tratamento dirigido ao perfil de sensibilidade identificado. Considera-se significativo o crescimento bacteriano igual ou superior a 10^5 unidades formadoras de colônia por mililitro (UFC/mL), embora valores inferiores possam ser clinicamente relevantes em pacientes sintomáticas (Schmiemann *et al*., 2024; Borkakoti *et al*., 2023; Sivanandy *et* al., 2024).

O manejo inadequado das ITUs pode acarretar complicações clínicas graves, como a urossepse, a formação de cicatrizes renais permanentes e o comprometimento progressivo da função renal em longo prazo (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Timm; Russell; Hultgren, 2025; Arshad *et al*., 2024). Tais desfechos reforçam a necessidade de condutas clínicas baseadas em evidências científicas atualizadas, especialmente no que se refere ao uso racional de antimicrobianos,

uma vez que práticas inadequadas de prescrição e automedicação contribuem diretamente para o desenvolvimento da resistência bacteriana e para o agravamento do prognóstico das pacientes.

2.5 Síntese da relação entre *Escherichia coli* e as ITUS comunitárias em mulheres

A compreensão da fisiopatologia das ITUs revela que a *Escherichia coli* uropatogênica não é apenas o agente etiológico mais prevalente nas infecções comunitárias em mulheres, mas também um patógeno dotado de sofisticados mecanismos de colonização, invasão e persistência no trato urinário, os quais tornam o seu controle terapêutico um desafio clínico de considerável complexidade (Dudzik; Krzyżek; Dworniczek, 2025; Timm; Russell; Hultgren, 2025). A formação de reservatórios intracelulares, aliada à capacidade de organização em biofilmes, compromete a eficácia dos tratamentos convencionais e predispõe à recorrência das infecções, cenário que se agrava quando práticas terapêuticas inadequadas interferem na dinâmica microbiológica do patógeno (Arshad *et al*., 2024; Borkakoti *et al*., 2023).

Nesse sentido, a interação entre os mecanismos fisiopatológicos descritos neste capítulo e os comportamentos de saúde das pacientes é determinante para a evolução clínica das ITUs. A exposição irregular e repetida da UPEC a antimicrobianos, em contextos de automedicação, cria condições propícias para a seleção de cepas resistentes, comprometendo as opções terapêuticas disponíveis e contribuindo para o agravamento do quadro clínico individual e coletivo. Esse fenômeno, cujas raízes comportamentais, epidemiológicas e microbiológicas serão aprofundadas no capítulo seguinte, representa um dos principais eixos de preocupação da saúde pública contemporânea no campo das infecções comunitárias (González *et al*., 2024; Sivanandy *et al*., 2024; Schmiemann *et al*., 2024).

3 IMPACTOS DA AUTOMEDICAÇÃO COM ANTIBIÓTICOS NAS ITUS COMUNITÁRIAS FEMININAS

A automedicação com antibióticos representa um dos principais fatores comportamentais associados à emergência e à consolidação da resistência antimicrobiana em patógenos causadores de infecções do trato urinário comunitárias, especialmente em infecções associadas à *Escherichia coli*. Para que se compreenda o alcance desse fenômeno no contexto específico das ITUs em mulheres, torna-se necessário analisá-lo sob perspectivas complementares: conceitual, epidemiológica, social, econômica e clínica. O presente capítulo discute a automedicação com antibióticos no contexto das ITUs femininas comunitárias, articulando suas causas, prevalência e consequências, e conectando essas dimensões à realidade brasileira e ao problema central desta pesquisa.

3.1 Conceito e caracterização da automedicação

A automedicação é definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como o uso de medicamentos por iniciativa própria do indivíduo, sem a pres-

crição, supervisão ou orientação de um profissional de saúde habilitado (WHO, 2022). Essa prática abrange tanto o uso de medicamentos isentos de prescrição quanto o uso indevido de fármacos que, por lei, deveriam ser dispensados exclusivamente mediante receita médica, como os antibióticos. No contexto das ITUs, a automedicação com antimicrobianos adquire contornos ainda mais preocupantes, pois envolve substâncias cujo uso inadequado não afeta apenas o indivíduo que as consome, mas gera consequências coletivas de ordem epidemiológica e de saúde pública, especialmente diante da predominância de *Escherichia coli* como agente etiológico (Matin *et al*., 2022; Sulis *et al*., 2023).

A automedicação com antibióticos nas ITUs pode assumir diferentes modalidades: o uso de medicamentos armazenados de tratamentos anteriores, a compra direta em farmácias sem apresentação de receita, o compartilhamento de medicamentos entre familiares ou conhecidos ou ainda a utilização de prescrições antigas para o tratamento de novos episódios infecciosos urinários (Matin *et al*., 2022; Aslam *et al*., 2024). Cada uma dessas modalidades expõe o paciente a riscos clínicos específicos, sendo que todas elas representam o uso de antibióticos sem diagnóstico etiológico confirmado, sem orientação posológica individualizada e sem avaliação do perfil de sensibilidade do microrganismo envolvido. Importa ressaltar que, no contexto das ITUs, a automedicação com antibióticos é sempre uma prática de risco, independentemente da motivação que a orienta, uma vez que esses fármacos exigem diagnóstico preciso, escolha adequada do espectro de ação e cumprimento rigoroso do esquema posológico para que seu efeito terapêutico seja alcançado sem induzir resistência (Sulis *et al*., 2023; Aslam *et al*., 2024).

3.2 Automedicação com antibióticos no Brasil: prevalência e determinantes

O Brasil figura entre os países com maior prevalência de automedicação com antibióticos no mundo, situação agravada pela histórica facilidade de acesso a esses fármacos em farmácias comunitárias, mesmo na ausência de prescrição, o que impacta diretamente o manejo das ITUs femininas comunitárias (Sulis *et al*., 2023). Embora a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 44/2010 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tenha instituído o controle da venda de antibióticos mediante receita médica retida e sistema de escrituração, estudos demonstram que a fiscalização ainda é insuficiente e que irregularidades na dispensação persistem em diversas regiões do país (Matin *et al*., 2022; Aslam *et al*., 2024).

Inquéritos populacionais e estudos epidemiológicos realizados em contexto comunitário brasileiro indicam que as ITUs são uma das principais motivações para a automedicação com antibióticos em mulheres adultas. A familiaridade com os sintomas urinários, decorrente de episódios recorrentes de ITU, leva grande parte das pacientes a reconhecer a infecção de forma autorreferida e a iniciar tratamento por conta própria, frequentemente utilizando antibióticos de uso comum em infecções urinárias adquiridos informalmente (Sulis *et al*., 2023; Matin *et al*., 2022). A percepção equivocada de que o reconhecimento autorreferido dos sintomas urinários é suficiente para a indicação terapêutica é um dos principais determinantes da automedicação nas ITUs femininas, sendo reforça-

da por experiências prévias positivas com determinados antibióticos. Isso leva a paciente a presumir que o mesmo fármaco será igualmente eficaz em episódios subsequentes, desconsiderando a possibilidade de variação no agente etiológico, frequentemente a *Escherichia coli*, ou de aquisição de resistência pela cepa infectante (Aslam *et al*., 2024; Sulis *et al*., 2023).

3.3 Fatores sociodemográficos e econômicos associados à prática

A automedicação com antibióticos no contexto das ITUs femininas está estreitamente associada a determinantes sociais de saúde, especialmente à dificuldade de acesso ao sistema de saúde público, aos custos indiretos das consultas médicas, como perda de renda por ausência no trabalho, e às longas filas de espera nos serviços de atenção primária (Sulis *et al*., 2023; Matin *et al*., 2022). Em regiões de baixa renda e cobertura insuficiente da Estratégia Saúde da Família, as mulheres tendem a recorrer à automedicação como alternativa pragmática diante das barreiras estruturais de acesso ao cuidado. O nível de escolaridade e o acesso à informação em saúde também são variáveis relevantes, sendo que mulheres com menor escolaridade apresentam maior prevalência de automedicação com antibióticos para ITU, em parte por desconhecimento dos riscos associados à prática e em parte pela crença de que a experiência prévia com a doença confere capacidade diagnóstica suficiente para dispensar a consulta médica (Matin *et al*., 2022; Aslam *et al*., 2024).

O compartilhamento de antibióticos entre familiares e amigos representa outra dimensão relevante do problema, sendo particularmente prevalente em comunidades de baixa renda, onde o acesso a medicamentos é percebido como um recurso coletivo. Esse comportamento resulta, frequentemente, no uso de antibióticos em doses e por períodos inadequados no tratamento de ITUs, maximizando a pressão seletiva sobre microrganismos como a *Escherichia coli,* favorecendo a seleção de cepas resistentes sem garantir a erradicação do patógeno (Sulis *et al*., 2023; Matin *et al*., 2022). A disseminação de informações equivocadas em redes sociais e aplicativos de saúde tem amplificado esse fenômeno, ao disponibilizar indicações terapêuticas sem critérios clínicos rigorosos.

3.4 Riscos clínicos e impactos terapêuticos da automedicação nas ITUS

Os riscos clínicos associados à automedicação com antibióticos nas ITUs são múltiplos e interdependentes. O principal risco imediato é a falha terapêutica, que ocorre quando o antibiótico utilizado não apresenta eficácia contra o agente etiológico da infecção urinária, seja por incompatibilidade de espectro, seja por resistência adquirida de microrganismos, com destaque para a *Escherichia coli* (Matin *et al*., 2022; Aslam *et al*., 2024). A falha terapêutica pode resultar em progressão da infecção para formas mais graves, como pielonefrite e urossepse, exigindo internação hospitalar e tratamento parenteral com antibióticos de espectro amplo, muitas vezes de custo elevado e disponibilidade limitada no sistema público de saúde.

A automedicação com antibióticos, especialmente quando realizada em

doses abaixo das recomendadas ou por períodos inferiores ao necessário no tratamento das ITUs, pode suprimir parcialmente a carga bacteriana, aliviando os sintomas sem promover a erradicação completa do patógeno. Essa situação favorece a sobrevivência de subpopulações bacterianas com características de resistência, que podem recolonizar o trato urinário e originar novos episódios infecciosos com perfis de sensibilidade progressivamente mais restritos (Matin *et al*., 2022; Aslam *et al*., 2024). Dessa forma, observa-se que a automedicação não constitui um comportamento isolado, mas um fenômeno multifatorial que contribui diretamente para a seleção de cepas resistentes, especialmente de *Escherichia coli*, sendo acelerado pelo uso irregular e intermitente de antibióticos, padrão comum na ausência de orientação profissional.

3.5 Automedicação como problema de saúde pública

A automedicação com antibióticos transcende a dimensão individual e representa um importante problema de saúde. Em nível populacional, a pressão seletiva exercida pelo uso indiscriminado de antimicrobianos contribui para o aumento da prevalência de cepas resistentes na comunidade, especialmente de Escherichia coli, tornando progressivamente mais difícil o tratamento empírico das ITUs como antibióticos de primeira linha frequentemente utilizados no tratamento das ITUs, cujo uso inadequado favorece a seleção de cepas resistentes de *Escherichia coli* (Sulis *et al*., 2023; Aslam *et al*., 2024). A Organização Mundial da Saúde (OMS) classifica a resistência antimicrobiana como uma das maiores ameaças à saúde global do século XXI, estimando que, sem medidas eficazes de contenção, as infecções por microrganismos resistentes poderão causar até 10 milhões de mortes anuais até 2050 (WHO, 2022).

No contexto específico das ITUs comunitárias em mulheres, o aumento das taxas de resistência da *Escherichia coli* a antibióticos como amoxicilina e ciprofloxacino já se traduz em práticas terapêuticas mais complexas, onerosas e potencialmente mais tóxicas (Matin *et al*., 2022; Aslam *et al*., 2024). Além do impacto direto sobre a eficácia terapêutica, a automedicação onera o sistema de saúde ao aumentar as taxas de hospitalização por complicações de ITUs não tratadas adequadamente e elevar os custos assistenciais associados ao tratamento de infecções resistentes. Estratégias de saúde pública voltadas à educação em saúde, ao fortalecimento da atenção primária e ao controle rigoroso da dispensação de antibióticos são, portanto, indispensáveis para mitigar esse fenômeno e preservar a eficácia dos antimicrobianos disponíveis. A compreensão dos mecanismos moleculares e genéticos pelos quais a *Escherichia coli* desenvolve e consolida sua resistência aos antibióticos, discutida no capítulo seguinte, é fundamental para embasar essas estratégias de forma cientificamente sólida.

4 MECANISMOS DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DA *Escherichia coli*

A resistência antimicrobiana da Escherichia coli constitui um fenômeno biológico complexo, determinado pela interação entre a pressão seletiva exercida pelo uso de antibióticos e a elevada capacidade adaptativa da bactéria, que dispõe de um amplo repertório de mecanismos genéticos e fenotípicos para evadir

a ação dos antimicrobianos. O entendimento desses mecanismos é indispensável para a formulação de estratégias terapêuticas e de saúde pública eficazes, especialmente diante do crescente impacto da automedicação na seleção de cepas resistentes em contexto comunitário. Nesse sentido, o presente capítulo descreve os principais mecanismos moleculares e genéticos envolvidos na resistência da E. coli, desde os fundamentos conceituais da resistência adquirida até os mecanismos específicos que comprometem os antibióticos mais utilizados no tratamento das ITUs femininas.

4.1 Fundamentos da resistência antimicrobiana

A resistência antimicrobiana (RAM) é definida como a capacidade de um microrganismo de sobreviver e se multiplicar na presença de concentrações de um agente antimicrobiano que seriam suficientes para inibir ou eliminar cepas sensíveis da mesma espécie (WHO, 2022). Essa capacidade pode ser intrínseca, determinada por características estruturais e metabólicas naturais do microrganismo, ou adquirida, resultante de mutações cromossômicas espontâneas ou da incorporação de genes de resistência por transferência horizontal (CDC, 2023; ECDC, 2024).

No caso da Escherichia coli, a resistência adquirida constitui o mecanismo predominante em contexto clínico e comunitário, sendo impulsionada pela exposição repetida e inadequada a antibióticos, situação diretamente favorecida pela automedicação. A cada ciclo de exposição subterapêutica, a pressão seletiva elimina as cepas sensíveis e favorece a proliferação de mutantes resistentes ou de bactérias que incorporaram genes de resistência por transferência plasmidial (WHO, 2023; ECDC, 2024). Esse processo é tanto mais rápido quanto mais irregular e intermitente for o uso dos antibióticos, característica marcante da automedicação sem orientação profissional. A compreensão desses fundamentos constitui, portanto, o ponto de partida indispensável para a análise dos mecanismos específicos desenvolvidos pela E. coli frente à pressão seletiva dos antimicrobianos utilizados no tratamento das ITUs comunitárias femininas.

4.2 Betalactamases de Espectro Estendido (ESBLs)

As betalactamases de espectro estendido (ESBLs) representam um dos mecanismos de resistência mais relevantes e amplamente disseminados em cepas de Escherichia coli isoladas de infecções do trato urinário comunitárias. Essas enzimas são capazes de hidrolisar o anel betalactâmico presente em antibióticos como penicilinas, cefalosporinas de diferentes gerações e aztreonam, inativando esses fármacos antes que possam exercer seu efeito bactericida (World Health Organization, 2023; Centers for Disease Control and Prevention, 2023).

Entre os mecanismos de resistência em Escherichia coli, a produção de betalactamases de espectro estendido (ESBLs), especialmente do tipo CTX-M, representa atualmente o principal determinante de resistência a antibióticos betalactâmicos em infecções do trato urinário comunitárias, sendo considerada um importante marcador epidemiológico de multirresistência (European Centre for Disease Prevention and Control, 2024).

Os genes codificadores de ESBLs em E. coli pertencem principalmente às famílias CTX-M, TEM e SHV, com destaque para as enzimas do tipo CTX-M, que se tornaram predominantes em isolados clínicos em escala global (European Centre for Disease Prevention and Control, 2024; World Health Organization, 2023). A produção dessas enzimas confere resistência simultânea a múltiplas classes de antibióticos betalactâmicos, restringindo significativamente as opções terapêuticas disponíveis e frequentemente exigindo o uso de carbapenêmicos em casos mais graves.

A disseminação de cepas produtoras de ESBL em contexto comunitário está diretamente associada ao uso indiscriminado de antibióticos de amplo espectro, o que contribui para o aumento progressivo das taxas de resistência em infecções urinárias (World Health Organization, 2023; Centers for Disease Control and Prevention, 2023).

4.3 Resistência às quinolonas e fluoroquinolonas

As quinolonas constituem uma classe de antimicrobianos que atuam inibindo enzimas essenciais para a replicação do DNA bacteriano, sendo as fluoroquinolonas suas principais representantes na prática clínica atual, devido ao seu maior espectro de ação e eficácia terapêutica. Fármacos como o Ciprofloxacino e o Norfloxacino são amplamente utilizados no tratamento empírico das ITUs femininas não complicadas.

Entretanto, a resistência da Escherichia coli a esses fármacos tem aumentado de forma consistente nos últimos anos, comprometendo sua eficácia clínica (WHO, 2023; CDC, 2023). Os mecanismos de resistência envolvem, primariamente, mutações nos genes gyrA e parC, que codificam as subunidades da DNA girase e da topoisomerase IV, principais alvos dessas drogas. Mutações nessas regiões alteram a conformação das proteínas-alvo, reduzindo a afinidade de ligação das fluoroquinolonas e, consequentemente, sua eficácia (ECDC, 2024).

Além disso, mecanismos de resistência mediados por plasmídeos têm sido descritos com frequência crescente, incluindo proteínas que protegem as enzimas-alvo e enzimas modificadoras do antibiótico, favorecendo a disseminação da resistência entre diferentes cepas bacterianas. De forma complementar, sistemas inespecíficos, como bombas de efluxo e alterações na permeabilidade da membrana externa, podem reduzir a concentração intracelular dos antimicrobianos, potencializando o fenótipo de resistência (WHO, 2023).

4.4 Formação de biofilme e persistência bacteriana

A capacidade de formar biofilmes confere à Escherichia coli uma importante estratégia de persistência, com implicações diretas na recorrência das infecções do trato urinário. O biofilme consiste em uma comunidade bacteriana organizada, envolta por uma matriz extracelular polimérica, que adere a superfícies biológicas e abióticas, protegendo as bactérias contra a ação dos antimicrobianos (World Health Organization, 2023; European Centre for Disease Prevention and Control, 2024).

Em cepas uropatogênicas de Escherichia coli (UPEC), o biofilme está direta-

mente relacionado à adesão ao urotélio e à persistência intracelular, favorecendo a ocorrência de infecções urinárias recorrentes e de difícil erradicação terapêutica (Ciofu *et al*., 2022; Microorganisms, 2022).

A resistência associada aos biofilmes é multifatorial, envolvendo a limitação da penetração dos antibióticos, alterações no metabolismo bacteriano e a presença de subpopulações persistentes com baixa atividade metabólica, menos suscetíveis à ação dos antimicrobianos. No contexto das infecções do trato urinário, essas estruturas podem atuar como reservatórios bacterianos, contribuindo para a manutenção da infecção mesmo após o tratamento (npj Biofilms and Microbiomes, 2022).

A automedicação e a interrupção precoce do tratamento antibiótico favorecem a manutenção dessas estruturas, contribuindo para a recorrência das infecções urinárias em mulheres (World Health Organization, 2023).

4.5 Transferência horizontal de genes de resistência

A transferência horizontal de genes representa um dos principais mecanismos de disseminação da resistência antimicrobiana, permitindo a propagação de determinantes genéticos entre diferentes cepas e espécies bacterianas (CDC, 2023; ECDC, 2024). Na Escherichia coli, os plasmídeos desempenham papel central nesse processo, carreando genes associados à produção de ESBLs, resistência às quinolonas e outros mecanismos relacionados à multirresistência.

O trato gastrointestinal humano atua como um importante reservatório desses genes, onde cepas comensais podem adquirir e transferir determinantes de resistência para cepas uropatogênicas. A pressão seletiva decorrente do uso inadequado de antibióticos favorece não apenas a seleção de cepas resistentes, mas também a ampliação do reservatório genético disponível para disseminação.

4.6 Impacto clínico da resistência antimicrobiana da E. coli

O impacto clínico da resistência antimicrobiana da Escherichia coli em ITUs comunitárias femininas é significativo e progressivamente mais grave. A falha terapêutica de antibióticos de primeira linha frequentemente leva à necessidade de utilização de agentes de maior espectro, cujo uso ampliado contribui para o aumento da pressão seletiva e para a emergência de novos mecanismos de resistência (WHO, 2023; CDC, 2023).

Além disso, infecções causadas por cepas resistentes estão associadas a maior risco de evolução para formas graves, como pielonefrite e urossepse, resultando em aumento das taxas de hospitalização, prolongamento do tempo de internação e maior morbimortalidade.

Em síntese, os mecanismos de resistência antimicrobiana da Escherichia coli representam um sistema adaptativo, fortemente influenciado pelo uso inadequado de antibióticos. A automedicação, ao promover exposições repetidas e inadequadas a antimicrobianos, constitui um dos principais fatores responsáveis pela emergência e consolidação da resistência em ITUs comunitárias femininas, reforçando sua relevância como problema de saúde pública contemporâneo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu compreender que a elevada prevalência das infecções do trato urinário em mulheres está diretamente relacionada à interação entre fatores anatômicos do hospedeiro e a elevada capacidade adaptativa da *Escherichia coli* uropatogênica. Evidenciou-se que mecanismos como adesão bacteriana, invasão celular, formação de biofilmes e estabelecimento de reservatórios intracelulares contribuem de forma significativa para a persistência e recorrência das ITUs, o que dificulta o manejo terapêutico dessas infecções no contexto comunitário.

No que se refere à automedicação com antibióticos, constatou-se que essa prática representa um dos principais fatores comportamentais associados ao agravamento das ITUs femininas. A utilização inadequada de antimicrobianos, frequentemente baseada na autopercepção dos sintomas e na reutilização de tratamentos anteriores, favorece falhas terapêuticas, recorrência infecciosa e aumento do risco de complicações clínicas. Além disso, fatores socioeconômicos, estruturais e informacionais influenciam diretamente a adoção dessa prática, reforçando seu caráter multifatorial e seu impacto negativo tanto individual quanto coletivo.

Por fim, ao analisar os mecanismos de resistência antimicrobiana da *Escherichia coli*, observou-se que a exposição repetida e inadequada aos antibióticos atua como fator determinante na seleção e disseminação de cepas resistentes. Mecanismos como a produção de betalactamases de espectro estendido, alterações nos alvos bacterianos, formação de biofilmes e transferência horizontal de genes contribuem para a limitação progressiva das opções terapêuticas disponíveis. Dessa forma, conclui-se que a automedicação influencia diretamente a resistência da Escherichia coli em infecções urinárias comunitárias em mulheres, respondendo à questão norteadora proposta neste estudo.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana aos Antimicrobianos nos Serviços de Saúde (PAN-Serviços de Saúde 2023–2027).** Brasília: ANVISA, 2023.

BRASIL. Ministério da Saúde**. Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no âmbito de Uma Só Saúde 2026–2030**. Brasília: Ministério da Saúde, 2026.

CARNEIRO, M.; PILLONETTO, M. Fighting antimicrobial resistance in Brazil: strengthening diagnostic stewardship, antimicrobial stewardship, and policies for a healthier future. **Frontiers in Public Health**, v. 13, 2026.

CIARKOWSKI, C. E. *et al*. Antimicrobial stewardship to reduce overtreatment of asymptomatic bacteriuria in critical access hospitals. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, 2025.

DE ANDRADE, L. N.; DARINI, A. L. C. Mecanismos de resistência bacteriana aos antibióticos. **Revista da ABM – Academia Brasileira de Microbiologia**, v. 2, n. 1, p. 45–58, 2020.

DE FARIA, R. *et al*. Perfil de resistência a antimicrobianos da classe dos beta-lactâmicos e aminoglicosídeos em cepas de *Escherichia coli.* **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 51673–51691, 2022.

FONSECA, M. O. L. *et al*. Perfil de resistência aos antimicrobianos de *Escherichia coli* isoladas de infecção do trato urinário em Rondônia. **Interfaces Científicas – Saúde e Ambiente**, v. 9, n. 2, p. 411–423, 2023.

GOLEANU, C. D. *et al*. Trends in antibiotic resistance of *Escherichia coli* strains isolated from clinical samples 2023. **Pathogens**, v. 14, n. 9, 2025.

HALABI, M. *et al*. Antibiotic resistance pattern of ESBL-producing *Escherichia coli* isolated from urinary tract infections. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 11, 2022.

HELMY, Y. *et al*. Antimicrobial resistance and alternative therapies against bacterial pathogens. **Antibiotics**, v. 12, 2023.

KLEIN, R. D.; HULTGREN, S. J. Urinary tract infections: microbial pathogenesis and host–pathogen interactions. **Nature Reviews Microbiology**, v. 18, n. 4, p. 211–226, 2020.

LAGUIO-VILA, M. et al. Urinary tract infection stewardship. **Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology**, v. 1, 2022.

MAJUMDER, M. et al. Antibiotic resistance pattern in urinary tract infection pathogens: 10-year analysis. **Antimicrobial Resistance & Infection Control**, v. 11, 2022.

MANCUSO, G. *et al.* Novel antimicrobial approaches to urinary tract infection biofilms. **Antibiotics,** v. 13, n. 2, 2024.

MURRAY, C. J. L. *et al.* Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019. **The Lancet,** v. 399, n. 10325, p. 629–655, 2022.

NASROLLAHIAN, S. *et al***.** Mechanisms of antibiotic resistance in *Escherichia coli*. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, v. 14, 2024.

OLIVEIRA, M. *et al*. Overview of recent advances in antimicrobial resistance. **Microorganisms**, v. 12, 2024.

RUIZ-LIEVANO, A. *et al***.** Fluoroquinolone resistance in *Escherichia coli* urinary tract infections. **Microorganisms**, v. 12, 2024.

SANTOS, J. C. A.; FONSECA, F. M. Altas taxas de resistência antimicrobiana em infecções do trato urinário. **Acta Biológica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 77–96, 2025.

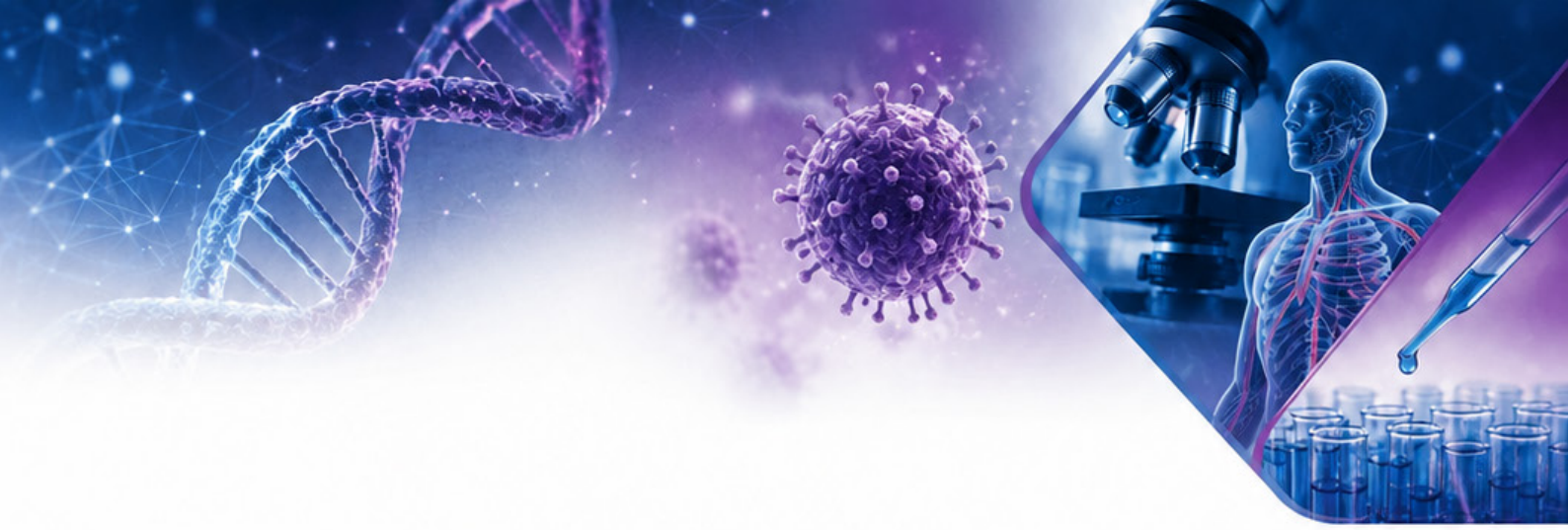
SOUZA, M. F.; RAMOS, G. A.; VALIATTI, T. B. Resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* em infecções urinárias. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 6, 2025.

TEGEGNE, D. T.; ABBOTT, I. J.; POŹNIAK, B. *Catheter-associated urinary tract infections and biofilm resistance*. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 18, 2025.

TANG, K.; MILLAR, B.; MOORE, J. Antimicrobial resistance (AMR). **British Journal of Biomedical Science**, v. 80, 2023.

TEWAWONG, N. *et al*. Fluoroquinolone resistance mechanisms in *Escherichia coli*. **PLOS One**, v. 20, 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO **Bacterial Priority Pathogens List 2024.** Geneva: WHO, 2024.



Capítulo 11

O PAPEL DO BIOMÉDICO NA ESTÉTICA FACIAL: ATUAÇÃO, SEGURANÇA E RESPONSABILIDADE PROFISSIONAL

THE ROLE OF THE BIOMEDICAL SCIENTIST IN FACIAL AESTHETICS: PERFORMANCE, SAFETY AND PROFESSIONAL RESPONSIBILITY

Thamires Caroline de Oliveira Ribeiro[1]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

Resumo

Este trabalho teve como objetivo analisar o papel do biomédico na estética facial, considerando sua atuação, formação e responsabilidades profissionais, destacando-se a Biomedicina como uma área em expansão diante do aumento da procura por procedimentos estéticos, oferecendo técnicas minimamente invasivas voltadas à harmonização facial, rejuvenescimento e melhoria da qualidade da pele; foram discutidos os principais procedimentos realizados pelo biomédico, como toxina botulínica, preenchimentos faciais, microagulhamento, peelings químicos e bioestimuladores de colágeno, ressaltando a necessidade de conhecimento técnico, domínio da anatomia e preparo para prevenir intercorrências, bem como a importância da formação acadêmica aliada à especialização e atualização constante para uma prática segura e eficaz; além disso, abordaram-se os aspectos éticos, legais e de biossegurança, enfatizando o cumprimento das normas, o consentimento informado e a responsabilidade profissional, tendo a metodologia consistido em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, fundamentada em livros, artigos científicos e documentos oficiais publicados por órgãos regulamentadores da área, concluindo-se que o biomédico exerce papel relevante na estética facial, contribuindo para a promoção da autoestima e bem-estar dos pacientes desde que atue com qualificação, ética e compromisso com a segurança.

Palavras-chave: Biomedicina estética. Estética facial. Biomédico. Biossegurança. Procedimentos minimamente invasivos.

Abstract

This study aimed to analyze the role of the biomedical professional in facial aesthetics, considering their practice, training, and professional responsibilities, highlighting Biomedicine as a growing field due to increasing demand for aesthetic procedures and offering minimally invasive techniques for facial harmonization, rejuvenation, and skin quality improvement. Key procedures performed by biomedical professionals, such as botulinum toxin, facial fillers, microneedling, chemical peels, and collagen biostimulators, were discussed, emphasizing the need for technical knowledge, anatomical expertise, and preparedness to prevent complications, as well as the importance of academic training combined with specialization and continuous updating to ensure safe and effective practice. Ethical, legal, and biosafety aspects were also addressed, underscoring compliance with regulations, informed consent, and professional responsibility. The methodology consisted of a qualitative literature review based on books, scientific articles, and official documents from regulatory bodies. It was concluded that biomedical professionals play a significant role in facial aesthetics, contributing to patient self-esteem and well-being when practicing with qualification, ethics, and a commitment to safety.

Keywords: Aesthetic Biomedicine. Facial aesthetics. Biomedical professional. Biosafety. Minimally invasive procedures.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a busca por procedimentos estéticos faciais apresentou crescimento significativo, motivada pelo aumento da valorização da aparência, pelos avanços tecnológicos e pela maior disponibilidade de tratamentos acessíveis à população. A estética facial deixou de ser apenas um recurso estético superficial e passou a constituir um componente importante do bem-estar, da autoestima e da qualidade de vida. Nesse cenário, a Biomedicina consolidou-se como uma área capaz de atuar no campo da estética, oferecendo abordagens baseadas em evidências científicas e procedimentos minimamente invasivos que visam a harmonização facial.

A atuação do biomédico na estética facial evidenciou-se como uma prática relevante, principalmente após a regulamentação da Biomedicina Estética. Os procedimentos realizados incluíram, entre outros, a aplicação de toxina botulínica, preenchimentos faciais, peelings químicos e bioestimuladores de colágeno. Essa prática exigiu conhecimento aprofundado sobre anatomia facial, fisiologia da pele e possíveis complicações decorrentes dos procedimentos. Assim, tornou-se fundamental discutir a importância dessa atuação profissional, considerando tanto a eficácia dos procedimentos quanto a segurança dos pacientes atendidos.

O problema de pesquisa que orientou este trabalho consistiu em questionar qual foi o papel do biomédico na estética facial e quais limites de atuação profissional foram observados durante sua prática. A delimitação deste problema permitiu compreender os aspectos que envolvem a formação, a capacitação técnica, a responsabilidade ética e os cuidados necessários para garantir procedimentos seguros e eficientes. A análise desse questionamento proporcionou um recorte adequado para a revisão bibliográfica realizada, permitindo responder de forma fundamentada às indagações propostas.

O objetivo geral deste estudo foi analisar o papel do biomédico na estética facial, enfatizando sua atuação, a segurança e a responsabilidade profissional. Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos três objetivos específicos: (1) descrever os principais procedimentos estéticos faciais realizados por biomédicos; (2) apresentar a formação e capacitação exigidas para a atuação profissional; e (3) discutir os aspectos éticos, legais e de biossegurança envolvidos na prática da Biomedicina Estética. Cada capítulo da monografia foi estruturado de forma a atender a esses objetivos específicos, garantindo coerência entre os temas abordados e a questão central do trabalho.

A metodologia adotada consistiu em uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, fundamentada em livros, artigos científicos e documentos oficiais publicados por órgãos regulamentadores da área. A pesquisa teve como objetivo reunir informações já publicadas sobre a atuação do biomédico na estética facial, analisando de forma crítica a relevância dos procedimentos, os cuidados necessários e os limites éticos e legais da prática profissional. A abordagem utilizada permitiu construir um panorama completo sobre o tema, apresentando fundamentos teóricos e discussões pertinentes à área da Biomedicina Estética.

2 PRINCIPAIS PROCEDIMENTOS ESTÉTICOS FACIAIS REALIZADOS PELO BIOMÉDICO

A atuação do biomédico na estética facial tem se consolidado nos últimos anos, especialmente após regulamentações que reconhecem sua habilitação para executar procedimentos minimamente invasivos. Esses procedimentos têm como objetivo promover a harmonização facial, melhorar a qualidade da pele e retardar os sinais do envelhecimento, sempre com foco na segurança e no bem-estar do paciente.

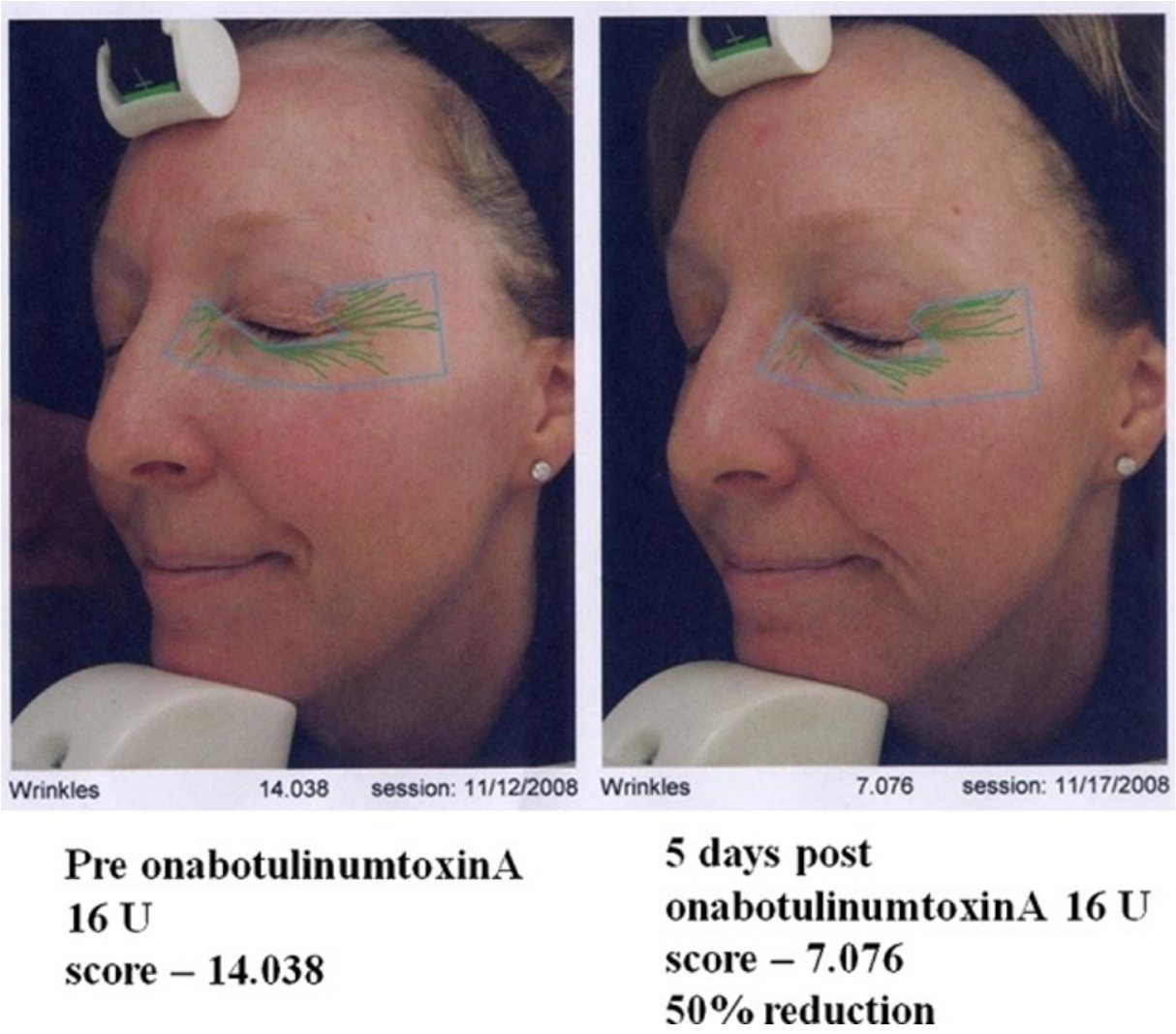


Figura 1. Comparação das rugas periorbitais antes e após aplicação de toxina botulínica tipo A (16 U).

Fonte: Carruthers J., Carruthers A. (2012). Botulinum Toxins for Facial Lines: A Concise Review. Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology, v. 5, n. 10, p. 23–30. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3510399/. Acesso em: 08 jun. 2026.

Dentre os principais procedimentos realizados pelo biomédico esteta, na figura 1 destaca-se a aplicação da toxina botulínica, utilizada para suavizar linhas de expressão e rugas dinâmicas por meio do bloqueio temporário da contração muscular, proporcionando um aspecto mais jovem. Além da finalidade estética, também pode ser empregada no tratamento do sorriso gengival, bruxismo, assimetrias faciais e hipertrofia do músculo masseter, sendo a individualização do tratamento essencial para resultados naturais.

Outro procedimento amplamente utilizado é o preenchimento com ácido hialurônico, cuja principal função é restaurar volumes perdidos pelo envelhecimento, melhorar os contornos faciais e promover hidratação da pele. Por ser uma substância naturalmente presente no organismo, apresenta elevada biocompatibilidade e baixo risco de rejeição, oferecendo resultados imediatos e minimamente invasivos.

Os preenchimentos podem ser aplicados em diversas regiões da face, como lábios, sulcos nasogenianos, mandíbula, mento, olheiras e maçãs do rosto. Entretanto, apesar da segurança do procedimento, a aplicação inadequada pode causar complicações, como necrose tecidual, assimetrias e obstruções vasculares, tornando indispensáveis o conhecimento anatômico e a correta avaliação facial para garantir a segurança do paciente.



Figura 2. Aplicação do microagulhamento facial com dermaroller.

Fonte: SINGH, A.; YADAV, S. Microneedling: advances and widening horizons. Indian Dermatology Online Journal, v. 7, n. 4, p. 244–254, 2016. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4976400/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 08 jun. 2026.

Como na figura 2, o microagulhamento também se destaca como um procedimento amplamente utilizado pelo biomédico esteta. Essa técnica consiste na realização de microperfurações controladas na pele por meio de dispositivos com microagulhas, estimulando o processo inflamatório fisiológico e favorecendo a produção de colágeno e elastina. Conforme Lima, Lima e Takano (2018), o microagulhamento apresenta resultados satisfatórios no tratamento de cicatrizes de acne, flacidez, poros dilatados, melasma e rejuvenescimento facial.

Além disso, o procedimento favorece o drug delivery, técnica que potencializa a permeação de ativos cosméticos e farmacológicos através da pele. Segundo Kalil *et al*. (2020), o microagulhamento associado a substâncias despigmentantes e bioestimuladoras potencializa os resultados terapêuticos, especialmente em tratamentos voltados à revitalização cutânea.



Figura 3. Aplicação de peeling químico superficial com ácido salicílico na face.

Fonte: FABBROCINI, G. Chemical Peels: Background, Indications, Contraindications. Medscape, 2022. Disponível em: https://emedicine.medscape.com/article/1829120-images. Acesso em: 08 jun. 2026.

Conforme a figura 3, os peelings químicos também ocupam posição importante entre os procedimentos realizados na estética facial. Esses tratamentos consistem na aplicação de substâncias químicas capazes de promover descamação controlada da pele, estimulando renovação celular e melhora da textura cutânea. De acordo com Bae-Harboe e Graber (2020), os peelings químicos podem ser classificados em superficiais, médios e profundos, dependendo da profundidade de penetração e dos objetivos terapêuticos.

Os peelings são indicados para tratamento de manchas, acne, cicatrizes superficiais, rugas finas e fotoenvelhecimento. Entre os ácidos mais utilizados destacam-se o ácido glicólico, ácido salicílico, ácido mandélico e ácido retinoico. Entretanto, é necessário que o profissional realize avaliação criteriosa do fototipo cutâneo e das condições clínicas do paciente, considerando que aplicações inadequadas podem causar queimaduras, hiperpigmentação pós-inflamatória e sensibilização cutânea.

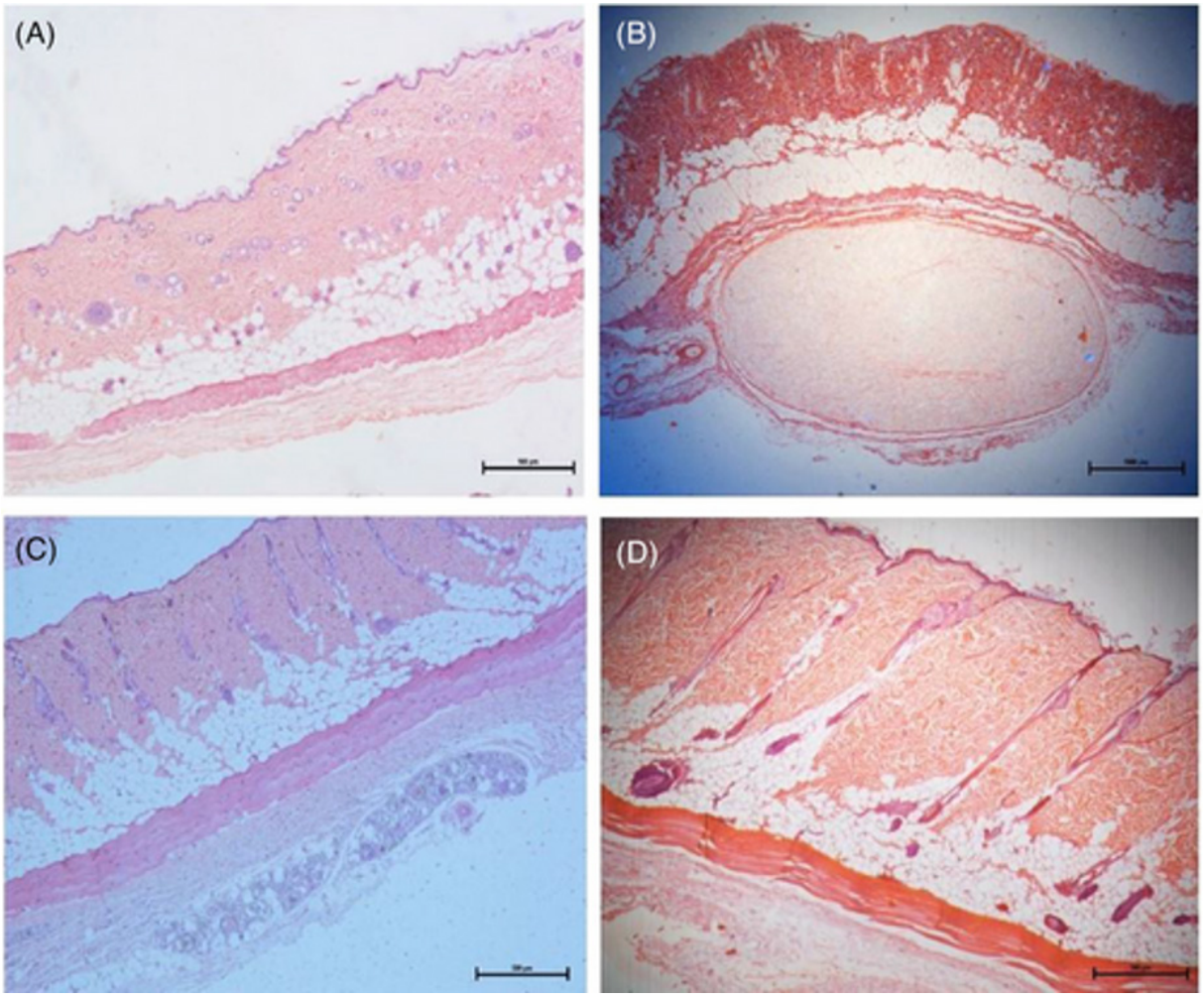


Figura 4. Análise histológica em modelo animal demonstrando o estímulo à produção de colágeno após aplicação de bioestimuladores.

Fonte: Bernardo, R. T. R. et al. (2024).

De acordo com a figura 4, outro procedimento que vem ganhando destaque na estética facial é o uso de bioestimuladores de colágeno. Esses produtos atuam estimulando a neocolagênese, promovendo melhora progressiva da firmeza e sustentação da pele. Entre os principais bioestimuladores utilizados encontram-se o ácido poli-L-láctico, a hidroxiapatita de cálcio e a policaprolactona. Segundo Hexsel *et al*. (2019), esses procedimentos apresentam resultados duradouros e têm sido amplamente utilizados no tratamento da flacidez facial.

Os bioestimuladores são indicados principalmente para pacientes que apresentam perda de sustentação facial decorrente do envelhecimento. Diferentemente dos preenchimentos convencionais, esses produtos não atuam apenas proporcionando volume imediato, mas estimulando mecanismos fisiológicos de produção de colágeno. Conforme Almeida *et al.* (2021), a associação entre bioestimuladores e outras técnicas estéticas potencializa os resultados do rejuvenescimento facial.

Além dos procedimentos citados, o biomédico esteta também pode atuar com tecnologias associadas, como laserterapia, radiofrequência, ultrassom microfocado e jato de plasma, desde que devidamente habilitado. Essas tecnologias têm contribuído para tratamentos menos invasivos e com menor tempo de recuperação, ampliando as possibilidades terapêuticas dentro da estética facial.

Entretanto, apesar dos benefícios proporcionados pelos procedimentos estéticos, é fundamental destacar que todos envolvem riscos e possíveis intercorrências. Edema, hematomas, reações inflamatórias, infecções e complicações vasculares podem ocorrer quando os procedimentos são realizados sem critérios técnicos adequados. Dessa forma, torna-se indispensável que o biomédico possua conhecimento aprofundado sobre anatomia facial, biossegurança, farmacologia e manejo de complicações.

Nesse sentido, a avaliação individualizada do paciente representa etapa essencial para o sucesso terapêutico. O profissional deve considerar aspectos como histórico clínico, condições dermatológicas, expectativas do paciente e possíveis contraindicações antes da realização de qualquer procedimento. Além disso, o planejamento facial deve priorizar naturalidade, equilíbrio estético e segurança clínica.

Portanto, observa-se que os procedimentos estéticos faciais realizados pelo biomédico abrangem técnicas modernas, eficazes e cientificamente fundamentadas. A crescente valorização da estética facial tem ampliado o campo de atuação da Biomedicina Estética, exigindo profissionais cada vez mais qualificados, atualizados e comprometidos com a segurança e bem-estar dos pacientes.

3 FORMAÇÃO E CAPACITAÇÃO DO BIOMÉDICO NA ESTÉTICA FACIAL

A formação e a capacitação do biomédico para atuação na estética facial são essenciais para garantir a segurança dos procedimentos, a qualidade dos resultados e a prática ética. Além da graduação em Biomedicina, é necessária a realização de especializações, treinamentos práticos e atualização científica contínua, devido aos constantes avanços tecnológicos da área.

A formação acadêmica fornece conhecimentos fundamentais sobre anatomia, fisiologia, bioquímica, microbiologia, imunologia e farmacologia, que servem de base para a compreensão dos procedimentos estéticos. A especialização em Biomedicina Estética desenvolve competências específicas para a execução de técnicas minimamente invasivas, como aplicação de toxina botulínica, preenchimentos faciais e procedimentos de rejuvenescimento, incluindo ainda conteúdos relacionados à avaliação facial, biossegurança, farmacologia aplicada e manejo de intercorrências.

O domínio da anatomia facial é indispensável, pois a complexidade das estruturas vasculares, musculares e nervosas exige conhecimento detalhado para reduzir riscos de complicações, como necrose tecidual, embolização vascular e assimetrias faciais. A avaliação facial individualizada também é fundamental, permitindo a elaboração de um planejamento terapêutico personalizado e a obtenção de resultados naturais e harmoniosos.

A atualização constante é necessária diante do surgimento frequente de novas técnicas, produtos e tecnologias. A ética profissional também é um aspecto indispensável, exigindo que o biomédico atue dentro dos limites de sua habilitação, respeite as normas dos órgãos reguladores, obtenha o consentimento informado e mantenha uma relação de transparência e responsabilidade com o paciente, evitando promessas irreais.

O crescimento do mercado estético brasileiro ampliou as oportunidades para biomédicos especializados, tornando a qualificação um diferencial competitivo. Ao mesmo tempo, a popularização das redes sociais aumentou a necessidade de divulgação ética dos procedimentos e resultados.

A atuação do biomédico esteta é regulamentada pelo Conselho Federal de Biomedicina, que estabelece critérios de habilitação, responsabilidades técnicas e limites de atuação. O conhecimento da legislação é tão importante quanto o domínio técnico, uma vez que o exercício profissional fora das normas pode gerar sanções éticas e administrativas.

A aplicação rigorosa das normas de biossegurança é indispensável para prevenir infecções e contaminações, envolvendo o uso adequado de equipamentos de proteção individual, esterilização de materiais, higienização dos ambientes e descarte correto dos resíduos.

O biomédico também deve estar preparado para reconhecer e manejar intercorrências decorrentes dos procedimentos estéticos, identificando precocemente sinais clínicos e adotando protocolos adequados, além de realizar encaminhamento médico quando necessário. Treinamentos periódicos e atualizações constantes são fundamentais para garantir a segurança do paciente.

A prática baseada em evidências ocupa papel central na Biomedicina Estética, integrando evidências científicas atualizadas, experiência clínica e necessidades individuais do paciente. Essa abordagem contribui para escolhas terapêuticas mais seguras e eficazes, reforçando a importância da leitura crítica da literatura científica e da participação em eventos acadêmicos.

Outro aspecto relevante é a humanização do atendimento. Como os procedimentos estéticos envolvem autoestima, imagem corporal e bem-estar emocional, a escuta ativa, a empatia e o respeito à individualidade fortalecem o vínculo entre profissional e paciente e favorecem melhores resultados.

Assim, a formação e a capacitação do biomédico na estética facial exigem especialização, prática supervisionada, atualização científica contínua e desenvolvimento ético-profissional, permitindo uma atuação segura, responsável e de excelência, voltada para a qualidade da assistência e para a promoção da saúde e do bem-estar dos pacientes.

4 ASPECTOS ÉTICOS, LEGAIS E DE BIOSSEGURANÇA NA PRÁTICA DO BIOMÉDICO EM ESTÉTICA FACIAL

A atuação do biomédico na estética facial exige conhecimento técnico aliado ao cumprimento de princípios éticos, legais e de biossegurança, fundamentais para garantir a segurança do paciente e a qualidade dos atendimentos. O crescimento da demanda por procedimentos estéticos reforçou a necessidade de regulamentação profissional e fortalecimento das práticas voltadas à proteção da saúde.

A Biomedicina Estética é regulamentada pelo Conselho Federal de Biomedicina, que estabelece que apenas profissionais devidamente habilitados e com formação específica podem realizar procedimentos minimamente invasivos, dentro dos limites legais. A regulamentação contribui para que técnicas como

preenchimentos faciais, bioestimuladores de colágeno e aplicação de toxina botulínica sejam executadas por profissionais capacitados, reduzindo riscos e intercorrências.

O biomédico também deve cumprir a legislação sanitária vigente, observando normas relacionadas à estrutura física dos estabelecimentos, esterilização de materiais e descarte de resíduos. Nesse contexto, a biossegurança constitui um dos pilares da prática estética, abrangendo medidas destinadas à prevenção de riscos biológicos, físicos e químicos.

Entre as principais práticas de biossegurança destacam-se o uso de equipamentos de proteção individual, higienização das mãos, esterilização de instrumentais, utilização de materiais descartáveis e desinfecção adequada das superfícies clínicas, especialmente em procedimentos que envolvem ruptura da barreira cutânea. O descarte correto de materiais perfurocortantes também é indispensável para prevenir acidentes e contaminações, assim como o rigoroso controle de infecções para evitar a transmissão de microrganismos.

No aspecto ético, o biomédico deve atuar com responsabilidade, transparência e respeito ao paciente, realizando avaliação criteriosa, indicando procedimentos adequados e fornecendo informações claras sobre riscos, benefícios e possíveis complicações. Os princípios da bioética — autonomia, beneficência, não maleficência e justiça — devem orientar toda a prática profissional.

O consentimento informado é um dos principais instrumentos éticos e legais da estética, garantindo que o paciente receba informações completas sobre o procedimento, riscos, benefícios, cuidados pós-procedimento e possíveis complicações, autorizando sua realização de forma livre e esclarecida. Além de proteger o paciente, esse documento também representa importante mecanismo de segurança para o profissional.

A avaliação estética individualizada é essencial para identificar contraindicações, analisar o histórico clínico e prevenir complicações. O biomédico também possui responsabilidade civil pelos danos decorrentes de negligência, imprudência ou imperícia, sendo indispensável a atuação baseada em conhecimento técnico e protocolos científicos. O aumento da judicialização dos procedimentos estéticos reforça a necessidade de manter documentação detalhada dos atendimentos, incluindo prontuários, fotografias clínicas e termos de consentimento.

A publicidade na estética deve seguir princípios éticos, evitando promessas irreais, divulgação exagerada de resultados ou exposição inadequada de pacientes. Além disso, o profissional deve considerar os aspectos psicológicos envolvidos nos procedimentos estéticos, atuando com responsabilidade diante de questões relacionadas à autoestima, imagem corporal e influência dos padrões estéticos difundidos pelas redes sociais.

Assim, os aspectos éticos, legais e de biossegurança são fundamentais para a atuação segura e responsável do biomédico na estética facial, contribuindo para a proteção da saúde do paciente, a valorização da profissão e o fortalecimento da Biomedicina Estética como área científica e profissional em constante crescimento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo analisar o papel do biomédico na estética facial, abordando sua atuação, formação e os principais procedimentos realizados na área. A partir da pesquisa desenvolvida, foi possível compreender que o biomédico esteta desempenha uma função relevante no contexto da estética, contribuindo não apenas para a melhoria da aparência, mas também para a promoção da autoestima e bem-estar dos pacientes. Dessa forma, o objetivo geral proposto foi alcançado, uma vez que se evidenciou a importância desse profissional e sua crescente inserção no mercado da estética facial.

No que diz respeito aos principais procedimentos estéticos faciais realizados pelo biomédico, observou-se que técnicas como aplicação de toxina botulínica, preenchimentos, microagulhamento e peelings químicos fazem parte de sua prática profissional, desde que haja a devida capacitação. Além disso, foi possível perceber que a formação e qualificação profissional são fundamentais para garantir a segurança e eficácia desses procedimentos. Nesse sentido, os objetivos específicos relacionados à identificação das técnicas e à capacitação do biomédico também foram atingidos, demonstrando que a atuação na estética exige preparo técnico e atualização constante.

Por fim, ao abordar os aspectos éticos, legais e de biossegurança, constatou-se que esses elementos são indispensáveis para a prática responsável do biomédico na estética facial. O respeito às normas, à ética profissional e aos cuidados com a biossegurança garante não apenas a proteção do paciente, mas também a credibilidade do profissional. Assim, o problema de pesquisa foi respondido de forma satisfatória, evidenciando que o biomédico possui competências e responsabilidades bem definidas. Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se o aprofundamento em estudos sobre novas tecnologias na estética facial e a análise dos impactos dessas inovações na atuação do biomédico.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Serviços de estética e embelezamento: orientações para funcionamento seguro**. Brasília: ANVISA, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/. Acesso em: 29 mar. 2026.

ALMEIDA, A. T. et al. Consensus recommendations for the use of injectable poly-L-lactic acid in aesthetic medicine. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dermatology**, v. 14, p. 779-791, 2021. Disponível em: https://www.dovepress.com/. Acesso em: 17 maio 2026.

BAE-HARBOE, Y. S.; GRABER, E. M. Chemical peels and skin resurfacing procedures in aesthetic dermatology. **Dermatologic Clinics**, v. 38, n. 2, p. 171-181, 2020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/. Acesso em: 17 maio 2026.

BERNARDO, R. T. R. et al. Effect of poly-L-lactic acid and polydioxanone biostimulators on type I and III collagen biosynthesis**. Skin Research and Technology**, v. 30, n. 4, e13681, 2024. DOI: https://doi.org/10.1111/srt.13681.

BERTOSSI, D. et al. Botulinum toxin and facial aesthetics: current concepts, applications, and future perspectives. **Toxins**, v. 12, n. 9, p. 576, 2020. Disponível em: https://www.mdpi.com/. Acesso em: 17 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Gerenciamento de resíduos em serviços de saúde.** Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/saude/. Acesso em: 17 maio 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde**. Normas de biossegurança em serviços de saúde.** Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

BRAZ, A. V.; SAKUMA, T. H**. Harmonização facial: abordagem anatômica e planejamento estético.** São Paulo: Santos, 2022.

CARRUTHERS, J.; CARRUTHERS, A. Botulinum toxins for facial lines: a concise review**. Journal of Clinical and Aesthetic Dermatology**, v. 5, n. 10, p. 23-30, 2012. Disponível em: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3510399/. Acesso em: 8 jun. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM). **Nota de esclarecimento: atuação do biomédico na saúde estética e decisão do TRF1.** Brasília, DF, 2026. Disponível em: https://cfbm.gov.br/nota-de-esclarecimento-atuacao-do-biomedico-na-saude-estetica-e-decisao-do-trf1/. Acesso em: 29 mar. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA**. Resolução nº 241/2014 e atualizações: dispõe sobre a atuação do biomédico na área estética.** Brasília: CFBM, 2016.

COTOFANA, S. et al. The anatomy of the facial danger zones: implications for injectable fillers**. Plastic and Reconstructive Surgery**, v. 143, n. 4, p. 1103-1114, 2019. Disponível em: https://journals.lww.com/. Acesso em: 17 maio 2026.

ESCOLA BAHIANA DE MEDICINA E SAÚDE PÚBLICA. **Descubra o que é a especialização em Biomedicina Estética.** Salvador, [s.d.]. Disponível em: https://www.bahiana.edu.br/blog/47/descubra-o-que-e-a-especializacao-em-biomedicina-estetica/. Acesso em: 29 mar. 2026.

FABBROCINI, G. Chemical peels: background, indications, contraindications. **Medscape,** 2022. Disponível em: https://emedicine.medscape.com/article/1829120-images. Acesso em: 8 jun. 2026.

FERREIRA, L. S.; COSTA, M. R. Formação biomédica e atuação na estética facial. **Revista Saúde Multidisciplinar,** v. 7, n. 2, p. 45-58, 2020.

FRANÇA, G. V. **Responsabilidade civil dos profissionais da saúde estética.** 12. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021.

GOLDIE, K. et al. Global trends in minimally invasive aesthetic procedures. **Aesthetic Surgery Journal,** v. 40, n. 4, p. 77-89, 2020. Disponível em: https://academic.oup.com/asj. Acesso em: 17 maio 2026.

GOLD, M. H. et al. Use of injectable poly-L-lactic acid in facial rejuvenation. **Journal of Cosmetic Dermatology,** 2014. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/. Acesso em: 29 mar. 2026.

HEXSEL, D. et al. Botulinum toxin type A for facial aesthetics. **Dermatologic Therapy,** 2013. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/. Acesso em: 29 mar. 2026.

HINRICHSEN, S. L. et al. **Biossegurança e controle de infecção em serviços de saúde.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

KALIL, C. L. P. V. et al. Microagulhamento: revisão narrativa das indicações e aplicações clínicas. **Surgical & Cosmetic Dermatology,** v. 12, n. 1, p. 4-10, 2020. Disponível em: https://www.surgicalcosmetic.org.br/. Acesso em: 17 maio 2026.

LIMA, E. V. A.; LIMA, M. A.; TAKANO, D. Microagulhamento: estudo experimental e classificação da injúria provocada**. Surgical & Cosmetic Dermatology,** v. 10, n. 2, p. 110-114, 2018. Disponível em: https://www.surgicalcosmetic.org.br/. Acesso em: 17 maio 2026.

PEREIRA, M. E. C. et al. Controle microbiológico em clínicas de estética e biossegurança**. Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 23, n. 3, p. 215-223, 2019.

RIBEIRO, F. S. et al. Humanização no atendimento estético e satisfação dos pacientes. **Revista Saúde e Estética,** v. 9, n. 1, p. 30-39, 2021.

SILVA, R. S.; OLIVEIRA, M. A. Formação e atuação do biomédico na estética. **Revista Saúde Estética,** 2018.

SINGH, A.; YADAV, S. Microneedling: advances and widening horizons. **Indian Dermatology Online Journal,** v. 7, n. 4, p. 244-254, 2016. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4976400/. Acesso em: 8 jun. 2026.

SIGNORINI, M. et al. Global aesthetics consensus: avoidance and management of complications from hyaluronic acid fillers. **Plastic and Reconstructive Surgery,** v. 137, n. 6, p. 961-971, 2016. Disponível em: https://journals.lww.com/. Acesso em: 17 maio 2026.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE DERMATOLOGIA. **Segurança do paciente em procedimentos es-**

téticos minimamente invasivos. Rio de Janeiro: SBD, 2021. Disponível em: https://www.sbd.org.br/. Acesso em: 17 maio 2026.

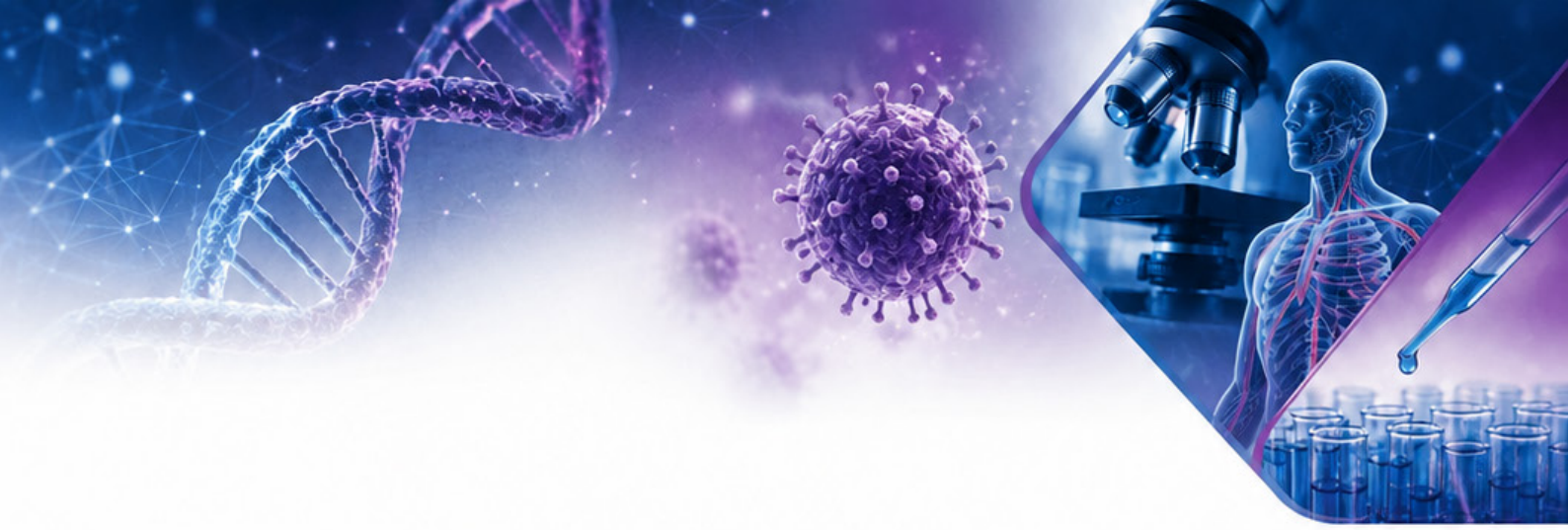
SOUZA, L. M. et al. Importância da anatomia facial na prática estética. **Revista Científica da Saúde**, 2019.

SUNDARAM, H. et al. Global aesthetics consensus on prevention and management of botulinum toxin complications. **Dermatologic Surgery**, v. 47, n. 4, p. 518-529, 2021. Disponível em: https://journals.lww.com/. Acesso em: 17 maio 2026.

TARTUCE, F. **Manual de responsabilidade civil.** 5. ed. São Paulo: Método, 2022.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L**. Microbiologia.** 12. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

WOLLINA, U. Dermal fillers and their role in facial rejuvenation. **Journal of Cutaneous and Aesthetic Surgery,** v. 13, n. 3, p. 203-210, 2020. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/. Acesso em: 17 maio 2026.



Capítulo 12

PERFIL DE RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA DE *Escherichia coli* ASSOCIADA ÀS INFECÇÕES DO TRATO URINÁRIO EM PACIENTES HOSPITALIZADOS NO BRASIL

ANTIMICROBIAL RESISTANCE PROFILE OF ESCHERICHIA COLI ASSOCIATED WITH URINARY TRACT INFECTIONS IN HOSPITALIZED PATIENTS IN BRAZIL

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

Ariadina Rakell Silva de Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Vanessa Alves Agustinho[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

As infecções do trato urinário causadas por Escherichia coli representam um dos principais desafios clínicos no ambiente hospitalar, especialmente diante do avanço da resistência antimicrobiana e da consequente limitação das opções terapêuticas. O objetivo deste estudo foi compreender o perfil de resistência antimicrobiana de Escherichia coli associada às infecções do trato urinário em pacientes hospitalizados no Brasil. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura, com buscas nas bases de dados Google Acadêmico, SciELO, PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde, considerando publicações entre 2020 e 2026. Os resultados evidenciaram que E. coli é responsável pela grande maioria dos casos de infecção urinária hospitalar, com maior prevalência em pacientes do sexo feminino, idosos e imunossuprimidos. Os principais mecanismos de resistência incluem a produção de -lactamases de espectro estendido (família CTX-M), hiperexpressão de bombas de efluxo AcrAB-TolC, mutações nos genes das topoisomerases e alterações nas porinas da membrana externa. Penicilinas e fluoroquinolonas apresentaram as maiores taxas de resistência, enquanto fosfomicina e carbapenêmicos demonstraram maior eficácia frente aos isolados hospitalares. Conclui-se que o enfrentamento desse cenário exige estratégias integradas, como programas de gerenciamento do uso de antimicrobianos, vigilância microbiológica sistemática e construção de antibiogramas cumulativos institucionais.

Palavras-chave: Resistência antimicrobiana; *Escherichia coli*; Infecção do trato urinário; Ambiente hospitalar; Multirresistência.

Abstract

Urinary tract infections caused by Escherichia coli represent one of the main clinical challenges in the hospital setting, especially given the advancement of antimicrobial resistance and the consequent limitation of available therapeutic options. The aim of this study was to understand the antimicrobial resistance profile of Escherichia coli associated with urinary tract infections in hospitalized patients in Brazil. This is a narrative literature review, with searches in Google Scholar, SciELO, PubMed, and Virtual Health Library databases, covering publications from 2020 to 2026. Results showed that E. coli is responsible for the vast majority of hospital urinary tract infection cases, with higher prevalence in female, elderly, and immunocompromised patients. The main resistance mechanisms include extended-spectrum -lactamase production (CTX-M family), hyperexpression of AcrAB-TolC efflux pumps, topoisomerase gene mutations, and outer membrane porin alterations. Penicillins and fluoroquinolones showed the highest resistance rates, while fosfomycin and carbapenems demonstrated greater efficacy. It is concluded that addressing this scenario requires integrated strategies, including antimicrobial stewardship programs, systematic microbiological surveillance, and institutional cumulative antibiograms.

Keywords: Antimicrobial resistance; Escherichia coli; Urinary tract infection; Hospital environment; Multidrug resistance.

1 INTRODUÇÃO

As infecções do trato urinário (ITUs) constituem uma das problemáticas mais prevalentes na prática clínica, acometendo pacientes de diferentes faixas etárias e níveis de complexidade, especialmente no ambiente hospitalar. Essas infecções estão associadas a significativa morbidade, internações prolongadas e aumento dos custos com saúde, representando um desafio significativo para os sistemas de saúde. No contexto hospitalar, fatores como uso de cateteres urinários, imunossupressão e exposição a múltiplos antibióticos contribuem para o aumento da incidência e da gravidade dessas infecções.

Dentre os principais uropatógenos, a *Escherichia coli* (família Enterobacteriaceae) é responsável pela maioria dos casos, tanto na comunidade quanto em ambientes hospitalares. Cepas dessa bactéria vêm apresentando crescente capacidade de resistência aos antimicrobianos normalmente utilizados no tratamento das ITUs, cenário este associado ao uso inadequado e indiscriminado de antibióticos, o que favorece a seleção de cepas resistentes e torna o tratamento mais difícil e menos eficaz.

No Brasil, a resistência antimicrobiana ganha relevância especial em razão da heterogeneidade regional dos perfis de resistência, da limitação de dados consolidados e da necessidade constante de atualização das informações epidemiológicas. É relevante destacar, ainda, a atuação do biomédico na execução e interpretação de exames microbiológicos, essenciais para o diagnóstico preciso e para a racionalização antimicrobiana das ITUs ligadas à *Escherichia coli*.

O presente estudo tem como objetivo geral compreender o perfil de resistência antimicrobiana de *Escherichia coli* associada às infecções do trato urinário em pacientes internados no Brasil, com base em evidências científicas publicadas entre 2020 e 2026. Os objetivos específicos incluem: destacar a prevalência de *E. coli* nas ITUs hospitalares; identificar os principais mecanismos de resistência e os antibióticos com maiores taxas de resistência; e discutir as implicações clínicas da resistência antimicrobiana no tratamento de pacientes hospitalizados.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão narrativa da literatura. A coleta de dados foi realizada por meio de buscas em bases de dados científicas: Google Acadêmico, SciELO, PubMed e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), considerando publicações entre 2020 e 2026.

Foram utilizados descritores relacionados ao tema — “infecção do trato urinário”, “*Escherichia coli*”, “resistência antimicrobiana” e “ambiente hospitalar” —, combinados por operadores booleanos (AND, OR). Foram incluídos artigos disponíveis na íntegra, nos idiomas português e inglês, com relação direta com o tema proposto. Foram excluídos estudos duplicados, resumos, revisões sem metodologia clara e trabalhos fora do recorte temporal delimitado.

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa e integrativa, sintetizando os achados sobre prevalência, mecanismos de resistência, perfil de suscetibilidade antimicrobiana e implicações clínicas. Os resultados foram organizados em categorias temáticas, possibilitando uma discussão coerente e fundamentada.

3 RESUSLTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Prevalência das ITUs Hospitalares e Aspectos Clínicos

As infecções do trato urinário são caracterizadas pela presença e multiplicação de microrganismos em qualquer parte do sistema urinário, podendo envolver uretra, bexiga, ureteres e rins. Em nível global, as ITUs são altamente prevalentes e atingem predominantemente pessoas do sexo feminino — aproximadamente 81% dos casos —, em razão da anatomia uretral e da proximidade do ânus com a região urogenital (Oliveira *et al*., 2021).

No ambiente hospitalar, múltiplos fatores predisponentes contribuem para a maior incidência e gravidade das ITUs, com destaque para o uso de cateteres urinários, o tempo prolongado de internação, a imunossupressão, a Diabetes Mellitus (DM) e a exposição prévia a antibióticos. O cateter urinário prejudica os mecanismos de defesa natural do trato urinário, favorecendo a entrada de patógenos e a formação de biofilme na superfície do dispositivo, o que dificulta a ação dos antimicrobianos e resulta em falhas terapêuticas (Da Silva *et al*., 2021; Klein; Hultgren, 2020).

A análise dos microrganismos isolados em uroculturas confirmou a predominância expressiva de *Escherichia coli* — aproximadamente 66,97% dos casos —, seguida por *Klebsiella pneumoniae* (11,70%), *Proteus mirabilis* (4,67%), *Enterococcus faecalis* (2,54%) e *Pseudomonas aeruginosa* (2,29%) (Oliveira *et al*., 2021; Santos, 2025). A preferência da *E. coli* pelo trato urinário está diretamente relacionada à sua capacidade de colonizar a região periuretral, graças a fatores de virulência como fímbrias tipo 1 e P, síntese de toxinas e formação de biofilmes (Klein; Hultgren, 2020; Fonseca *et al*., 2023).

3.2 Mecanismos de Resistência Antimicrobiana em *Escherichia coli*

A resistência antimicrobiana (RAM) corresponde à capacidade que microrganismos desenvolvem de sobreviver e se multiplicar mesmo quando expostos a antibióticos que, em condições normais, seriam eficientes. Esse fenômeno pode ser classificado em intrínseco, adquirido e adaptativo, sendo que os três tipos frequentemente coexistem em isolados hospitalares de *E. coli* (Oliveira *et al*., 2024). Observa-se ainda a ocorrência crescente de perfis de multirresistência (MDR), resistência extensiva (XDR) e resistência panfármaco (PDR), que configuram grave ameaça às opções terapêuticas disponíveis.

Os principais mecanismos identificados na literatura são:

a) **Produção de β-lactamases de espectro estendido (ESBL):** enzimas que hidrolisam o anel β-lactâmico de penicilinas, cefalosporinas e aztreonam, inativando-os antes que possam agir nas proteínas ligadoras de penicilina (PBPs). Os genes codificadores são predominantemente plasmidiais, das famílias TEM, SHV e CTX-M — sendo esta última a de maior prevalência global, especialmente o subtipo CTX-M-15 (Alshaikh *et al*., 2024; Alghamdi *et al*., 2023). A transferência horizontal de genes mediada por conjugação favorece a rápida disseminação intra e interespécies em ambientes hospitalares.

b) **Alteração do sítio-alvo:** a resistência às fluoroquinolonas decorre principalmente de mutações pontuais nas regiões determinantes de resistência a quinolonas (QRDRs), em especial nos genes *gyrA* e *parC*. Alterações nos códons 83 e 87 de *gyrA* e nos códons 80 e 84 de *parC* resultam em mudanças conformacionais que reduzem a afinidade do antibiótico pela enzima, diminuindo sua eficácia. A acumulação sequencial dessas mutações eleva progressivamente a concentração inibitória mínima (Ruiz-Lievano *et al*., 2024; Nasrollahian; Graham; Halaji, 2024).

c) **Hiperexpressão de bombas de efluxo:** o complexo AcrAB-TolC, pertencente à família RND (*Resistance-Nodulation-Division*), atua como um sistema tripartite que expulsa ativamente os antimicrobianos do interior celular para o meio extracelular, antes que alcancem concentrações intracelulares terapêuticas. Esse mecanismo confere resistência a fluoroquinolonas, tetraciclinas, cloranfenicol e alguns β-lactâmicos, sendo especialmente relevante em contextos de multirresistência (Dos Santos SA, 2026; Nasrollahian; Graham; Halaji, 2024).

d) **Redução da permeabilidade da membrana externa:** alterações quantitativas e qualitativas nas porinas OmpF e OmpC reduzem a difusão passiva de antibióticos como β-lactâmicos e fluoroquinolonas para o interior da célula bacteriana. Esse mecanismo é regulado pelo sistema EnvZ/OmpR em resposta a estímulos ambientais e, quando combinado com ESBL e bombas de efluxo, potencializa o fenótipo resistente (Gauba; Rahman, 2023; De Andrade; Darini, 2020).

A formação de biofilme por cepas de *E. coli* produtoras de ESBL constitui um fator adicional de resistência, pois a matriz extracelular polimérica dificulta a penetração dos antimicrobianos e protege as células bacterianas da ação do sistema imunológico do hospedeiro. Estimativas indicam que entre 9 e 27 milhões de ITUs associadas a cateter ocorrem anualmente no mundo (Tegegne; Abbott; Poźniak, 2025).

3.3 Perfil de Suscetibilidade Antimicrobiana

A análise do perfil de suscetibilidade de isolados hospitalares de *E. coli* evidencia variação expressiva entre as classes antimicrobianas avaliadas (Sousa; Ramos; Valiatti, 2025):

As **penicilinas** (representadas pela associação ampicilina-sulbactam) apresentaram sensibilidade de apenas 55% e resistência de 45%, cenário diretamente relacionado à produção de β-lactamases TEM-1 e SHV-1. As **cefalosporinas** (aztreonam, ceftriaxona, ceftazidima e cefepima) exibiram perfis intermediários, com sensibilidade entre 75% e 78%, refletindo a disseminação de cepas produtoras de ESBL tipo CTX-M em UTIs. As **fluoroquinolonas** (ciprofloxacino e levofloxacino) mostraram sensibilidade de 70% e 71%, respectivamente, com taxas de resistência de 29-30%, consistentes com dados da literatura para isolados hospitalares (Rodrigues *et al*., 2023; Majumder *et al*., 2022).

A **nitrofurantoína** apresentou sensibilidade de 74%, valor inferior ao esperado para ITUs não complicadas (>90%), refletindo o perfil de complexidade dos isolados hospitalares. Os **aminoglicosídeos** (gentamicina e amicacina) demons-

traram sensibilidade heterogênea de 77% e 78%, respectivamente. Os **carbapenêmicos** (ertapenem, imipenem e meropenem) exibiram as maiores taxas de sensibilidade — 93% —, confirmando seu papel como terapia de última linha, embora a resistência residual de 7% já sinalize a emergência de carbapenemases (KPC, NDM, OXA-48). O destaque mais expressivo recai sobre a **fosfomicina**, com 96% de sensibilidade e apenas 4% de resistência, resultado atribuído ao seu mecanismo singular de inibição da enzima MurA, estruturalmente distinto dos demais alvos antimicrobianos (Souza; Ramos; Valiatti, 2025; Ribeiro *et al*., 2025).

3.4 Implicações Clínicas e Estratégias de Controle

A resistência antimicrobiana de *E. coli* nas ITUs hospitalares produz consequências clínicas diretas e significativas. A falha terapêutica ocorre quando o esquema antimicrobiano empírico não é capaz de erradicar o agente em razão de concentração inibitória mínima superior aos níveis plasmáticos atingidos pelo fármaco, situação especialmente observada com fluoroquinolonas e cefalosporinas de terceira geração sem respaldo de antibiograma (Fernandes *et al*., 2023).

A recorrência infecciosa — por recidiva ou reinfecção — é amplamente favorecida pela formação de biofilme em cateteres vesicais. A evolução desfavorável está associada ao prolongamento do período de internação, à maior realização de procedimentos invasivos e ao escalonamento para antibióticos de amplo espectro, frequentemente mais tóxicos e dispendiosos (Barbosa *et al*., 2024). No Brasil, o uso inapropriado de antimicrobianos representa parcela expressiva dos custos hospitalares com farmacoterapia, e projeções globais apontam impacto macroeconômico significativo caso medidas eficazes de controle não sejam adotadas (Carneiro; Pillonetto, 2026).

Entre as principais estratégias de enfrentamento destacam-se: (a) programas de gerenciamento de antimicrobianos (antimicrobial stewardship), que promovem a prescrição criteriosa, padronização de protocolos e ajuste terapêutico após identificação do agente etiológico; (b) vigilância microbiológica sistemática, por meio de antibiogramas cumulativos institucionais e integração com sistemas nacionais como o da Fiocruz/ANVISA e iniciativas internacionais como o GLASS (WHO, 2022); e (c) medidas de prevenção e controle de infecções, incluindo higienização das mãos, precauções de contato e descontaminação ambiental. Evidências indicam que programas avançados de gestão de antimicrobianos podem reduzir em até 35% a mortalidade atribuível a infecções hospitalares resistentes (ANVISA, 2023).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Escherichia coli permanece como o principal agente etiológico das infecções do trato urinário no contexto hospitalar brasileiro, com resistência antimicrobiana configurando um fenômeno complexo, dinâmico e multicausal. A produção de β-lactamases de espectro estendido (família CTX-M), a hiperexpressão de bombas de efluxo AcrAB-TolC, as mutações nas topoisomerases bacterianas e as alterações nas porinas da membrana externa atuam de forma combinada, produzindo perfis de co-resistência que inviabilizam o uso empírico de múltiplas classes antimicrobianas.

No que se refere ao perfil de suscetibilidade, penicilinas e fluoroquinolonas apresentaram as maiores taxas de resistência, desaconselhando seu uso empírico sem respaldo de antibiograma. Fosfomicina e carbapenêmicos mantiveram elevada atividade frente aos isolados hospitalares, embora a resistência residual a carbapenêmicos sinalize risco epidemiológico crescente. As implicações clínicas — falha terapêutica, recorrência infecciosa, progressão para sepse urinária, prolongamento da internação e elevação dos custos — reforçam a urgência de abordagens integradas.

O enfrentamento desse cenário exige a articulação entre programas de gerenciamento do uso de antimicrobianos, vigilância microbiológica sistemática e medidas estruturais de prevenção e controle de infecções, com destaque para o papel fundamental do biomédico na execução e interpretação de exames microbiológicos que subsidiam a tomada de decisão clínica e a racionalização terapêutica. A construção de antibiogramas cumulativos institucionais e a adesão a políticas nacionais e internacionais de controle da resistência constituem caminhos indispensáveis para preservar a eficácia dos antimicrobianos disponíveis e garantir a segurança dos pacientes hospitalizados.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Plano Nacional para a Prevenção e o Controle da Resistência Microbiana aos Antimicrobianos nos Serviços de Saúde — PAN-Serviços de Saúde 2023–2027. Brasília: ANVISA, 2023.

ALGHAMDI, S., Mir, S., Alghamdi, F., Banghali, M., & Almalki, S. (2023). Avaliação da resistência à beta-lactamase de espectro estendido em isolados de Escherichia coli uropatogênica de pacientes com infecção do trato urinário em Al-Baha, Arábia Saudita. **Microorganisms**, 11. https://doi.org/10.3390/microorganisms11122820.

ALSHAIKH, S. A., El-Banna, T., Sonbol, F., & Farghali, M. H. (2024). Correlation between antimicrobial resistance, biofilm formation, and virulence determinants in uropathogenic Escherichia coli from Egyptian hospital. Annals of clinical microbiology and antimicrobials, 23(1), 20. https://doi.org/10.1186/s12941-024-00679-2

ALVES, Geovana Cabral *et al*. Perfil das infecções por Escherichia coli em pacientes hospitalizados entre 2019 e 2025 no Brasil: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 14, n. 11, p. e205141150124-e205141150124, 2025. Disponível em: https://rsdjournal.org/rsd/article/view/50124 . Acesso em: 27 mar. 2026.

BAHAJ, S., Al-Dhubaibi, M., Noman, A., Ali, S., Mehmood, H., Alkassar, W., Al-Dhubaibi, A., Mohammed, G., & Elneam, A. (2025). Expressão do gene da bomba de efluxo multidrogas acrAB em Escherichia coli: uma revisão sistemática e meta-análise. **Doenças Infecciosas BMC**, 2025. https://doi.org/10.1186/s12879-025-11778-6

BARBOSA, M. U. et al. Resistência bacteriana aos antibióticos e suas implicações no manejo clínico de infecções comunitárias. Brazilian **Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 10, p. 1256–1263, 2024.

BARROSO, A. K. R. D. et al. Análise do uso de antimicrobianos e o impacto na resistência bacteriana em pacientes do centro de terapia intensiva de um hospital universitário em Minas Gerais. **Brazilian Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 4, p. 590–604, 2024.

BRAGA, J. et al. Infecções por Escherichia coli em ambiente hospitalar brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 11, 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Plano de ação nacional de prevenção e controle da resistência aos antimicrobianos no âmbito de uma só saúde 2026–2030. Brasília: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/guias-e-manuais/2026/plano-de-acao-nacional-de-prevencao-e-controle-da-resistencia-aos-antimicrobianos-

-no-ambito-de-uma-so-saude-2026-2030.pdf. Acesso em: 25 mar. 2026.

CARNEIRO, M.; PILLONETTO, M. Fighting antimicrobial resistance in Brazil: strengthening diagnostic stewardship, antimicrobial stewardship, and policies for a healthier future. **Frontiers in Public Health**, v. 13, 2026. DOI: 10.3389/fpubh.2025.1726000.

CIARKOWSKI, C. E. et al. Antimicrobial stewardship to reduce overtreatment of asymptomatic bacteriuria in critical access hospitals. **Infection Control & Hospital Epidemiology**, 2025. DOI: 10.1017/ice.2024.171.

DA SILVA, Pedro Paulo Assunção *et al*. Fatores de risco para infecções no trato urinário: revisão integrativa. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 1, p. e5812-e5812, 2021.Disponível em: https://doi.org/10.25248/reas.e5812.2021. Acesso em: 25 mar. 2026.

DE ANDRADE, Leonardo Neves; DARINI, Ana Lúcia da Costa. Mecanismos de resistência bacteriana aos antibióticos. **Revista da ABM–Academia Brasileira de Microbiologia**, v. 2, n. 1, p. 45-58, 2020.

DE FARIA, Rodrigo et al. Perfil de resistência à antimicrobianos da classe dos Beta-lactâmicos e Aminoglicosídeos em cepas de Escherichia coli isoladas entre janeiro de 2015 e dezembro de 2018. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 7, p. 51673-51691, 2022.

DOS SANTOS SA, Lucas. OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE EFLUXO EM ESCHERICHIA COLI E SEU PAPEL NA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA, UMA REVISÃO NARRATIVA. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 12, n. 1, p. 1-17, 2026.

ELAUAR, Raissa Bamberg et al. Abordagem da Infecção de Trato Urinário na Atenção Primária à Saúde: Uma Revisão de Literatura/Urinary Tract Infection Approach in Primary Health Care: A Literature Review. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 5, n. 1, p. 3123-3133, 2022. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/85247804/pdflibre.pdf?1651354604=&response-content-. Acesso em: 15 mar. 2026.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DAS ASSOCIAÇÕES DE GINECOLOGIA E OBSTETRÍCIA (FEBRASGO). **Infecção do trato urinário**. São Paulo: FEBRASGO, 2021. (Protocolo FEBRASGO-Ginecologia, n. 49/ Comissão Nacional Especializada em Uroginecologia e Cirurgia Vaginal). Disponível em: https://sogirgs.org.br/area-do-associado/Infeccao-do-trato-urinario-2021.pdf.

FERNANDES, C. et al. Alta resistência a fluoroquinolonas e cefalosporinas e risco de falha clínica em infecções por E. coli. **Research, Society and Development**, 2023.

FONSECA, Márcia de Oliveira Lacerda et al. Perfil de resistência aos antimicrobianos de Escherichia coli isoladas de infecção do trato urinário em Rondônia. **Interfaces Científicas - Saúde e Ambiente**, *[S. l.]*, v. 9, n. 2, p. 411–423, 2023. DOI: 10.17564/2316-3798.2023v9n2p411-423. Disponível em: https://periodicos.grupotiradentes.com/saude/article/view/11532. Acesso em: 27 mar. 2026.

GAUBA, A., & Rahman, K. (2023). Avaliação dos mecanismos de resistência a antibióticos em bactérias Gram-negativas. **Antibiotics**, 12. https://doi.org/10.3390/antibiotics12111590.

GENARIO, Letícia Rodrigues; MACHADO, Mariane de Almeida; SCHEID, Simone Schenkel; CELLA, Wilsandrei; GAZIM, Zilda Cristiani; RUIZ, Suelen Pereira; DO VALLE, Juliana Silveira; FARIA, Maria Graciela Iecher. RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA NA INFECÇÃO URINÁRIA EM UNIDADE DE TERAPIA INTENSIVA. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, [S. l.], v. 26, n. 3, 2022. DOI: 10.25110/arqsaude.v26i3.2022.9007. Disponível em: https://revistas.unipar.br/index.php/saude/article/view/9007. Acesso em: 17 mar. 2026.

GOLEANU, C. D. et al. Trends in antibiotic resistance of Escherichia coli strains isolated from clinical samples (2019–2023): a hospital-based retrospective analysis. **Pathogens**, v. 14, n. 9, p. 927, 2025. DOI: 10.3390/pathogens14090927.

HALABI, M., Lahlou, F., Diawara, I., Adouzi, Y., Marnaoui, R., Benmessaoud, R., & Smyej, I. (2021). Padrão de resistência a antibióticos de *Escherichia coli* produtora de beta-lactamase de espectro estendido isolada de pacientes com infecção do trato urinário no Marrocos. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, 11. https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.720701.

HARASIM, Lucas et al. Fatores de risco e perfil do uso de antimicrobianos entre pacientes com infecção no trato urinário em uma unidade de terapia intensiva. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e43910313516-e43910313516, 2021.

HELMY, Y., Taha-Abdelaziz, K., Hawwas, H., Ghosh, S., Alkafaas, S., Moawad, M., Saied, E., Kassem,

I., & Mawad, A. (2023). Resistência antimicrobiana e alternativas recentes aos antibióticos para o controle de patógenos bacterianos com ênfase em patógenos transmitidos por alimentos. **Antibiotics**, 12. https://doi.org/10.3390/antibiotics12020274.

KHANAL, Narayan et al. Resistência a múltiplos fármacos em E. coli urinária é maior em homens em comparação com mulheres. **BMC urology** , v. 24, n. 1, p. 255, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1186/s12894-024-01654-x. Acesso em: 28 marco 2026.

KLEIN, Roger D.; HULTGREN, Scott J. Infecções do trato urinário: patogênesemicrobiana, interações hospedeiro-patógeno e novas estratégias de tratamento. **Nature Reviews Microbiology** , v. 18, n. 4, p. 211-226, 2020. Disponível em: https://www.nature.com/articles/s41579-020-0324-0. Acesso em: 19 mar. 2026.

LAGUIO-VILA, M. et al. Urinary tract infection stewardship: a urinary antibiogram and electronic medical record alert nudging narrower-spectrum antibiotics. **Antimicrobial Stewardship & Healthcare Epidemiology**, v. 1, 2021. DOI: 10.1017/ash.2021.163.

MAJUMDER, M., Mahadi, A., Ahmed, T., Ahmed, M., Uddin, M., & Alam, M. (2022). Padrão de resistência a antibióticos de microrganismos causadores de infecção do trato urinário: uma análise comparativa de 10 anos em um hospital terciário de Bangladesh. **Resistência Antimicrobiana e Controle de Infecção**, 11. https://doi.org/10.1186/s13756-022-01197-6 .

MANCUSO, G. et al. Novel antimicrobial approaches to combat bacterial biofilms associated with urinary tract infections. **Antibiotics**, v. 13, n. 2, p. 154, 2024. DOI: 10.3390/antibiotics13020154.

MARSON, P. G.; WANDERSON BATISTA SILVA; NAYARA DE OLIVEIRA BORBA SOBRAL; DANIELLE ROSA EVANGELISTA. Infecção de trato urinário: Perfil etiológico e de sensibilidade aos antimicrobianos de uroculturas de pacientes ambulatoriais e hospitalizados na cidade de Palmas-TO. **REVISTA CEREUS**, v. 12, n. 4, p. 14-25, 17 dez. 2020. Disponível em: https://ojs.unirg.edu.br/index.php/1/article/view/3228. Acesso em: 27 março 2026.

MURRAY, Christopher JL et al. Carga global de resistência antimicrobiana bacteriana em 2019: uma análise sistemática. **The Lancet**, v. 399, n. 10325, p. 629-655, 2022. Disponível em:https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0 Acesso em: 25 março 2026.

NASROLLAHIAN, S., Graham, J., & Halaji, M. (2024). Uma revisão dos mecanismos que conferem resistência a antibióticos em patótipos de E. coli. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, 14. https://doi.org/10.3389/fcimb.2024.1387497 .

NIÑO-VEGA, G., Ortiz-Ramírez, J., & López-Romero, E. (2025). Novas abordagens antibacterianas e estratégias terapêuticas. **Antibiotics**, 14. https://doi.org/10.3390/antibiotics14040404 .

OLIVEIRA, M., Antunes, W., Mota, S., Madureira-Carvalho, Á., Dinis-Oliveira, R., & Da Silva, D. (2024). Uma Visão Geral dos Avanços Recentes em Resistência Antimicrobiana. **Microorganismos**, *12* . https://doi.org/10.3390/microorganisms12091920 .

OLIVEIRA, Mariane Silva et al. Principais bactérias encontradas em uroculturas de pacientes com Infecções do Trato Urinário (ITU) e seu perfil de resistência frente aos antimicrobianos. **Research, Society andDevelopment**, v. 10, n. 7, p. e5310716161-e5310716161, 2021.Disponível em: https://rsd-journal.org/rsd/article/view/16161 . Acesso em: 27 mar. 2026.

PĂCURAR, D. et al. Escherichia coli Urinary Tract Infections from a Romanian Pediatric Hospital: Antimicrobial Resistance Trends, ESBL Prevalence, and Empirical Treatment Implications. **Antibiotics**, v. 14, n. 9, p. 855, 24 ago. 2025.

RIBEIRO, Maria Ruth Silva et al. Avaliação da susceptibilidade de Escherichia coli a antimicrobianos de primeira opção para tratamento de infecção do trato urinário. **Brazilian Journal of Health and Pharmacy**, v. 7, n. 5, p. 42-55, 2025.

RODRIGUES, R. M. G., Moreira, C. I. H., Nóbrega, R. D. O., & GALVÃO, J. G. F. M. (2023). Análise da resistência bacteriana desenvolvida pela escherichia coli: as quinolonas no tratamento da infecção urinária. **Informativo Técnico Do Semiárido**, *17*(1), 792–802. https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/INTESA/article/view/9765

ROJAS-CHINCHILLA, C. et al. Impact of implementing an outpatient antimicrobial stewardship program on urinary tract infection management. **Cureus**, v. 17, 2025. DOI: 10.7759/cureus.93646.

RUIZ-LIEVANO, A., Cervantes-Flores, F., Nava-Torres, A., Carbajal-Morales, P., Villaseñor-Garcia, L., & Zavala-Cerna, M. (2024). Resistência à fluoroquinolona em Escherichia coli causadora de infec-

ções do trato urinário adquiridas na comunidade: uma revisão sistemática. **Microorganisms**, 12. https://doi.org/10.3390/microorganisms12112320.

SANTOS, Juliana Costa de Araújo; FONSECA, Fernanda Machado. Altas taxas de resistência antimicrobiana de bactérias causadoras de infecção do trato urinário em pacientes atendidos em hospital público terciário do Triângulo Mineiro, Brasil. **Acta Biologica Brasiliensia**, v. 8, n. 1, p. 77–96, 2025.Disponível em: https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/acbioabras/article/view/83. Acesso em: 27 mar. 2026.

SOUZA, M.F. de; RAMOS, GA; VALIATTI, TB Resistência antimicrobiana de Escherichia coli em infecções do trato urinário: estudo laboratorial no interior de Rondônia. **Revista Brasileira de Revisão de Saúde** , [S. l.] , v. 6, pág. e83545, 2025. DOI: 10.34119/bjhrv8n6-065. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJHR/article/view/83545. Acesso em: 2 maio. 2026

TANG, K., Millar, B., & Moore, J. (2023). Resistência antimicrobiana (RAM). **British Journal of Biomedical Science**, 80. https://doi.org/10.3389/bjbs.2023.11387 .

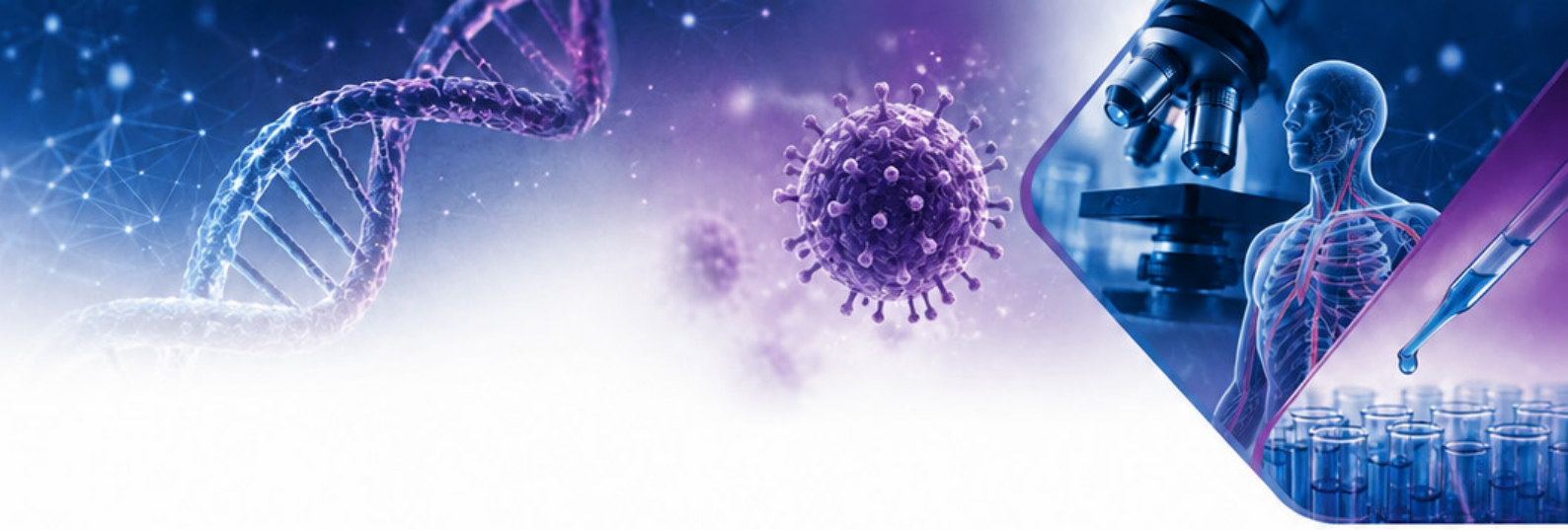
TEGEGNE, D. T.; ABBOTT, I. J.; POŹNIAK, B. Catheter-associated urinary tract infections: understanding the interplay between bacterial biofilm and antimicrobial resistance. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 26, n. 18, p. 9193, 2025. DOI: 10.3390/ijms26189193.

TEWAWONG, N., Kowaboot, S., Lektrakul, W., Supcharoengoon, U., Watanagul, N., & Pitaksajjakul, P. (2025). Mecanismos de resistência à fluoroquinolona entre isolados de Escherichia coli de infecções do trato urinário na Tailândia. **PLOS One**, 20. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0325175 .

VAZOURAS, K. et al. Antibiotic treatment and antimicrobial resistance in children with urinary tract infections. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 20, p. 4–10, mar. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO. **Bacterial Priority Pathogens List 2024**. Geneva: WHO, 2024.

ZAVASKI, A. P. et al. Perfil de resistência antimicrobiana da E. coli: cepas produtoras de ESBL e multirresistência em isolados hospitalares. **Research, Society and Development**, 2024.



Capítulo 13

O PAPEL DO BIOMÉDICO NO DIAGNÓSTICO LABORATORIAL DO DIABETES MELLITUS 2

IMPORTANCE OF LABORATORY TESTS AND THE BIOMEDICAL SCIENTIST'S ROLE IN THE DIAGNOSIS OF TYPE 2 DIABETES MELLITUS

Vanessa Alves Agustinho[1]

Ariadina Rakell Silva de Cravalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) constitui uma das principais doenças crônicas não transmissíveis da atualidade, caracterizada por resistência à insulina e alterações progressivas no metabolismo da glicose. O diagnóstico precoce é fundamental para prevenir complicações microvasculares e macrovasculares associadas à doença. O presente estudo teve como objetivo analisar os principais exames laboratoriais utilizados no diagnóstico do Diabetes Mellitus tipo 2 e destacar a importância da atuação do biomédico na garantia da qualidade diagnóstica. Trata-se de uma revisão narrativa da literatura realizada por meio de buscas nas bases PubMed, SciELO, Google Acadêmico e literatura científica especializada, contemplando publicações entre 2019 e 2025. Os resultados demonstraram que glicemia de jejum, hemoglobina glicada, teste oral de tolerância à glicose e glicemia casual apresentam funções complementares no diagnóstico do DM2. Observou-se ainda que fatores pré-analíticos, analíticos e pós-analíticos podem interferir significativamente na confiabilidade dos resultados. Nesse contexto, o biomédico desempenha papel essencial no controle de qualidade laboratorial, interpretação dos resultados e segurança diagnóstica. Conclui-se que a integração entre exames laboratoriais e atuação qualificada do biomédico contribui para maior precisão diagnóstica e melhor acompanhamento clínico dos pacientes com DM2.

Palavras-chave: Diabetes Mellitus tipo 2; Diagnóstico laboratorial; Biomédico; Hemoglobina glicada; Glicemia.

Abstract

Type 2 Diabetes Mellitus (DM2) is one of the leading chronic non-communicable diseases today, characterized by insulin resistance and progressive alterations in glucose metabolism. Early diagnosis is fundamental to preventing microvascular and macrovascular complications associated with the disease. This study aimed to analyze the main laboratory tests used in the diagnosis of type 2 Diabetes Mellitus and highlight the importance of the biomedical professional's role in ensuring diagnostic quality. This is a narrative literature review conducted through searches in the PubMed, SciELO, Google Scholar databases and specialized scientific literature, encompassing publications between 2019 and 2025. The results demonstrated that fasting blood glucose, glycated hemoglobin, oral glucose tolerance test, and random blood glucose have complementary functions in the diagnosis of DM2. It was also observed that pre-analytical, analytical, and post-analytical factors can significantly interfere with the reliability of the results. In this context, the biomedical professional plays an essential role in laboratory quality control, interpretation of results, and diagnostic safety. It is concluded that the integration between laboratory tests and the qualified work of the biomedical professional contributes to greater diagnostic accuracy and better clinical monitoring of patients with type 2 diabetes.

Keywords: Type 2 Diabetes Mellitus; Laboratory diagnosis; Biomedical scientist; Glycated hemoglobin; Blood glucose.

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) constitui um dos mais relevantes problemas de saúde pública mundial, caracterizado pela hiperglicemia causada pela resistência à insulina e pela redução progressiva da sua secreção. A doença apresenta alta prevalência e está associada a complicações crônicas graves, como doenças cardiovasculares, neuropatias e nefropatias, que elevam significativamente a morbimortalidade da população afetada (Antunes *et al*., 2021; Silva *et al*., 2024).

Nesse contexto, o diagnóstico precoce é essencial para o controle da doença e a prevenção de agravos. Os exames laboratoriais desempenham papel central nesse processo, pois permitem identificar alterações no metabolismo glicêmico antes mesmo do surgimento de sintomas clínicos. Dentre os principais métodos utilizados destacamos a glicemia de jejum, a hemoglobina glicada (HbA1c) e o teste oral de tolerância à glicose (TOTG), cada um com funções específicas, limitações e diferentes níveis de sensibilidade e especificidade (Silva, 2024).

A atuação do biomédico é fundamental para garantir a confiabilidade desses exames, pois esse profissional acompanha todo o processo laboratorial, desde a orientação ao paciente e a coleta do material, passando pela execução dos exames e pelo controle de qualidade, até a análise crítica dos resultados. Essa atuação integrada contribui para evitar erros e aumentar a precisão do diagnóstico, impactando diretamente na segurança e na qualidade do cuidado ao paciente.

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar a atuação do biomédico no diagnóstico laboratorial do Diabetes Mellitus tipo 2, destacando os principais métodos laboratoriais utilizados, com base em evidencias científicas publicadas entre 2019 e 2025. Para tanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos: caracterizar o DM2 quanto aos seus aspectos clínicos e laboratoriais; descrever os exames laboratoriais mais utilizados no diagnóstico do DM2; e evidenciar o papel do biomédico e sua importância nesse processo.

.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa e descritiva, do tipo revisão narrativa da literatura. Esse tipo de estudo possibilita uma análise ampla e interpretativa da produção científica disponível sobre um determinado tema, sem a obrigatoriedade de seguir protocolos sistemáticos rígidos de seleção de evidências, sendo especialmente adequado para a compreensão de fenômenos complexos como a atuação profissional em contextos clínicos e laboratoriais.

A coleta de dados foi realizada por meio de pesquisas nas bases científicas Google Acadêmico e SciELO, considerando publicações entre os anos de 2019 e 2025. Para a busca, foram utilizados descritores relacionados ao tema, como “Diabetes Mellitus tipo 2”, “atuação do biomédico”, “diagnóstico laboratorial” e “teste oral de tolerância a glicose (TOTG)”, combinados por operadores booleanos AND e OR, a fim de ampliar a abrangência e a precisão dos resultados.

Foram incluídos artigos completos, disponíveis nos idiomas português e inglês, com relação direta com os objetivos da pesquisa. Foram excluídos estudos duplicados, resumos de congressos, revisões sem embasamento metodológico explícito e trabalhos que não abordavam os temas centrais do estudo. Após uma

seleção inicial, os materiais foram lidos na integração e organizados por eixos temáticos: caracterização do DM2, exames laboratoriais utilizados no diagnóstico e atuação do biomédico no processo analítico.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Diabetes Mellitus Tipo 2: Aspectos Clínicos e Laboratoriais2

O Diabetes Mellitus tipo 2 é um distúrbio metabólico crônico caracterizado pela hiperglicemia persistente, resultante da resistência à insulina associada a deficiência relativa na secreção deste hormônio pelas células beta pancreáticas. Trata-se de uma condição multifatorial, influenciada por fatores genéticos, ambientais e comportamentais, como sedentarismo, obesidade e hábitos alimentares inadequados (Barreto, 2024).

A resistência à insulina desempenha papel central na fisiopatologia do DM2. Inicialmente, ocorre um aumento compensatório da secreção hormonal, porém, com a progressão da doença, a falência funcional das células beta, resultando em hiperglicemia crônica. Esse processo está diretamente relacionado ao desenvolvimento da síndrome metabólica, condição que reúne fatores de risco como obesidade abdominal, hipertensão arterial e dislipidemia, contribuindo para um estado inflamatório sistêmico e aumento do risco cardiovascular (Saliba *et al*., 2025).

A evolução do DM2 está associada ao desenvolvimento de complicações microvasculares, como retinopatia, nefropatia e neuropatia, e macrovasculares, incluindo doenças coronarianas e cerebrovasculares, o que reforça a importância do diagnóstico precoce e do controle adequado da doença (Estrela, 2024). Segundo Toste et al. (2023), o diagnóstico precoce na atenção primária é uma estratégia determinante para melhorar a qualidade de vida e evitar o agravamento do quadro clínico.

3.2 Principais Exames Laboratoriais no Diagnostico do DM2

A glicemia de jejum (GJ) exige jejum de 8 a 12 horas e valores iguais ou acima de 126 mg/dL indicam diabetes, devendo ser confirmados em nova coleta para evitar falsos positivos (Sacks *et al*., 2023). O aumento da glicose em jejum ocorre principalmente pela liberação hepática excessiva de glicose em decorrência da resistência à insulina e da disfunção das células beta (Harreiter; Roden, 2023). Apesar de prático, esse exame pode não identificar alterações iniciais do metabolismo glicêmico, especialmente após as refeições (Duong *et al*., 2023; Kuti *et al*., 2022).

O Teste Oral de Tolerância à Glicose (TOTG) é considerado mais sensível para identificar alterações precoces. O paciente ingere uma solução com 75g de glicose após jejum de 8 a 12 horas, e nova coleta é realizada após 2 horas. Valores iguais ou superiores a 200 mg/dL confirmam o diagnóstico; valores entre 140 e 199 mg/dL indicam intolerância à glicose, condição de risco para progressão da doença (Antunes *et al*., 2021). O TOTG detecta falhas na resposta insulínica frequentemente antes mesmo de alterações na glicemia de jejum (Sitasuwan; Lertwattanarak, 2020), porém sua execução demanda maior tempo e preparo (Bernardes *et al*., 2020).

A hemoglobina glicada (HbA1c) reflete a média dos níveis de glicose sanguínea ao longo de aproximadamente 120 dias. Valores maiores ou iguais a 6,5% são diagnósticos para DM2 (Sacks *et al*., 2023). Entre suas vantagens estão a dispensa de jejum e a menor variabilidade biológica. Entretanto, situações que alteram a vida média dos eritrócitos, como anemias, hemoglobinopatias e hemólise, podem comprometer sua interpretação (Duong *et al*., 2023; Scapini *et al*., 2023).

A glicemia casual mede a glicose em qualquer momento do dia, sem necessidade de jejum, sendo indicada em situações de urgência ou na presença de sintomas. Valores iguais ou superiores a 200 mg/dL, associados a polidipsia, poliúria e perda de peso, confirmam o diagnóstico de DM2 (Harreiter; Roden, 2023). Na ausência de sintomas, exige confirmação por outro método (Junior *et al*., 2022), e sua utilização isolada não é recomendada para diagnóstico (Kuti *et al*., 2022).

A interpretação integrada desses exames é essencial, pois cada um avalia uma dimensão diferente do controle glicêmico. O uso isolado de qualquer método aumenta o risco de diagnóstico incorreto ou classificação inadequada da doença (Duong *et al*., 2023). A análise conjunta, associada ao contexto clínico do paciente, permite um diagnóstico mais preciso e orienta a escolha do tratamento (Sacks *et al*., 2023; Harreiter; Roden, 2023).

3.3 Qualidade no Processo Laboratorial

O processo laboratorial divide-se em três fases: pré-analítica, analítica e p**ó**s-analítica, cada uma suscetível a diferentes tipos de erros que podem comprometer a acurácia diagnóstica (Peixoto, 2025). A fase pré-analítica é responsável pela maior parte dos erros, podendo chegar a 95-98% das falhas no processo diagnóstico (Lin *et al*., 2025; Hafiz *et al*., 2025). Problemas como hemólise, volume insuficiente, atraso no processamento e armazenamento inadequado podem alterar os níveis de glicose por degradação da amostra (De Franca Monteiro, 2024).

A fase analítica envolve a execução dos exames com equipamentos e reagentes específicos. Embora apresente menor frequência de erros, falhas decorrentes de calibração inadequada ou procedimentos incorretos impactam diretamente a precisão dos resultados (Peixoto, 2025). A fase p**ó**s-analítica, por sua vez, abrange a validação, interpretação e liberação dos laudos; erros nessa etapa podem levar a condutas clínicas incorretas, com impacto direto na tomada de decisão médica (Peixoto, 2025).

3.4 Atuação do Biomédico no Diagnóstico Laboratorial do DM2

Na fase pré-analítica, o biomédico e responsável por organizar e padronizar os procedimentos de coleta e transporte, treinar a equipe e garantir o uso correto dos materiais, minimizando interferências e assegurando que a amostra represente fielmente a condição do paciente (Luppa *et al*., 2024; Aksit *et al*., 2023). Na fase analítica, executa e supervisiona os procedimentos conforme os Procedimentos Operacionais Padrão (POPs), avalia critérios de precisão, exatidão e sensibilidade dos métodos, realiza controles de qualidade internos e participa de programas externos de avaliação, especialmente relevantes para a HbA1c (Sa-

cks *et al*., 2023; Sep Etienne *et al*., 2022). O biomédico também identifica fatores interferentes como hemólise, lipemia, icterícia, hemoglobinas variantes e alterações no tempo de vida das hemácias (Horber *et al*., 2020).

Na fase pós-analítica, realiza a revisão crítica dos dados, identifica inconsistências e correlaciona os resultados com o quadro clínico do paciente. Erros nessa etapa podem resultar em falhas diagnósticas e condutas terapêuticas inadequadas (Nayak *et al*., 2019). O biomédico deve reconhecer discordâncias entre exames, como diferenças entre HbA1c e glicemia plasmática por fatores não glicêmicos, exigindo interpretação contextualizada (Tozzo *et al*., 2024).

Para o diagnóstico do DM2, os principais critérios laboratoriais incluem: glicemia de jejum maior ou igual a 126 mg/dL; HbA1c maior ou igual a 6,5%; glicemia maior ou igual a 200 mg/dL após TOTG; ou glicemia casual maior ou igual a 200 mg/dL na presença de sintomas típicos (Sacks *et al*., 2023). O biomédico não se limita a liberar resultados: avalia as limitações de cada exame, identifica interferentes e, quando necessário, sugere exames complementares como dosagem de insulina e peptídeo C para melhor avaliação da função pancreática e do risco do paciente (Felemban *et al*., 2025).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que o diagnóstico laboratorial do Diabetes Mellitus tipo 2 não depende de um único exame, mas de um processo amplo que exige a análise conjunta de diferentes testes e a consideração dos dados clínicos do paciente. Os exames de glicemia de jejum, teste oral de tolerância à glicose, hemoglobina glicada e glicemia casual funcionam de maneira complementar, e a interpretação integrada de seus resultados é o que permite um diagnóstico mais seguro e preciso.

Ficou evidenciado que todos esses exames possuem limitações específicas e que nenhum deles, isoladamente, é suficiente para todas as situações clínicas. Isso reforça a necessidade de uma abordagem analítica integrada, capaz de evitar diagnósticos tardios ou classificações inadequadas da doença, com impacto direto no prognóstico e no tratamento dos pacientes.

O papel do biomédico mostrou-se essencial em todas as etapas do processo: na fase pré-analítica, garantindo que a coleta e o manuseio das amostras sejam realizados corretamente; na fase analítica, assegurando a qualidade e a padronização dos procedimentos; e na fase p**ó**s-analítica, contribuindo para a validação e a interpretação crítica dos resultados. Além da execução técnica, o biomédico atua na interpretação dos exames à luz do contexto clínico do paciente, auxiliando na tomada de decisão e no acompanhamento longitudinal da doença.

Conclui-se que a atuação qualificada do biomédico é fundamental para que o diagnóstico do DM2 seja realizado de forma segura, confiável e eficaz. É essencial valorizar esse profissional dentro da equipe de saúde e incentivar a constante atualização e o aprimoramento das práticas laboratoriais, visando a melhoria contínua da qualidade do cuidado prestado ao paciente.

Referências

ANTUNES, Ygor Riquelme et al. Diabetes Mellitus Tipo 2: A importância do diagnóstico precoce. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 12, p. 116526-116551, 2021.

AKSIT, M. et al. Comparison of Three Different EDTA Tubes for HbA1c Measurement. **Forbes Journal of Medicine**, 2023.

BARRETO, Caio Victor Queiroga et al. Diabetes Mellitus Tipo 2: principais aspectos. **Revista Coopex**, v. 15, n. 02, p. 5397-5406, 2024.

BERNARDES, Marta Nunes Gonçalves et al. Novos medicamentos orais utilizados para o tratamento de diabetes mellitus tipo 2. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciencias e Educacao**, v. 9, n. 4, p. 9396-9409, 2023.

BRITO, Aparecido Souza et al. Efeitos do Treinamento Aerobio, Resistido e Combinado, sobre a Hiperglicemia em Jejum de Diabeticos Tipo 2. **Ensaios e Ciencia**, v. 23, n. 2, p. 109-114, 2019.

COSTA, Renato Magalhaes et al. Uso da hemoglobina glicada no diagnostico de Diabetes Mellitus. **Revista da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal da Bahia**, v. 50, n. 1, p. 79-87, 2020.

DE FRANCA MONTEIRO, Gildelania; DO EGITO, Elton Max Nascimento. Importancia da fase pre-analitica e seus impactos nos exames laboratoriais. **Brazilian Journal of Biological Sciences**, v. 11, n. 25, 2024.

DUONG, K. et al. Comparison of diagnostic accuracy for diabetes diagnosis: A systematic review and network meta-analysis. **Frontiers in Medicine**, v. 10, 2023.

ESTRELA, Ana Carollyne Abrantes; DE SOUSA, Milena Nunes Alves. Diabetes mellitus: uma analise da situacao de saude na cidade de Sao Bentinho-PB, Brasil. **Revista Coopex**, v. 15, n. 4, p. 6684-6693, 2024.

FELEMBAN, A. et al. The Role of Clinical Laboratory Professionals and Diabetes Educators in Enhancing Diagnostic Accuracy. **Saudi Journal of Medical and Pharmaceutical Sciences**, 2025.

HAFIZ, H. et al. Frequency of Pre-Analytical Errors and Its Causes in Glucose Specimen Collection. **Pakistan Journal of Medicine and Dentistry**, 2025.

HARREITER, J.; RODEN, M. Diabetes mellitus - Definition, Klassifikation, Diagnose, Screening und Pravention (Update 2023). **Wiener Klinische Wochenschrift**, v. 135, p. 7-17, 2023.

HORBER, S. et al. Harmonization of immunoassays for biomarkers in diabetes mellitus. **Biotechnology Advances**, 2020.

JUNIOR, Antonio Hildecarlos Melo et al. As complicacoes e o diagnostico da Diabetes Mellitus. **Amadeus International Multidisciplinary Journal**, v. 6, n. 12, p. 85-95, 2022.

KUTI, M. et al. Appropriate use of plasma glucose tests for diagnosis of diabetes mellitus in Ibadan, Nigeria. **African Journal of Laboratory Medicine**, v. 11, 2022.

LIN, Y. et al. Pre-analytical phase errors constitute the vast majority of errors in clinical laboratory testing. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, v. 63, p. 1709-1715, 2025.

LUPPA, P. et al. Quality assessment of glucose measurement with regard to epidemiology and clinical management of diabetes mellitus in Germany**. Frontiers in Molecular Biosciences**, v. 11, 2024.

NAYAK, A.; SINGH, B.; DUNMORE, S. Potential Clinical Error Arising From Use of HbA1c in Diabetes. **Endocrine Reviews**, v. 40, n. 4, p. 988-999, 2019.

OLIVEIRA, Evaldo Hipolito et al. Diabetes mellitus: avaliacao e controle atraves de exames laboratoriais em Teresina, Piaui, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, 2020.

PAIVA, Beatriz Campos. **Revisao sistematica:** associacao dos niveis sericos da vitamina D com risco de complicacoes microvasculares do diabetes mellitus. 2024.

PEIXOTO, Esmeralucia Miriam. Ciclo de melhoria da qualidade em uma unidade de laboratorio de analises clinicas. 2025.

SACKS, D. et al. Guidelines and Recommendations for Laboratory Analysis in the Diagnosis and

Management of Diabetes Mellitus. **Clinical Chemistry**, 2023.

SALIBA, Leonardo Camargos et al. Resistencia a Insulina e Sindrome Metabolica: Impacto na Progressao do Diabetes. **Journal of Medical and Biosciences Research**, v. 2, n. 2, p. 660-674, 2025.

SCAPINI, Marina Fernandes et al. Perfil de niveis glicemicos e de hemoglobina glicada em pacientes atendidos no Laboratorio Romulo Rocha. **Revista Saude Multidisciplinar**, v. 15, n. 2, 2023.

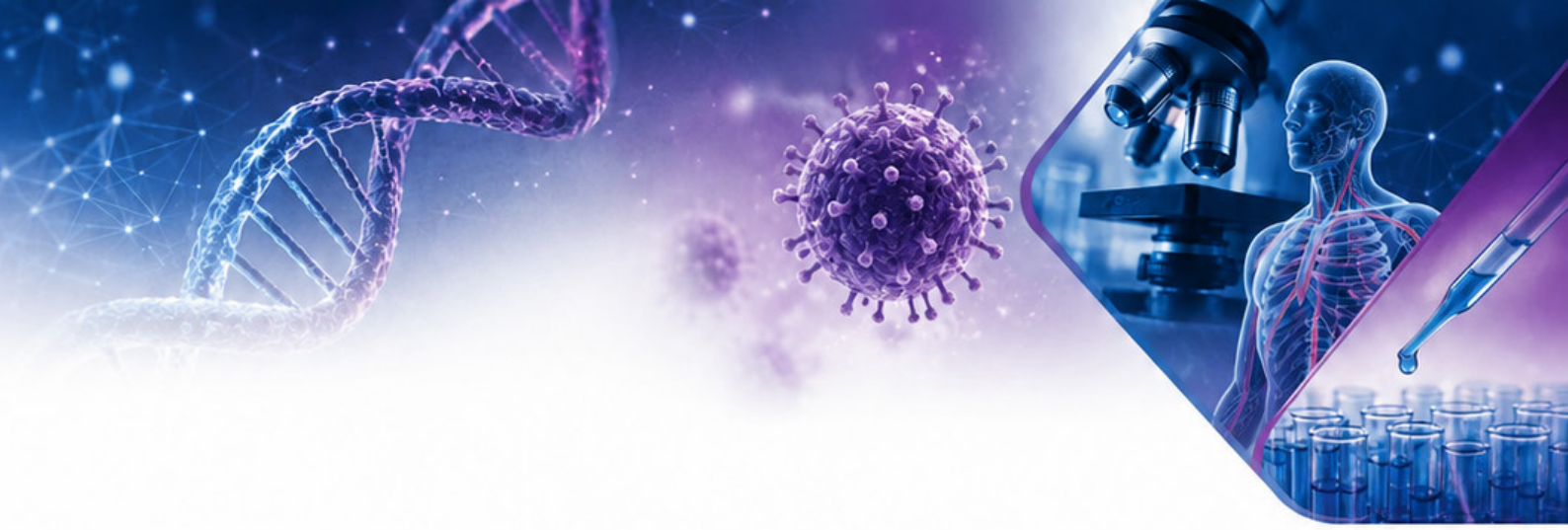
SEPETIENE, R. et al. Analytical Phase in Laboratory - Quality Issues and Insights for Immunoassays Testing. **Acta Scientific Microbiology**, 2022.

SILVA, Fharlley Lohann de Medeiros Rodrigues et al. **Historico, conceitos estruturantes e composicao de macronutrientes de dietas com restricao de carboidratos para pessoas com diabetes mellitus tipo 2**. 2024.

SITASUWAN, T.; LERTWATTANARAK, R. Prediction of type 2 diabetes mellitus using fasting plasma glucose and HbA1c levels. **BMJ Open**, v. 10, 2020.

STRECK, Emilio Luiz; TOMASI, Luiza Trajano. Exames realizados para diagnostico e monitoramento de diabetes mellitus. **Inova Saude**, v. 15, n. 1, p. 44-50, 2025.

TOZZO, V. et al. Estimating Glycemia From HbA1c and CGM: Analysis of Accuracy and Sources of Discrepancy. **Diabetes Care**, v. 47, p. 460-466, 2024.



Capítulo 14

EFICIÊNCIA DA TERAPIA ANTIRRETROVIRAL: AVALIAÇÃO DE PARAMENTROS CLÍNICOS E LABORATORIAS E SUA RELAÇÃO COM A QUALIDADE DE VIDA DOS PACIENTES VIVENDO COM HIV/AIDS

EFFICIENCY OF ANTIRETROVIRAL THERAPY: EVALUATION OF CLINICAL AND LABORATORY PARAMETERS AND THEIR RELATIONSHIP WITH THE QUALITY OF LIFE OF PATIENTS LIVING WITH HIV/AIDS

João Felipe Sales Gomes[1]

Ariadina Rakell Silva De Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Tailane Kaynan da Silva Sousa[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

Introdução: A disseminação do vírus da imunodeficiência humana é uma preocupação em saúde pública. Uma estratégia para controlá-la envolve a administração de medicamentos antirretrovirais aos soropositivos. Espera-se que o início do tratamento resulte na supressão da carga viral. Como a infeção é de natureza crônica, a avaliação da qualidade de vida e seu impacto na adesão dos medicamentos se torna uma preocupação de destaque. Objetivo: analisa a relação entre a eficiência da TARV, parâmetros clínicos e laboratoriais, e os impactos na qualidade de vida de pessoas vivendo com HIV/AIDS. Material e Métodos: Realizou-se uma revisão sistemática da literatura sobre a qualidade de vida de pacientes soropositivos que adotaram o tratamento com antirretrovirais, utilizando descritores isolados e combinados em português e inglês nas bases de dados Google Acadêmico, SciElo, Lilacs, Medline e Scopus) nos últimos 10 anos (2017 – 2026) Resultados: A composição final contou com uma ampla base de estudos científicos, e os domínios da Escala de Qualidade de Vida Relacionada ao HIV (HAT-QoL) que mais se associaram às pessoas em tratamento com antirretrovirais foram o físico e o social. Observou-se na maioria dos artigos que o tratamento antirretroviral apesar de contribuir com a diminuição de carga viral ele ainda é um dos fatores que impactam negativamente a qualidade de vida. Conclusão: Percebeu-se que a qualidade de vida está sujeita a diversos fatores, incluindo o suporte e a assistência adequada no que diz respeito à continuidade do tratamento antirretroviral. Diante dos efeitos colaterais, é importante salientar sobre a importância do tratamento e incentivar sua adesão através de políticas públicas e ações orientativas, bem como proporcionar educação contínua aos profissionais que trabalham na equipe multidisciplinar.

Palavras-chave: Imunodeficiência Humana. Mecanismo de ação. TARV. Coquetéis.

Abstract

Introduction: The spread of the human immunodeficiency virus is a public health concern. A strategy to control it involves the administration of antiretroviral drugs to seropositive people. It is expected that the initiation of treatment will result in the suppression of the viral load. As the infection is chronic in nature, the evaluation of quality of life and its impact on drug adherence becomes a prominent concern. Objective: analyzes the relationship between the efficiency of ART, clinical and laboratory parameters, and the impacts on the quality of life of people living with HIV/AIDS. Material and Methods: A systematic review of the literature on the quality of life of seropositive patients who adopted treatment with antiretrovirals was carried out, using isolated and combined descriptors in Portuguese and English in the databases Google Acadêmico, SciElo, Lilacs, Medline and Scopus) in the last 10 years (2017 - 2026) Results: The final composition was based on a broad set of scientific studies, and the domains of the HIV/AIDS-Targeted Quality of Life Scale (HAT-QoL) most strongly associated with individuals undergoing antiretroviral therapy and their quality of life were the physical and social domains. These aspects proved to be decisive in understanding how treatment impacts not only clinical health but also patients' well-being and social integration. It was observed in most articles that the Antiretroviral treatment, despite contributing to the decrease in viral load, it is still one of the factors that negatively impact the quality of life. Conclusion: It was noticed that the quality of life is subject to several

factors, including support and adequate assistance with regard to the continuity of antiretroviral treatment. Given the side effects, it is important to emphasize the importance of treatment and encourage its adherence through public policies and guiding actions, as well as providing continuous education to professionals who work in the multidisciplinary team.

Keywords: Human Immunodeficiency. Mechanism of action. TARV Cocktail

1 INDRODUÇÃO

A infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) continua sendo um dos maiores desafios da saúde pública global. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 39 milhões de pessoas viviam com HIV em 2022, com maior prevalência entre homens de 25 a 49 anos. O vírus compromete o sistema imunológico ao atacar os linfócitos T CD4+, células essenciais para a defesa do organismo, integrando seu material genético ao DNA do hospedeiro e promovendo replicação contínua. Esse processo resulta na redução progressiva dessas células, tornando o indivíduo suscetível a infecções oportunistas e neoplasias características da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS). O diagnóstico precoce e o início imediato da terapia antirretroviral altamente ativa (TARV) são fundamentais para reduzir a carga viral e preservar a função imunológica, aumentando a sobrevida e melhorando a qualidade de vida dos pacientes.

No Brasil, a Lei Federal n° 9.313/1996 garantiu o acesso gratuito aos medicamentos antirretrovirais pelo Sistema Único de Saúde (SUS), representando um marco no enfrentamento da epidemia. Em escala mundial, a OMS estimou que, até dezembro de 2022, aproximadamente 29,8 milhões de pessoas estavam em tratamento com TARV, evidenciando avanços significativos na redução da mortalidade e no aumento da longevidade das pessoas vivendo com HIV. Apesar disso, observa-se o crescimento de morbidades associadas, o que reforça a necessidade de avaliar não apenas os resultados clínicos e laboratoriais, mas também os impactos na qualidade de vida.

Diante desse cenário, a presente pesquisa orientou-se pela seguinte questão norteadora: como a eficiência dos tratamentos antirretrovirais, avaliada por parâmetros clínicos e laboratoriais, pode influenciar diretamente a qualidade de vida dos pacientes que vivem com HIV/AIDS? O principal desafio da infecção é a vulnerabilidade a doenças oportunistas, mas os avanços dos antirretrovirais transformaram a doença de fatal para controlável, aumentando a expectativa de vida dos pacientes. Tal problemática delimitou o estudo à análise da literatura científica que aborda a relação entre a terapia antirretroviral (TARV), a adesão ao tratamento e os impactos na qualidade de vida das pessoas soropositivos.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio da literatura científica, a relação entre a eficiência da TARV e os parâmetros clínicos, laboratoriais e de qualidade de vida em indivíduos adultos. A relevância deste estudo reside na necessidade de ampliar o entendimento sobre a terapia antirretroviral, em termos de controle clínico da doença, além da relação ao impacto na vida cotidiana dos pacientes. A análise integrada desses aspectos fornece subsídios para práticas biomédicas mais humanizadas e centradas no indivíduo, contribuindo para políticas públicas mais eficazes e para o fortalecimento da adesão ao tratamento.

A relevância dessa investigação se justifica pelo fato de que, desde a introdução da TARV, houve uma significativa redução da morbimortalidade associada ao HIV, transformando a infecção em uma condição crônica manejável. No entanto, a eficácia terapêutica não depende apenas da supressão viral e da recuperação imunológica, mas também da adesão contínua ao regime medicamentoso, da prevenção de comorbidades e da minimização de efeitos adversos. Além disso, aspectos psicossociais, como estigma, suporte familiar e acesso aos serviços de saúde, exercem influência direta sobre a percepção de bem-estar e qualidade de vida desses pacientes.

O presente trabalho consiste em uma revisão sistemática da literatura de caráter descritivo e analítico por terem rigor metodológico e inferências confiáveis. Para tanto, foram utilizados como descritores de busca: “Imunodeficiência Humana”, “mecanismo de ação”, “TARV” e “coquetéis” de forma combinada, intermediados pelos operadores booleanos AND e OR, em português e inglês. As bases de dados mais empregadas na área da saúde foram utilizadas para a pesquisa, sendo Google Acadêmico, SciELO, Lilacs, Medline e Scopus. Os critérios de inclusão foram: artigos originais, revisões e estudos de corte que abordassem diretamente a relação entre TARV, adesão e qualidade de vida, publicados entre os últimos 10 anos. Os estudos abrangiam o público adulto, cuja faixa etária engloba dos 18 aos 60 anos, a fim de se evitar vieses advindos das particularidades de crianças e adolescentes. Foram excluídos trabalhos duplicados, resumos sem texto completo e publicações que não apresentassem dados relevantes para a temática. A análise dos artigos selecionados considerou os domínios da escala HAT-QoL (HIV/AIDS Targeted Quality of Life Instrument), amplamente utilizada para mensurar a percepção subjetiva de qualidade de vida em pessoas vivendo com HIV/Aids.

2 FISIOPATOLOGIA DO HIV

A infecção pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) caracteriza-se pela invasão e destruição progressiva dos linfócitos T CD4+, células fundamentais para a coordenação da resposta imune adaptativa. O processo inicia-se com a ligação da glicoproteína viral gp120 ao receptor CD4 e aos co-receptores CCR5 ou CXCR4, permitindo a fusão da membrana viral com a célula hospedeira. Uma vez no interior, o RNA viral é convertido em DNA pela enzima transcriptase reversa e integrado ao genoma celular por meio da integrase, estabelecendo um estado de infecção crônica (Fauci; Lane, 2020).

Esse processo é altamente suscetível a erros, o que explica a grande variabilidade genética do HIV e sua capacidade de desenvolver resistência aos medicamentos. O DNA viral recém-formado é então transportado para o núcleo celular, onde a enzima integrase promove sua inserção no genoma da célula hospedeira. Esse passo é crucial, pois estabelece a infecção crônica e a formação de reservatórios virais latentes, que dificultam a erradicação completa do vírus mesmo com terapia antirretroviral (UNAIDS, 2023).

Após a integração, o genoma viral passa a ser transcrito em RNA mensageiro pela maquinaria celular, resultando na produção de proteínas virais. Entre elas, destacam-se as poliproteínas que precisam ser clivadas pela enzima protease para se tornarem funcionais. Esse processo de maturação é fundamental para

a formação de novos vírions. As partículas virais são então montadas e liberadas por brotamento da membrana celular, adquirindo o envelope lipídico derivado da própria célula hospedeira (Brasil, 2022).

O ciclo de replicação contínua do HIV leva à destruição progressiva dos linfócitos T CD4+, comprometendo a resposta imune adaptativa. A perda dessas células reduz a capacidade do organismo de ativar linfócitos B e citotóxicos, resultando em imunossupressão. Clinicamente, essa condição se manifesta pela maior suscetibilidade a infecções oportunistas e ao desenvolvimento de neoplasias características da AIDS**,** como o sarcoma de Kaposi e linfomas não-Hodgkin. Esse mecanismo explica a gravidade da doença e a necessidade de intervenção precoce com terapia antirretroviral (MSD MANUALS, 2024).

Os linfócitos T CD4+, também conhecidos como linfócitos T auxiliares**,** desempenham papel central na coordenação da resposta imune adaptativa. Essas células reconhecem antígenos apresentados por moléculas do complexo principal de histocompatibilidade (MHC II) em células apresentadoras de antígenos, como macrófagos e células dendríticas. A partir desse reconhecimento, os linfócitos T CD4+ secretam citocinas que regulam e estimulam outras células do sistema imunológico, como linfócitos B e linfócitos T citotóxicos, garantindo uma resposta eficiente contra patógenos (Fauci; Lane, 2020).

A importância clínica dos linfócitos T CD4+ é evidenciada pelo fato de que sua contagem é utilizada como marcador laboratorial essencial no acompanhamento de pacientes vivendo com HIV. Em indivíduos saudáveis, os valores variam entre 500 e 1.500 células/mm³. Quando a contagem cai abaixo de 200 células/mm³, o risco de infecções oportunistas aumenta significativamente, caracterizando o estágio avançado da doença, conhecido como AIDS. Dessa forma, o monitoramento dos níveis de CD4+ é indispensável para avaliar a progressão da infecção e a eficácia da terapia antirretroviral (Brasil, 2022).

O HIV tem como alvo principal os linfócitos T CD4+, utilizando o receptor CD4 como porta de entrada para a infecção. A ligação da glicoproteína viral gp120 ao receptor CD4, seguida da interação com co-receptores CCR5 ou CXCR4, permite a entrada do vírus na célula. Uma vez infectados, os linfócitos T CD4+ sofrem destruição progressiva, seja por apoptose induzida pelo próprio vírus, ou seja por mecanismos imunológicos de eliminação de células infectadas. Essa perda gradual compromete a capacidade do organismo de montar respostas imunes eficazes (UNAIDS, 2023).

A depleção dos linfócitos T CD4+ tem consequências diretas na imunidade. Sem a ativação adequada dos linfócitos B, há redução na produção de anticorpos, e sem o estímulo aos linfócitos T citotóxicos, a eliminação de células infectadas torna-se ineficiente. Isso se traduz em maior vulnerabilidade a doenças como tuberculose, candidíase, toxoplasmose e pneumonia por Pneumocystis jirovecii, além de predisposição a neoplasias como o sarcoma de Kaposi. Portanto, os linfócitos T CD4+ são considerados o pilar da defesa imunológica contra agentes infecciosos (MSD MANUALS, 2024).

A evolução da infecção pelo HIV é marcada pela queda progressiva dos linfócitos T CD4+, que compromete a resposta imune e favorece o aparecimento de doenças oportunistas. Segundo Silva *et al*. (2019), a redução gradual dos linfócitos T CD4+ é o principal marcador da transição da infecção pelo HIV para a síndrome da imunodeficiência adquirida (AIDS), sendo esse parâmetro utilizado

clinicamente para definir o estágio da doença.

Durante a fase de latência clínica, o paciente pode permanecer assintomático por anos, mas a imunossupressão avança silenciosamente. A queda dos CD4+ representa um ponto crítico, no qual o risco de infecções oportunistas aumenta de forma exponencial. Essa vulnerabilidade imunológica explica a alta incidência de doenças como tuberculose, candidíase esofágica e toxoplasmose cerebral em pacientes não tratados (Santos; Oliveira, 2021)

3 TERAPIA ANTIRRETROVIRAL

A terapia antirretroviral (TARV) representa um dos maiores avanços da medicina moderna no enfrentamento da epidemia de HIV/AIDS. Desde a introdução do primeiro antirretroviral, a zidovudina (AZT), em 1987, houve uma transformação significativa na expectativa de vida das pessoas vivendo com HIV. Segundo Gonçalves *et al.* (2024), o tratamento passou de esquemas com até 18 comprimidos diários para combinações simplificadas de dois ou três comprimidos, com maior eficácia e menor toxicidade. Essa simplificação foi fundamental para ampliar a adesão e reduzir os efeitos adversos.

No cenário internacional, a evolução da TARV foi marcada pela introdução da terapia combinada em meados da década de 1990, conhecida como HAART (Highly Active Antiretroviral Therapy). Essa abordagem revolucionou o tratamento ao combinar diferentes classes de medicamentos, reduzindo a carga viral a níveis indetectáveis e permitindo a recuperação imunológica. A terapia combinada representou um divisor de águas, transformando a AIDS de uma doença fatal em uma condição crônica controlável (Silva; Soares; Santos, 2025, p.12)

> No Brasil, a trajetória da TARV ganhou destaque mundial com a promulgação da Lei nº 9.313/1996, que garantiu acesso universal e gratuito aos medicamentos antirretrovirais pelo Sistema Único de Saúde (SUS). De acordo com o Ministério da Saúde (2025), a resposta brasileira à epidemia é reconhecida internacionalmente por assegurar tratamento gratuito e integral, contribuindo para a redução da mortalidade e para o aumento da qualidade de vida. Essa política pública consolidou o país como referência global em saúde pública (Brasil, 2025, p. 7).

A evolução mais recente inclui a incorporação de medicamentos de ação prolongada e esquemas de dose única diária. Novos fármacos, como o lenacapavir, apresentam maior barreira genética à resistência e permitem maior comodidade terapêutica, reduzindo o risco de falhas por baixa adesão. Além disso, estratégias de prevenção como a PrEP (profilaxia pré-exposição) e a PEP (profilaxia pós-exposição) complementam o arsenal biomédico contra o HIV, com diretrizes atualizadas pelo Ministério da Saúde e análises internacionais sobre equidade no acesso (Landovitz *et al*., 2024; Brasil, 2024).

Os antirretrovirais atuam em diferentes etapas do ciclo de replicação do HIV, impedindo que o vírus se multiplique e cause destruição progressiva dos linfócitos T CD4+. O princípio da terapia antirretroviral combinada é bloquear múltiplos pontos da replicação viral, reduzindo a carga viral a níveis indetectáveis e permitindo a recuperação imunológica. Essa estratégia é fundamental para evitar

resistência e garantir maior eficácia terapêutica (Oliveira; Pereira; Souza, 2018).

A diversidade de mecanismos de ação garante maior eficácia, reduz o risco de resistência e possibilita esquemas terapêuticos cada vez mais simplificados e toleráveis. Costa *et al*. (2018) expandem essa discussão ao relatar resultados de uma avaliação envolvendo cerca de 400 pacientes em tratamento com antirretrovirais. Eles observaram que a maioria desses pacientes iniciou a terapia antirretroviral em regime de Vários Comprimidos (coquetéis), e isso resultou em uma redução significativa na carga viral, atingindo uma depressão viral de 74,6%. Esses resultados são essenciais, uma vez que a carga viral indetectável está associada a benefícios clínicos substanciais e à redução do risco de transmissão do vírus.

A avaliação da eficiência da terapia antirretroviral (TARV) baseia-se em parâmetros clínicos e laboratoriais que refletem o controle da replicação viral e a recuperação imunológica. A supressão sustentada da carga viral plasmática é considerada o principal indicador de sucesso terapêutico, sendo classificada como indetectável quando inferior a 50 cópias/mL. Esse parâmetro está diretamente relacionado à redução da progressão da doença e à diminuição do risco de transmissão do HIV (Brasil, 2022; Silva *et al*., 2021).

A contagem de linfócitos T CD4+ constitui outro importante marcador da resposta à TARV. Estudos nacionais demonstram que a recuperação dos níveis de CD4+ após o início do tratamento está associada à redução da morbimortalidade e ao menor risco de infecções oportunistas. Valores superiores a 500 células/mm³ indicam reconstituição imunológica satisfatória, enquanto níveis inferiores a 200 células/mm³ caracterizam imunossupressão grave (Freitas *et al*., 2020).

Outro aspecto relevante é a avaliação clínica do paciente, incluindo sintomas, ocorrência de infecções oportunistas e qualidade de vida. Evidências indicam que a efetividade da TARV deve ser analisada de forma integrada, considerando não apenas parâmetros laboratoriais, mas também o impacto positivo na vida cotidiana dos pacientes. Essa abordagem integrada permite compreender melhor os benefícios do tratamento (Carvalho *et al*., 2023).

O diagnóstico da infecção pelo HIV segue protocolos laboratoriais bem estabelecidos, que envolvem etapas sequenciais para garantir precisão e confiabilidade. Segundo Oliveira *et al*. (2019), a detecção inicial é realizada por meio de testes rápidos ou ensaios imunoenzimáticos, que identificam anticorpos contra o HIV. Esses exames são fundamentais para triagem, especialmente em contextos de atenção básica e campanhas de saúde pública.

Quando o resultado inicial é positivo, são aplicados testes confirmatórios, como o Western Blot ou técnicas moleculares de PCR. De acordo com Silva e Costa (2020), a confirmação diagnóstica é indispensável para evitar resultados falso-positivos e assegurar a credibilidade do processo. Nessa etapa, o biomédico desempenha papel essencial na execução técnica e na interpretação dos resultados.

Após a confirmação, o paciente é submetido a exames complementares para avaliação clínica e prognóstica. Isso inclui a quantificação da carga viral, que mede a quantidade de RNA viral no plasma, e a contagem de linfócitos T CD4+**,** que indica o estado imunológico. O monitoramento da carga viral e dos CD4+ permite avaliar a progressão da doença e a resposta à terapia antirretroviral (Mendes; Almeida; Rocha, 2021).

> O biomédico é responsável por garantir a qualidade em todas as etapas, desde a triagem até o acompanhamento clínico, assegurando resultados confiáveis e contribuindo diretamente para o início precoce e eficaz da terapia antirretroviral. A responsabilidade técnica do biomédico assegura que os processos laboratoriais sigam padrões de qualidade e normas regulatórias, evitando erros diagnósticos que poderiam comprometer o tratamento (Carvalho; Martins; Souza, 2023, p. 11).

4 QUALIDADE DE VIDA E ADESÃO

Os estudos recentes têm demonstrado que a qualidade de vida de pessoas vivendo com HIV/AIDS é um indicador essencial para avaliar os resultados da terapia antirretroviral (TARV). Marques *et al*. (2020), realizaram uma revisão integrativa e destacaram que fatores socioeconômicos e demográficos influenciam diretamente a percepção de bem-estar, reforçando que a avaliação não deve se restringir apenas a parâmetros clínicos e laboratoriais.

Moura *et al*. (2021), destacam que, apesar dos avanços na terapia ao longo dos anos, muitos pacientes ainda enfrentam uma série de efeitos colaterais, que podem variar de efeitos neurológicos a problemas hepáticos, renais, hematológicos, diabetes, perda de apetite, constipação, tosse, rinite, insônia, libido, anemia, problemas hormonais, problemas inflamatórios, gastrointestinais e até mesmo condições graves, como a Síndrome de Stevens Johnson.

A utilização da Escala de Qualidade de Vida Relacionada ao HIV (HAT-QoL) tem sido recorrente em pesquisas nacionais. Valdelamar-Jiménez et al. (2024), validaram a versão brasileira da HAT-QoL em uma amostra de 319 pessoas vivendo com HIV em Salvador, confirmando sua confiabilidade psicométrica e relevância para mensurar aspectos físicos, emocionais e sociais. Essa escala, composta por nove domínios, permite identificar áreas críticas que impactam a qualidade de vida, como saúde geral, preocupações financeiras e satisfação com o profissional de saúde.

A continuidade e consistência da adesão à TARV são cruciais para o tratamento eficaz do HIV, conforme ressaltado por Silva et al. (2019). Interrupções no tratamento devido a esses efeitos colaterais podem levar a problemas como resistência viral e progressão da doença, prejudicando ainda mais a qualidade de vida dos pacientes. Além disso, a influência dos antirretrovirais na qualidade de vida dos pacientes com HIV é multifacetada, como observado nos estudos de Silva *et al.* (2019) e Moura *et al.* (2021).

Embora os avanços farmacológicos tenham simplificado os esquemas terapêuticos, aspectos sociais e emocionais continuam a impactar significativamente a continuidade do tratamento. Segundo Silva *et al*. (2019), o estigma associado ao HIV permanece como barreira importante, levando muitos pacientes a interromper ou ocultar o uso da medicação. O preconceito social e o medo da discriminação dificultam a adesão plena, mesmo em contextos de acesso ampliado aos medicamentos.

No Brasil, o acesso universal e gratuito ao tratamento pelo Sistema Único de Saúde (SUS) é um diferencial reconhecido internacionalmente. Conforme Carva-

lho *et al.* (2023), a política pública brasileira de distribuição gratuita de antirretrovirais tem impacto direto na adesão, pois elimina barreiras econômicas e garante equidade no acesso. Essa estratégia contribui para que pacientes de diferentes condições socioeconômicas possam manter o tratamento de forma contínua.

A adesão ao tratamento antirretroviral é determinada por uma interação complexa entre fatores individuais, sociais e estruturais. O enfrentamento do estigma, o fortalecimento do suporte familiar e a manutenção de políticas públicas inclusivas são elementos indispensáveis para garantir a eficácia da TARV e melhorar a qualidade de vida das pessoas vivendo com HIV/AIDS (Camargo; Capitão; Filipe, 2019; Lima; Santos; Souza, 2025).

Com isso, a luta contra o estigma internalizado é uma jornada que começa com o acolhimento profissional e se fortalece através do poder da conexão humana e do apoio mútuo, permitindo que a pessoa vivendo com HIV/AIDS retome sua vida com dignidade e aderência plena ao tratamento. Além do suporte clínico, o vínculo com a equipe de saúde e a criação de ambientes livres de preconceito são fundamentais para reduzir barreiras emocionais e sociais. O enfrentamento do estigma e a valorização da escuta qualificada são determinantes para a adesão ao tratamento e para a melhoria da qualidade de vida das pessoas vivendo com HIV/AIDS (PVHA) (Lima; Santos; Souza, 2025).

A introdução da terapia antirretroviral (TARV) transformou profundamente o curso da infecção pelo HIV, convertendo uma condição de alta letalidade em enfermidade crônica controlável. O uso adequado dos antirretrovirais impede a replicação viral, favorece a recuperação imunológica e reduz complicações clínicas e mortalidade, consolidando a TARV como elemento central no manejo da infecção (Medeiros; Müller; Pereira, 2023).

Além do controle clínico, os impactos refletem na qualidade de vida, com melhora física, emocional e social, maior disposição e redução de internações. Fatores como suporte social, condições socioeconômicas e adesão influenciam diretamente esses resultados. A manutenção da carga viral indetectável também diminui o risco de transmissão, promovendo maior integração social e bem-estar (Dutra *et al*., 2019).

Outro ponto relevante refere-se à evolução dos esquemas terapêuticos, que passaram por importantes simplificações ao longo dos anos. A introdução de combinações medicamentosas em dose fixa e a redução do número de comprimidos facilitaram a incorporação do tratamento à rotina dos pacientes. Essa modernização contribuiu para a diminuição de falhas terapêuticas relacionadas ao esquecimento ou à complexidade dos regimes anteriores. Esquemas mais simples impacta diretamente o cotidiano, permitindo maior autonomia e menor interferências do tratamento nas atividades diárias (Santos *et al*., 2016).

Apesar dos avanços terapêuticos, o HIV como condição crônica traz desafios ligados ao cuidado contínuo, exigindo acompanhamento prolongado, monitoramento laboratorial e manejo de efeitos colaterais. A adesão ao tratamento é fortemente influenciada por fatores psicossociais, como suporte familiar, saúde mental e percepção de autoeficácia. Depressão, estigma e baixa rede de apoio podem comprometer a continuidade terapêutica. Assim, a efetividade da TARV depende não apenas dos medicamentos, mas de uma abordagem integral que considere também dimensões emocionais e sociais do indivíduo (Freitas *et al*., 2021).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações finais deste trabalho permitem refletir sobre os objetivos propostos, que buscavam compreender a eficiência da terapia antirretroviral (TARV) a partir de parâmetros clínicos, laboratoriais e sua relação com a qualidade de vida de pessoas vivendo com HIV/AIDS. A análise demonstrou que a TARV representa um marco no enfrentamento da epidemia, transformando a infecção em condição crônica controlável. Apesar dos avanços científicos e políticos, permanecem desafios ligados à adesão ao tratamento e às comorbidades associadas. Assim, os objetivos foram alcançados, respondendo à questão norteadora por meio da metodologia adotada.

Quanto aos parâmetros clínicos e laboratoriais, verificou-se que a supressão da carga viral e a recuperação dos linfócitos T CD4+ são indicadores centrais da eficiência terapêutica. Contudo, é necessário considerar também marcadores inflamatórios e biomarcadores de ativação imune, ampliando a compreensão da resposta ao tratamento. Essa abordagem integrada reforça que a eficiência da TARV não se limita ao controle virológico, mas envolve uma visão mais ampla da saúde do paciente.

No que se refere à qualidade de vida e adesão, ficou evidente que o sucesso da TARV depende não apenas da eficácia farmacológica, mas também de fatores psicossociais, como estigma, suporte familiar e condições socioeconômicas. Instrumentos como a HAT-QoL mostraram que, mesmo diante de avanços terapêuticos, efeitos adversos e barreiras sociais continuam a impactar o bem-estar dos pacientes. Assim, a TARV só pode ser considerada plenamente eficiente quando promove supressão viral e melhoria da vida cotidiana. Para pesquisas futuras, sugere-se aprofundar a investigação sobre biomarcadores de ativação imune e inflamação residual, além de explorar novas formulações de antirretrovirais de ação prolongada, capazes de otimizar a resposta clínica e reduzir efeitos adversos.

Referências

BRASIL. Ministério da Saúde. **Boletim Epidemiológico HIV/Aids**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/saude. Acesso em: 12.abr.2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. Painel demonstra a evolução do tratamento antirretroviral para HIV no Brasil. Brasília: MS, 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Política Nacional de HIV/Aids e acesso universal à TARV.** Brasília: Ministério da Saúde, 2025.

BARROS, T. *et al.* **Intervenções comunitárias e combate ao estigma em HIV/AIDS**. Revista de Ciências da Saúde, v. 29, n. 1, p. 55–68, 2024. Disponível em: https://www.scielo.br. Acesso em: 9.abr.2026.

CARVALHO, Ana; MARTINS, Carla; SOUZA, Paulo. **Eficiência da TARV:** parâmetros clínicos e laboratoriais integrados. Revista Brasileira de Infectologia, v. 27, n. 1, p. 5-12, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjid. Acesso em: 31.mar.2026.

CARVALHO, A. L. *et al.* **Qualidade de vida de pessoas vivendo com HIV em terapia antirretroviral.** Ciência & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 28, n. 5, 2023. Disponível em: https://www.scielo.br. Acesso em: 23.mar.2026.

CAZEIRO, R. *et al.* **Estratégias de enfrentamento e adesão ao tratamento em pessoas vivendo com HIV/AIDS.** Revista Brasileira de Saúde Coletiva, v. 26, n. 4, p. 112–125, 2021. Disponível em: https://www.scielo.br. Acesso em: 9.abr.2026.

CAMARGO, Luiza Azem; CAPITÃO, Cláudio Garcia; FILIPE, Elvira Maria Ventura. **Saúde mental, suporte familiar e adesão ao tratamento:** associações no contexto HIV/Aids. Psico-USF, v. 19, n. 2, p. 221–232, 2014 (citado em trabalhos posteriores como 2019). Disponível em: https://doi.org/10.1590/1413-82712014019002013. Acesso em: 10.abr.2026.

COSTA, Fernanda; *et al.* **Avaliação clínica e laboratorial da TARV em pacientes adultos.** Curitiba: Editora Biomédica, 2018.

DUTRA, B. S. et al. **Changes in health-related quality of life in HIV-infected patients following initiation of antiretroviral therapy:** a longitudinal study. Brazilian Journal of Infectious Diseases, 2019. Disponível em: https://revistas.usp.br/rsp/article/view/180883. Acesso em: 2.abr.2026

FAUCI, Anthony; LANE, H. Clifford. Harrison's **Principles of Internal Medicine**: HIV Infection and AIDS. New York: McGraw-Hill Education, 2020.

FREITAS, G. M. *et al*. **Variáveis psicossociais e adesão ao tratamento antirretroviral para HIV/Aids.** Revista Psicologia e Saúde, 2021. Disponível em: https://www.pssa.ucdb.br/pssa/article/view/1075. Acesso em: 2.abr.2026.

FREITAS, M. I. F. *et al.* **Evolução da contagem de linfócitos T CD4+ em pessoas vivendo com HIV em uso de terapia antirretroviral**. Revista Brasileira de Enfermagem, Brasília, v. 73, n. 6, 2020. Disponível em: https://www.scielo.br. Acesso em: 23.mar.2026.

GONÇALVES, Paulo; *et al.* **Evolução da terapia antirretroviral e adesão ao tratamento.** Porto Alegre: Editora Médica Sul, 2024.

GONZÁLEZ, Ricardo. **Ciclo de replicação do HIV e mecanismos de ação dos antirretrovirais.** Madrid: Universidad Complutense, 2019.

LANDOVITZ, R. J. *et al.* **Long-acting injectable cabotegravir for HIV prevention in Brazil.** The Lancet HIV, 2024. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lanhiv. Acesso em: 15.jan.2026.

LIMA, L. B.; SANTOS, D. V. S.; SOUZA, Y. M. R**. Além do vírus: o impacto do estigma na saúde mental e tratamento de pacientes com HIV**. Revista Foco, v. 18, n. 3, p. 144-158, 2025.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (Brasil). Boletim Epidemiológico HIV/Aids 2025. Brasília: Secretaria de Vigilância em Saúde e Ambiente, 2025.

MENDES, R.; ALMEIDA, P.; ROCHA, L. **Diagnóstico laboratorial e acompanhamento clínico da infecção pelo HIV.** São Paulo: Editora Saúde, 2021. p. 35.

MEDEIROS, A. S.; MÜLLER, S. D.; PEREIRA, L. O. **Medicamentos antirretrovirais no SUS:** revisão sobre adesão ao tratamento do HIV. Research, Society and Development, 2023. Disponível em: https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/16439. Acesso em: 2.abr.2026.

MOURA, Patrícia; *et al.* **Efeitos colaterais da terapia antirretroviral e impacto na qualidade de vida.** Recife: Editora Saúde & Vida, 2021.

MSD MANUALS. Infecção pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV). Edição para profissionais, 2024. Disponível em: https://www.msdmanuals.com.Acesso em: 12.abr.2026.

OLIVEIRA, J.; PEREIRA, T.; SOUZA, H. Terapia antirretroviral combinada: fundamentos e perspectivas. Revista Brasileira de Virologia, v. 12, n. 1, p. 40-50, 2018.

OLIVEIRA, Tiago; *et al.* **Diagnóstico laboratorial do HIV**: protocolos e práticas biomédicas. Curitiba: Editora Científica, 2019.

PEREIRA, J. A.; LIMA, F. R.; SOUZA, T. P. Coinfecção HIV-tuberculose: desafios e perspectivas no Brasil. Cadernos de Saúde Pública, v. 36, n. 11, p.e00234520, 2020.

POLAY, J. P. G. *et al.* **Aspectos epidemiológicos de pacientes que vivem com HIV/AIDS e são resistentes à terapia antirretroviral.** Revista de Saúde Pública do Paraná, 2024. Disponível em: https://revista.escoladesaude.pr.gov.br. Acesso em: 18.mar.2026.

RESUMOS MEDICINA. Linfócitos T CD4+: A chave da sua imunidade contra HIV e infecções. 2024. Disponível em: https://resumosmedicina.com. Acesso em: 12.abr.2026.

SANTOS, É. I. *et al.* **Evidências científicas brasileiras sobre adesão à terapia antirretroviral.** Revista Rede de Cuidados em Saúde, 2016. Disponível em: https://publicacoes.unigranrio.edu.br/rcs/article/view/2554. Acesso em: 2.abr. 2026.

SILVA, A. C.; MOURA, J. P.; BARBOSA, L. H. Imunodeficiência e parâmetros clínicos em pacientes vivendo com HIV. Revista Brasileira de Infectologia, v. 23, n. 4, p. 289-297, 2019.

SILVA, Bruno; COSTA, Maria. **Confirmação diagnóstica do HIV e protocolos laboratoriais**. Belo Horizonte: Editora Científica, 2020.

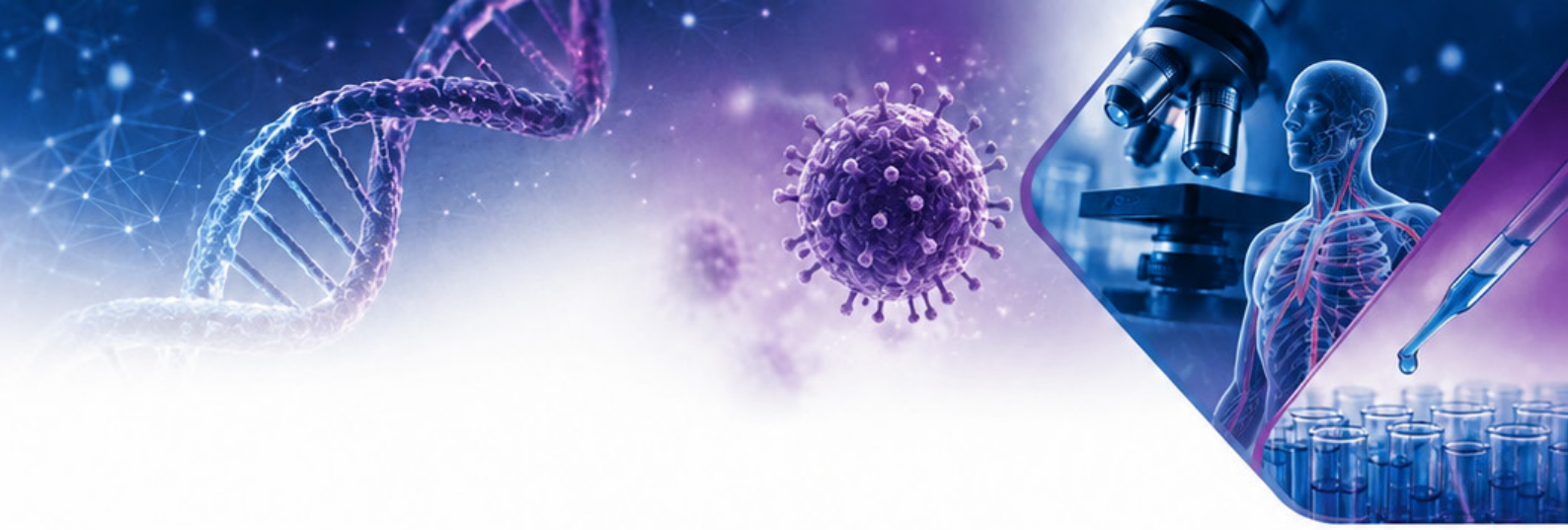
SILVA, D. J. S. *et al.* **Supressão viral e fatores associados em pessoas vivendo com HIV.** Medicina (Ribeirão Preto), v. 54, n. 2, 2021. Disponível em: https://revistas.usp.br. Acesso em: 23.mar.2026.

SILVA, J.; SOARES, T.; SANTOS, V. Evolução dos medicamentos antirretrovirais e impacto na qualidade de vida. Revista de Ciências Biológicas e Saúde, v. 12, n. 3, p. 10-20, 2025.

SILVA, R. M. *et al.* **Marcadores inflamatórios em pessoas vivendo com HIV em terapia antirretroviral.** Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Uberaba, v. 55, 2022. Disponível em: https://www.scielo.br. Acesso em: 23.mar.26

UNAIDS. **Global HIV & AIDS Statistics — Fact Sheet. Geneva**: UNAIDS, 2023. Disponível em: https://www.unaids.org. Acesso em: 12.abr.2026.

VALDELAMAR-JIMÉNEZ, Carolina; *et al*. **Validação da escala HAT-QoL no Brasil.** Salvador: EDUFBA, 2024.



Capítulo 15

IMPORTÂNCIA DO DIAGNÓSTICO LABORATORIAL NA PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO VERTICAL DO HIV EM GESTANTES

IMPORTANCE OF LABORATORY DIAGNOSIS IN PREVENTING VERTICAL TRANSMISSIONOF HIV IN PREGNANTWOMEN

Ariadina Rakell Silva de Carvalho[1]

Ellen Caroline dos Santos Bento[1]

Ester Nunes Pinto[1]

Heloise Maia Garcia[1]

João Felipe Sales Gomes[1]

Júlia Maria de Jesus Martins[1]

Tailane Kaynan da Silva Sousa[1]

Rannara Sousa Silva Sá[1]

Vanessa Alves Augustinho[1]

Breno Gleidney da Silva Pires[2]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

2 Docente da Biomedicina, Faculdade Anhanguera, São Luís - MA

Resumo

A transmissão vertical do HIV ainda representa um importante desafio para a saúde pública, principalmente devido às dificuldades relacionadas ao diagnóstico precoce e ao acesso adequado ao pré-natal. Este estudo teve como objetivo compreender a importância do diagnóstico laboratorial na prevenção da transmissão vertical do HIV em gestantes, destacando a relevância da identificação precoce da infecção para a redução dos riscos de contágio do bebê. A pesquisa foi desenvolvida por meio de uma revisão bibliográfica de caráter qualitativo, baseada em artigos científicos, boletins epidemiológicos e protocolos do Ministério da Saúde publicados entre os anos de 2004 e 2026, consultados em bases como SciELO, PubMed e Google Acadêmico. Ao longo do trabalho, foram abordados os aspectos gerais do HIV, os mecanismos de transmissão vertical, os principais métodos laboratoriais utilizados no rastreio e diagnóstico, além do impacto da testagem durante o acompanhamento gestacional. Os resultados demonstraram que exames como os testes rápidos, os imunoensaios de quarta geração e a carga viral por PCR são fundamentais para identificar a infecção em tempo oportuno, permitindo o início imediato da terapia antirretroviral e outras medidas preventivas. Também foi observado que fatores sociais, econômicos e emocionais interferem diretamente no acesso ao diagnóstico e na continuidade do tratamento. Conclui-se que o acompanhamento laboratorial durante a gestação, aliado a um atendimento humanizado e ao fortalecimento das políticas públicas de saúde, é indispensável para reduzir os casos de transmissão vertical do HIV e garantir maior segurança para a mãe e o recém-nascido.

Palavras-chave: HIV. Transmissão Vertical. Diagnóstico Laboratorial. Gestantes. Pré-natal.

Abstract

Vertical transmission of HIV still represents a significant public health challenge, mainly due to difficulties related to early diagnosis and adequate access to prenatal care. This study aimed to understand the importance of laboratory diagnosis in preventing vertical transmission of HIV in pregnant women, highlighting the relevance of early infection identification to reduce the risk of contagion to the baby. The research was developed through a qualitative literature review, based on scientific articles, epidemiological bulletins, and protocols from the Ministry of Health published between 2004 and 2026, consulted in databases such as SciELO, PubMed, and Google Scholar. Throughout the work, the general aspects of HIV, the mechanisms of vertical transmission, the main laboratory methods used in screening and diagnosis, and the impact of testing during gestational monitoring were addressed. The results demonstrated that tests such as rapid tests, fourth-generation immunoassays, and viral load by PCR are fundamental for identifying infection in a timely manner, allowing for the immediate initiation of antiretroviral therapy and other preventive measures. It was also observed that social, economic, and emotional factors directly interfere with access to diagnosis and continuity of treatment. It is concluded that laboratory monitoring during pregnancy, combined with humanized care and the strengthening of public health policies, is indispensable for reducing cases of vertical transmission of HIV and ensuring greater safety for the mother and newborn.

Keywords: HIV. Vertical Transmission. Laboratory Diagnosis. Pregnant Women. Pre natal Care..

1 INTRODUÇÃO

A infecção provocada pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) consolidou-se, nas últimas décadas, como um dos desafios mais persistentes para a saúde pública global, em virtude do seu crescimento epidemiológico e das profundas implicações clínicas e sociais que acarreta. Estima-se que milhões de indivíduos convivam com o vírus no mundo, sendo que uma parcela significativa desse contingente é composta por crianças infectadas por via materna. Apesar do avanço das terapias antirretrovirais (TARV), que transformaram a condição em uma doença crônica manejável, a transmissão vertical que ocorre durante a gestação, o parto ou a amamentação permanece como a principal via de infecção na população infantil. Esse cenário demanda o fortalecimento contínuo de estratégias preventivas, especialmente em contextos de vulnerabilidade social onde o acesso ao diagnóstico ainda é limitado.

A relevância do presente estudo fundamentou-se na necessidade crítica de se entender o papel do diagnóstico laboratorial como ferramenta indispensável para a interrupção da cadeia de transmissão materno-infantil. Embora o Brasil possua protocolos consolidados, a persistência de taxas elevadas de transmissão vertical revela falhas na assistência pré-natal, muitas vezes relacionadas ao diagnóstico tardio ou à baixa adesão ao tratamento. A justificativa para esta pesquisa empenhou-se, portanto, na urgência de discutir como a identificação oportuna da soropositividade materna permite a implementação de medidas profiláticas eficazes, as quais podem reduzir o risco de infecção do recém-nascido para níveis inferiores a 1% em cenários ideais. Assim, o trabalho buscou fornecer uma base teórica que ajude a entender as dificuldades no diagnóstico que ainda prejudicam a saúde materno-infantil.

Diante do panorama exposto, o problema que norteou esta investigação foi delimitado pela seguinte questão: de que maneira o diagnóstico laboratorial do HIV contribuiu para a prevenção da transmissão vertical em gestantes? A escolha por esse questionamento justificou-se pelo fato de que a detecção precoce é o pilar central que sustenta todas as intervenções posteriores, como o controle da carga viral e a escolha da via de parto adequada. A persistência de diagnósticos realizados apenas no momento do parto evidencia uma lacuna no rastreamento durante o pré-natal, o que torna este problema de pesquisa essencial para entender os fatores que impedem a eliminação da transmissão vertical no país.

Com o intuito de entender a problemática apresentada, este estudo estabeleceu como objetivo geral compreender a importância estratégica do diagnóstico laboratorial na prevenção da transmissão vertical do HIV em gestantes. Em relação aos objetivos específicos, buscou-se descrever os fundamentos da infecção pelo HIV e suas dinâmicas de transmissão, apresentar as metodologias diagnósticas utilizadas atualmente e discutir a correlação entre a precocidade do diagnóstico e a eficácia na redução da transmissão vertical. Estruturalmente, o trabalho foi organizado em três capítulos: o primeiro abordou os aspectos conceituais e epidemiológicos do vírus; o segundo detalhou as técnicas laboratoriais de rastreio; e o terceiro analisou o impacto direto dessas ferramentas na prevenção do contágio perinatal.

A metodologia empregada para a construção deste trabalho consistiu em uma pesquisa bibliográfica, de caráter qualitativo, fundamentada em uma revisão narrativa da literatura. O processo da coleta de dados ocorreu por meio do

levantamento de vinte oito artigos científicos de 2016 a 2026, o trabalho necessitou de artigos mais antigos devido a escassez de novos estudos para que assim tenha um detalhamento mais profundo e uma melhor contextualização dos problemas apresentados, foi utilizado também boletins epidemiológicos recentes e protocolos de saúde em bases de dados como SciELO, PubMed e Google Acadêmico e Ministério da Saúde utilizando palavras chave como: transmissão vertical, HIV gestantes e diagnóstico laboratorial. Foram priorizados estudos que discutem os fatores associados à transmissão vertical no Brasil e os avanços das tecnologias diagnósticas. A análise do material selecionado foi realizada de forma descritiva, permitindo a síntese das principais evidências científicas sobre o tema para responder aos objetivos propostos.

2 ASPECTOS GERAISS DO HIV E DA TRANSMISSÃO VERTICAL

2.1 Fisiopatologia e Mecanismo da Transmissão Vertical

O Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) é um agente infeccioso que atua invadindo e desregulando as células de defesa do corpo, conhecidas como linfócitos T CD4+, que são uma espécie de “pequenos soldados” do nosso sistema imunológico. Segundo Loreto e Azevedo-Pereira (2016), assim que entra no organismo, o vírus inicia uma reprodução muito rápida, espalhando-se por órgãos vitais e tecidos linfoides, o que causa uma queda imediata na proteção natural do indivíduo, ou seja, diminui de maneira significativa o sistema imunológico. Por ser um retrovírus que altera o DNA das células que infecta, ele exige um diagnóstico extremamente ágil para que o tratamento impeça o avanço para a fase de Aids (Ferreira *et al*., 2016).

Quando identificado cedo, o impacto na vida do paciente é minimizado, transformando uma infecção que antes era fatal em uma condição crônica que permite uma vida longa e saudável (Ferreira *et al*., 2016). Quando não tratada, essa degradação imunológica pode evoluir para a Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (AIDS), estágio no qual o organismo torna-se vulnerável a patologias oportunistas (Araújo; Cavalli, 2023). No entanto, a evolução da terapia antirretroviral (TARV) alterou drasticamente esse prognóstico, permitindo que a infecção seja gerenciada como uma condição crônica, desde que haja adesão contínua ao tratamento e monitoramento da carga viral (Cordeiro *et al*., 2023).

A transmissão vertical pode ocorrer durante a gestação, no momento do parto ou através do aleitamento materno (Soares *et al*., 2024). Dados indicam que a maior parte das transmissões ocorre no período intraparto, mas o risco intensifica-se se a carga viral da mãe estiver elevada ou se houver rupturas prolongadas de membranas (Friedrich *et al*., 2016). Por essa razão, a substituição do leite materno por fórmula infantil é uma recomendação padrão no Brasil para evitar a exposição pós-natal (Cordeiro *et al*., 2025).

Diversos fatores aumentam a probabilidade de transmissão vertical, sendo a carga viral plasmática elevada o fator biológico mais relevante (Friedrich *et al*., 2016). Além disso, o diagnóstico tardio e a falta de intervenções profiláticas durante o pré-natal são determinantes críticos que podem gerar falhas na prevenção (Guterres *et al*., 2025). Obstáculos como o estigma social e a dificuldade de acesso aos serviços de saúde também exercem influência, demonstrando que a eliminação da transmissão depende de melhorias na assistência e nas condições

sociais das gestantes (Soares *et al*., 2024; Holzmann *et al*., 2020).

O perfil epidemiológico do HIV no Brasil sofreu transformações notáveis, atingindo significativamente mulheres em idade fértil, processo conhecido como feminização da epidemia (Araújo; Cavalli, 2023). Essa mudança reflete-se diretamente no cenário da transmissão vertical, definida como a passagem do vírus da mãe para o filho em qualquer etapa do ciclo gravídico-puerperal (Friedrich *et al*., 2016). Atualmente, a transmissão por via sexual heterossexual desprotegida é a principal forma de infecção entre mulheres, o que reforça a necessidade de testagem universal durante o pré-natal (Araújo; Cavalli, 2023).

2.2 Infecção pelo HIV Como Problema de Saúde Pública

A infecção pelo vírus da imunodeficiência humana (HIV), permanece como um dos desafios mais complexos para a saúde pública no Brasil, exigindo estratégias contínuas de vigilância e cuidado. Embora o país tenha completado 40 anos de resposta à epidemia, com avanços significativos, como a redução de 12,8% na mortalidade por aids entre 2023 e 2024, a magnitude acumulada é expressiva, somando mais de 1,6 milhões de registros únicos entre 1980 e 2025 (Rocha, 2025). Dados do Boletim Epidemiológico de 2025 indicam que a epidemia apresenta novas dinâmicas, como o envelhecimento da população infectada e a persistência de disparidades raciais, com a população negra representando 59,7% dos novos registros em 2024 (Brasil, 2025).

A análise do tamanho da infecção pelo HIV no Brasil revela desigualdades marcantes quando observamos dados como raça e cor. Segundo o Boletim Epidemiológico (2025), a doença não atinge a todos da mesma maneira, afetando muito mais a população negra (pretos e pardos). Esse fato mostra como o racismo na estrutura da sociedade impacta o acesso à saúde, já que esse grupo enfrenta maiores barreiras para conseguir um diagnóstico rápido e continuar o tratamento. A concentração de casos em pessoas negras indica uma falha nos programas de saúde, o que exige políticas mais justas, capazes de derrubar as dificuldades históricas que impedem que os exames laboratoriais e as medidas de prevenção cheguem com a mesma eficiência a todas as pessoas, independentemente de sua etnia (Ministério da Saúde, 2025).

Sobre a escolaridade e as diferentes regiões do país, nota-se que quanto menos tempo de estudo uma pessoa tem, maior é a sua vulnerabilidade à infecção. Quem estudou menos costuma enfrentar mais dificuldades para entender como se prevenir e por que é tão importante descobrir a doença cedo (Soares *et al*., 2024). Além disso, enquanto a epidemia parece estar controlada em cidades com hospitais e laboratórios melhores, percebe-se que o vírus está se espalhando para o interior, principalmente nas regiões Norte e Nordeste. Nesses locais, a falta de estrutura e a dificuldade de realizar exames podem atrasar a descoberta do vírus em gestantes, o que aumenta o risco de transmissão para o bebê e dificulta o controle da doença nas cidades (Ministério da Saúde, 2025; Araújo; Cavalli, 2023).

Esse quadro de desigualdades reforça que o HIV não é apenas uma doença infecciosa, mas um reflexo das fragilidades sociais do Brasil. O fato de muitas pessoas vulneráveis ainda descobrirem a doença tarde demais mostra que o sistema de saúde ainda tem pontos fracos para garantir a prevenção da transmissão de mãe para filho (Neves *et al*., 2016). Portanto, os dados atuais servem como um

aviso para que o diagnóstico laboratorial seja usado não só para descobrir o vírus, mas como uma ferramenta de justiça social. Ele deve ajudar a identificar onde o atendimento está falhando e onde o cuidado humanizado precisa ser reforçado para proteger a mãe e o bebê de forma completa (Rocha, 2025; Ministério da Saúde, 2026).

2.3 Métodos de Rastreio e Diagnóstico

O diagnóstico laboratorial do HIV constitui a pedra angular da prevenção da transmissão vertical, sendo pautado na detecção de anticorpos, antígenos ou do material genético viral. Segundo Rocha (2025), o avanço tecnológico permitiu o desenvolvimento de testes de quarta geração, que possuem a capacidade de detectar simultaneamente o anticorpo anti-HIV e o antígeno p24, reduzindo significativamente a janela imunológica, período entre a infecção e a possibilidade de detecção laboratorial. Na rotina de rastreio de gestantes, os testes rápidos (TR) ganham destaque devido à sua facilidade de execução e rapidez na entrega dos resultados, sendo ferramentas essenciais tanto no âmbito das unidades básicas de saúde quanto nas maternidades, especialmente para parturientes que não realizaram o pré-natal adequado ou que possuem resultados pendentes no momento do parto (Rocha, 2025).

A metodologia diagnóstica no Brasil segue fluxogramas rigorosos estabelecidos pelo Ministério da Saúde, iniciando-se geralmente com um teste de triagem de alta sensibilidade. Caso o resultado seja reagente, é obrigatória a realização de testes complementares para confirmação da infecção, visando evitar resultados falso-positivos que gerariam intervenções desnecessárias (Rocha, 2025). Além dos testes sorológicos, o monitoramento da carga viral por meio de técnicas de biologia molecular, como a Reação em Cadeia da Polimerase (PCR), é fundamental para avaliar a eficácia da terapia antirretroviral e determinar a via de parto mais segura para a redução do risco de transmissão vertical. Portanto, o laboratório de análises clínicas não atua apenas na identificação do vírus, mas no suporte contínuo para a tomada de decisões clínicas que garantem a segurança biológica do binômio mãe-filho (Rocha, 2025).

No cotidiano das unidades de saúde, os testes rápidos funcionam como a porta de entrada para esse cuidado protetivo, especialmente pela sua natureza simples e direta. O procedimento começa com a coleta de uma pequena amostra de sangue capilar, geralmente por meio de uma punção digital, que é então misturada a uma solução que facilita o movimento das substâncias no dispositivo de teste. A técnica baseia-se na imunocromatografia, onde, se existirem anticorpos contra o HIV no sangue da gestante, eles se ligarão a partículas coloridas no teste, revelando uma marca visível em poucos minutos. Esse método é vital porque permite que o diagnóstico seja discutido com a paciente no mesmo momento da consulta, garantindo que o acolhimento psicológico e as orientações sobre o tratamento comecem sem qualquer atraso (Moreschi *et al*., 2016; Pavinati *et al*., 2023).

Para os casos em que a gestante chega à maternidade sem ter realizado o pré-natal ou com exames antigos, o uso do teste rápido no momento do parto torna-se uma medida de salvamento urgente. Nesses cenários, a agilidade do laboratório em fornecer um resultado reagente permite que a equipe médica

administre medicamentos injetáveis na mãe e inicie a proteção do recém-nascido imediatamente após o nascimento. Carvalho *et al*. (2016) ressaltam que essa estratégia compensa as falhas ocorridas durante a gestação, funcionando como uma última rede de segurança para evitar que o bebê seja infectado. Mesmo sendo um teste de triagem, sua alta sensibilidade é uma ferramenta poderosa para a saúde pública, garantindo que nenhuma oportunidade de prevenção seja perdida, independentemente das condições sociais em que a mãe se encontra.

Quando passamos para os métodos realizados dentro do ambiente laboratorial fechado, os imunoensaios de quarta geração, como o ELISA, elevam o nível de precisão do diagnóstico. Esses testes são automatizados e conseguem "enxergar" dois alvos ao mesmo tempo: os anticorpos e a proteína p24 do vírus. De acordo com Castejon *et al*. (2022), essa capacidade dupla é o que torna o laboratório clínico tão eficiente, pois o teste consegue apontar a infecção mesmo quando o corpo da mulher ainda não teve tempo de reagir ao vírus. O fluxo laboratorial segue um caminho de segurança onde todo resultado positivo em um primeiro exame deve ser obrigatoriamente submetido a uma segunda análise com uma metodologia diferente, garantindo que o diagnóstico final seja inquestionável e seguro para a tomada de decisões terapêuticas (Castejon *et al*., 2022).

A biologia molecular fecha o ciclo do diagnóstico oferecendo informações que os testes de anticorpos não conseguem fornecer. Através da Reação em Cadeia da Polimerase, os biomédicos conseguem contar exatamente quantas cópias do vírus estão presentes no sangue da gestante. Esse passo detalhado é essencial durante todo o acompanhamento da gravidez, pois serve para verificar se os medicamentos estão fazendo efeito. Duarte *et al*. (2023) explicam que, quando o laboratório aponta uma carga viral indetectável, isso significa que a quantidade de vírus é tão baixa que o risco de transmissão para o bebê torna-se mínimas. Essa informação laboratorial é o que dá tranquilidade para a mãe e segurança para os médicos decidirem, por exemplo, pela viabilidade de um parto normal, reduzindo intervenções cirúrgicas desnecessárias (Marques *et al*., 2026)

2.4 Desafios Laboratoriais: Resultados Indeterminados e Falsos-Positivos

Mesmo com o elevado padrão tecnológico dos laboratórios contemporâneos, a prática biomédica lida com situações em que o diagnóstico não é imediatamente claro, o que exige um olhar atento e uma investigação minuciosa. De acordo com Rocha (2025), a ocorrência de resultados falso-positivos ou indeterminados em gestantes é um fenômeno conhecido na literatura e pode ser influenciado por diversos fatores biológicos próprios da gravidez. Durante o período gestacional, o corpo da mulher passa por intensas alterações imunológicas e hormonais que podem, ocasionalmente, levar à produção de anticorpos inespecíficos. Esses anticorpos têm o potencial de reagir de forma cruzada nos testes de triagem, gerando um resultado reagente que não corresponde à presença real do vírus HIV (Soares *et al*., 2024).

Além das questões hormonais, outras condições clínicas como infecções virais agudas recentes, vacinações ou doenças autoimunes também podem confundir a análise laboratorial inicial. Carvalho *et al*. (2016) destacam que, embora a sensibilidade dos testes atuais seja próxima de 100%, a especificidade pode ser

afetada por essas reações cruzadas. No ambiente laboratorial, quando um biomédico se depara com um resultado indeterminado, ele não deve interpretar isso como uma falha do método, mas como um sinal para a aplicação de testes confirmatórios mais robustos, como o Imunoblot. Este exame detalhado permite separar o que é uma reação inespecífica do que é, de fato, uma resposta às proteínas específicas do envelope viral do HIV, garantindo que nenhuma gestante seja submetida a tratamentos antirretrovirais sem necessidade real (Rocha, 2025).

A superação dos desafios técnicos no diagnóstico passou, obrigatoriamente, pela redução drástica da chamada janela imunológica. Nos primórdios do diagnóstico, os laboratórios dependiam exclusivamente da detecção de anticorpos, o que exigia uma espera de meses após a infecção para que o exame se tornasse positivo. A introdução dos testes de quarta geração revolucionou essa dinâmica ao integrar a detecção do antígeno p24, uma proteína que aparece no sangue logo nos primeiros dias após o contágio. Conforme discutido por Castejon *et al.* (2022), essa evolução permitiu que o laboratório clínico se tornasse uma ferramenta de intervenção quase imediata. No caso de gestantes que se infectam durante o curso da gravidez, cada dia ganho na detecção significa uma chance a menos de o vírus ser transmitido ao feto, evidenciando o papel estratégico da biomedicina na proteção da vida (Castejon *et al*., 2022).

3 IMPACTO DO DIAGNÓSTICO LABORATORIAL NA PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO VERTICAL

3.1 Impacto do Diagnóstico no Pré-Natal e sua Relação Com a Prevenção

A identificação laboratorial do HIV durante a gravidez configura-se como uma das principais estratégias para evitar a transmissão vertical, pois permite reconhecer a infecção de forma antecipada e iniciar intervenções adequadas. A realização de testes no acompanhamento pré-natal possibilita que a mulher tenha acesso ao cuidado clínico e ao tratamento ainda nas fases iniciais, diminuindo de forma significativa a chance de contágio do bebê. Dessa maneira, a testagem deixa de ser apenas um procedimento técnico e passa a representar um recurso essencial para a proteção da saúde materna e infantil, contribuindo para melhores resultados clínicos (Marques *et al*., 2026).

Quanto menores os níveis virais na mãe, menores são as probabilidades de transmissão. Nesse contexto, o monitoramento por meio de exames como carga viral e contagem de linfócitos T CD4+ permite acompanhar a evolução do quadro e direcionar condutas mais seguras ao longo de todo o período gestacional (Neves *et al*., 2016). Outro ponto relevante é que a identificação precoce possibilita a adoção de medidas preventivas ainda durante o pré-natal, como o uso correto da terapia antirretroviral e o planejamento adequado do parto. Essas estratégias, quando iniciadas no momento oportuno, reduzem significativamente os riscos de infecção do bebê, demonstrando que o rastreio não apenas detecta a doença, mas também viabiliza ações efetivas de cuidado (Neves *et al*., 2016).

Além dos benefícios clínicos, a testagem durante o pré-natal contribui para o fortalecimento do vínculo entre a gestante e os serviços de saúde. Esse contato contínuo favorece o acesso à informação, o esclarecimento de dúvidas e a com-

preensão sobre a importância do tratamento, o que aumenta a adesão às recomendações. Dessa forma, a identificação antecipada também está relacionada à qualidade da assistência prestada, refletindo diretamente na redução dos casos de transmissão vertical (Cavalcante, 2020).

Estudos indicam que uma parcela considerável das gestantes descobre a infecção apenas no momento da internação para o parto, o que limita a aplicação das medidas preventivas necessárias. Em muitos desses casos, observa-se ausência ou inadequação do acompanhamento pré-natal (Pavinati *et al*., 2023). Além dos impactos clínicos, a descoberta tardia pode gerar consequências emocionais relevantes para a gestante. Receber o diagnóstico em um momento delicado pode provocar medo, insegurança e ansiedade, dificultando a aceitação da condição e a adesão ao tratamento. Nesse contexto, o suporte da equipe de saúde torna-se essencial para oferecer acolhimento, orientação e apoio emocional (Cavalcante, 2020).

3.2 O Papel da Carga Viral no Planejamento do Parto

A introdução dos testes rápidos representa um dos principais marcos nesse cenário, pois ampliou o acesso à testagem, principalmente em serviços de atenção básica e em locais com menor infraestrutura laboratorial. Esses exames oferecem resultados em curto prazo, facilitando a tomada de decisões clínicas e o início imediato do acompanhamento. Dessa forma, a descentralização da testagem permitiu alcançar um maior número de gestantes, reduzindo a quantidade de casos não identificados (ROCHA, 2025). A padronização dos fluxos de testagem nos serviços de saúde também contribui para a organização do atendimento, garantindo que todas as etapas sejam realizadas de maneira adequada. Esse conjunto de fatores fortalece a efetividade das estratégias de rastreio (ROCHA, 2025).

Outro aspecto importante está relacionado à ampliação do acesso, que também contribui para a redução do estigma e para o aumento da conscientização da população. Quando os exames se tornam mais disponíveis, as gestantes tendem a buscar os serviços de saúde com maior frequência, favorecendo a identificação precoce. Assim, os avanços tecnológicos não apenas melhoram a qualidade dos testes, mas também influenciam positivamente o comportamento em relação ao cuidado com a saúde (Rocha, 2025).

Para além do diagnóstico inicial, o papel do laboratório estende-se por todo o acompanhamento gestacional através da monitorização da carga viral por biologia molecular. Esta técnica não apenas confirma a presença do vírus, mas quantifica sua atividade no organismo. O passo a passo laboratorial para a realização do PCR exige um controle de qualidade rigoroso para evitar contaminações e garantir que o número de cópias de RNA viral reportado seja fidedigno. Segundo Cleto *et al*. (2023), o resultado desse exame é o que define a conduta obstétrica final. Quando o laboratório entrega um laudo com carga viral indetectável próximo à 34ª semana de gestação, a equipe médica tem o suporte científico necessário para planejar um parto com menor risco de exposição para o bebê (Duarte et al.,2023)

Finalmente, é indispensável que todo esse aparato tecnológico seja aplicado com um olhar humanizado e sensível às necessidades da mulher. O diagnóstico laboratorial do HIV em uma gestante não é apenas um dado técnico, mas

um divisor de águas que afeta profundamente suas emoções e seus planos de vida. Cavalcante (2020) aponta que o momento da revelação do diagnóstico exige uma comunicação clara, livre de termos complicados e carregada de empatia, explicando que a ciência hoje dispõe de todas as ferramentas para que a maternidade ocorra de forma plena e saudável (Zambenedetti; Silva, 2016; Soares *et al*., 2024).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste trabalho, foi possível compreender que o diagnóstico laboratorial do HIV possui um papel essencial na prevenção da transmissão vertical, sendo uma das principais formas de proteger a saúde da mãe e do bebê. A pesquisa mostrou que descobrir a infecção ainda no início da gestação faz toda a diferença, pois permite iniciar rapidamente o tratamento e outras medidas de prevenção que diminuem de forma significativa o risco de transmissão para a criança. Além disso, os avanços nos exames laboratoriais tornaram o diagnóstico mais rápido, seguro e eficiente, permitindo que as gestantes recebam acompanhamento adequado em tempo oportuno. Dessa maneira, os objetivos propostos neste estudo foram alcançados, evidenciando a importância da detecção precoce para reduzir os casos de transmissão vertical do HIV.

Durante o desenvolvimento da pesquisa, também ficou evidente que a transmissão vertical não depende apenas dos aspectos biológicos da doença, mas está fortemente ligada às desigualdades sociais e às dificuldades de acesso aos serviços de saúde. Muitas mulheres ainda enfrentam barreiras para realizar um pré-natal de qualidade, seja pela falta de informação, pelas condições financeiras ou até pelo medo e preconceito relacionados ao HIV. Nesse contexto, o laboratório de análises clínicas não atua somente na realização de exames, mas também como um importante aliado no cuidado e na prevenção. Assim, percebe-se que fortalecer o acesso ao diagnóstico, ampliar a assistência pré-natal e oferecer um atendimento mais acolhedor são medidas fundamentais para garantir mais segurança durante a gestação.

Por fim, conclui-se que o acompanhamento laboratorial durante toda a gravidez é indispensável para reduzir os riscos de transmissão do HIV para o recém-nascido. Exames como a carga viral permitem avaliar se o tratamento está funcionando corretamente e ajudam os profissionais de saúde a tomarem decisões mais seguras em relação ao parto e aos cuidados com o bebê. Além da tecnologia e dos avanços científicos, este estudo também mostrou a importância de um atendimento humanizado, baseado no acolhimento, na empatia e no respeito à gestante. Portanto, investir em informação, acesso à saúde e qualificação profissional é essencial para que cada vez mais mulheres tenham a oportunidade de viver a maternidade de forma segura, saudável e livre da transmissão vertical do HIV.

Referências

ARAÚJO, Maria Alix Leite et al. Vivências de gestantes e puérperas com o diagnóstico do HIV. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 61, p. 589-594, 2016.

CARVALHO, Rui Lara de et al. Teste rápido para diagnóstico da infecção pelo HIV em parturientes. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia**, v. 26, p. 325-328, 2016.

CASTEJON, Márcia Jorge; GRANATO, Celso Francisco Hernandes; DE FREITAS OLIVEIRA, Carmem Aparecida. Diagnóstico sorológico da infecção por HIV/aids no Brasil. BEPA. **Boletim Epidemiológico Paulista**, v. 19, p. 1-39, 2022.

CAVALCANTE, Maria AlmericeEspíndula da Silva et al. **O impacto do diagnóstico do HIV na gravidez ou pós parto e seus efeitos na vida das mulheres:** revisão integrativa de literatura. 2020.

CORDEIRO, Gabriel et al. HIV MULTIRRESISTENTE EM CRIANÇA COM TRANSMISSÃO VERTICAL: RELATO DE CASO E DISCUSSÃO SOBRE ADESÃO TERAPÊUTICA E MANEJO DA FALHA TERAPÊUTICA. **Anais do Momento Científico da IFMSA Brazil**, v. 63, n. 2, 2025.

DE OLIVEIRA SOARES, Elânia Cordeiro et al. Prevenção da transmissão vertical do HIV: desafios e estratégias para proteger a saúde dos bebês. **Revista Científica Integr@ção**, v. 6, n. 1, p. 868-883, 2026.

DUARTE, Fernando Hiago da Silva et al. Diagnóstico precoce da infecção por HIV/Aids: análise de conceito. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 76, p. e20220565, 2023.

FERREIRA, Brunno Elias; OLIVEIRA, Isabele Mendes; PANIAGO, Anamaria Mello Miranda. Qualidade de vida de portadores de HIV/AIDS e sua relação com linfócitos CD4+, carga viral e tempo de diagnóstico. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 15, p. 75-84, 2016.

FRAGA, Maria Helena Rocha Mendes; DE MENEZES, Ricardo Azevedo; FREIRE, Sylvia Maria Leite. Transmissão Vertical do HIV no Distrito Federal: perfil dos pacientes infectados e vulnerabilidades. **Comunicação em Ciências da Saúde**, v. 36, n. 1, 2025.

GUTERRES, Juliana Helena Rodrigues et al. BARREIRAS AO DIAGNÓSTICO PRECOCE DO HIV NA GESTAÇÃO: IMPACTO NA TRANSMISSÃO VERTICAL E ESTRATÉGIAS PARA SUA ELIMINAÇÃO. **Revista Contemporânea**, v. 5, n. 11, p. e9800-e9800, 2025.

LOPES, Bárbara Brandão et al. Epidemiologia do HIV em gestantes e sua relação com o período da pandemia de COVID-19. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 57, p. e20220339, 2023.

LORETO, Sónia; AZEVEDO-PEREIRA, José M. A infecção por HIV–importância das fases iniciais e do diagnóstico precoce. **Acta Farmacêutica Portuguesa**, v. 1, n. 2, p. 5-17, 2016.

MARQUES, Maria do Rosário Cardoso et al. Factores associados à transmissão vertical do VIH em gestantes atendidas em Luanda: Estudo multicêntrico. **Revista Científica da Clínica Sagrada Esperança**, n. Ano 18. N. 14 Fevereiro, 2026, p. 13-21, 2026.

NEVES, Matheus; DOCKHORN, Denis Marcelo Carvalho. Testes rápidos para diagnóstico de HIV: uma revisão narrativa da literatura. **Revista da Graduação**, v. 8, n. 1, 2016.

PAVINATI, Gabriel et al. O diagnóstico do HIV na atenção primária à saúde: uma revisão realista. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 47, n. 2, p. 183-198, 2023.

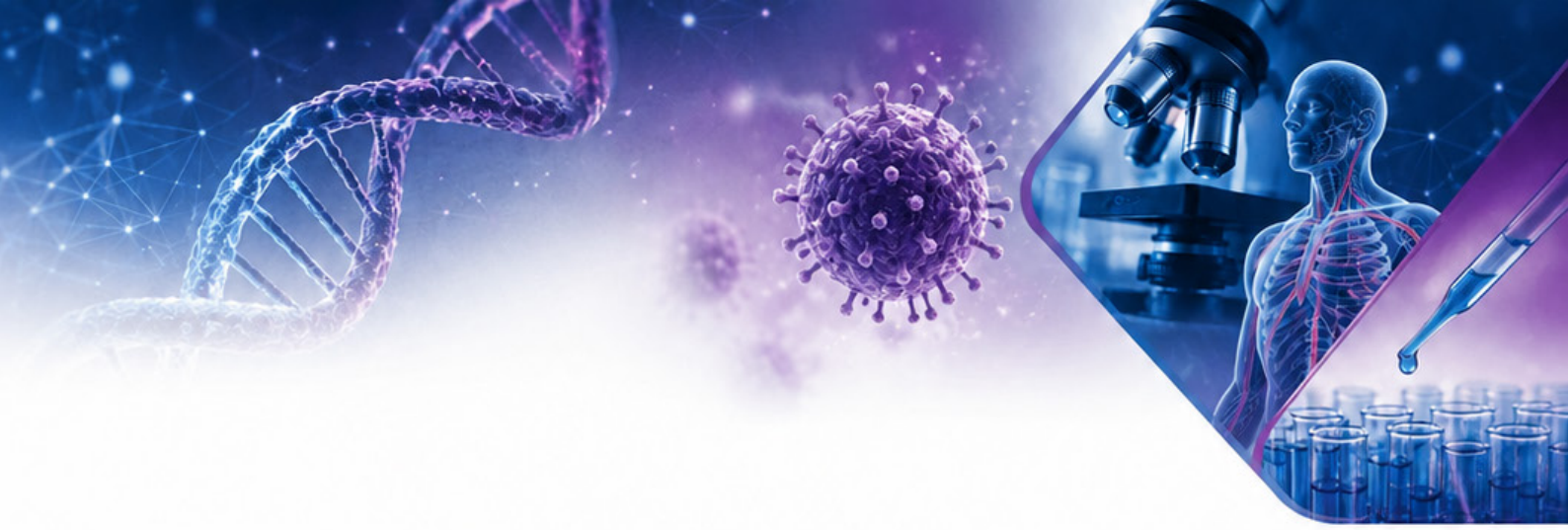
RIBEIRO, Thais Medeiros et al. DETECÇÃO E PREVENÇÃO DA TRANSMISSÃO VERTICAL DO HTLV EM GESTANTES: UMA REVISÃO INTEGRATIVA. **Revista Contemporânea**, v. 5, n. 8, p. e8950-e8950, 2025.

ROCHA, Tatiane Roberta da. **Avaliação das estratégias de diagnóstico laboratorial para o rastreio do Vírus da Imunodeficiência Humana**. 2025.

SANCHES, Dayane Rodrigues Mendes et al. O IMPACTO DO DIAGNÓSTICO DO HIV NO PRÉ-NATAL E SUAS COMPLICAÇÕES NO PARTO E PUERPÉRIO: REVISÃO INTEGRATIVA. **Brazilian Journal of Implantologyand Health Sciences**, v. 6, n. 11, p. 600-614, 2024.

SANTOS, Naila JS et al. Contextos de vulnerabilidade para o HIV entre mulheres brasileiras. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 25, n. suppl 2, p. s321-s333, 2016.

ZAMBENEDETTI, Gustavo; SILVA, Rosane Azevedo Neves da. O paradoxo do território e os processos de estigmatização no acesso ao diagnóstico de HIV na atenção básica em saúde. **Estudos de Psicologia** (Natal), v. 20, p. 229-240, 2016.



Capítulo 16

SEGURANÇA TRANSFUSIONAL: A IMPORTÂNCIA DOS PROCEDIMENTOS IMUNO-HEMATOLÓGICOS NO BANCO DE SANGUE

TRANSFUSION SAFETY: THE IMPORTANCE OF IMMUNOHEMATOLOGICAL PROCEDURES IN THE BLOOD BANK

Ana Paula Nogueira Castelo Branco[1]
Carlos Daniel Corrêa Lindoso[1]
João Paulo Lima de Souza[1]
Juliana da Silva Moraes Araújo[1]
Henison Gabriel Souza dos Santos[1]

1 Biomedicina, Faculdade de Anhanguera, São Luís-MA

Resumo

A segurança transfusional constitui um dos principais desafios nos serviços hemoterápicos, especialmente diante da complexidade envolvida na administração de sangue e seus derivados. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo discutir, por meio de uma revisão de literatura, a importância dos procedimentos imuno-hematológicos realizados em bancos de sangue para a garantia da segurança transfusional. A pesquisa caracterizou-se como qualitativa, de natureza descritiva, fundamentada na análise de produções científicas publicadas em bases de dados acadêmicas, com ênfase em estudos recentes que abordam a temática. Ao longo do desenvolvimento do trabalho, foram discutidos os principais procedimentos imunohematológicos aplicados nos serviços hemoterápicos, evidenciando sua relevância na identificação de compatibilidades sanguíneas e na prevenção de eventos adversos. Além disso, foram analisadas as contribuições desses procedimentos para a segurança transfusional, destacando-se sua atuação na redução de riscos e na qualificação do cuidado ao paciente. Por fim, foram abordados os aspectos teóricos que fundamentam a segurança transfusional, evidenciando a necessidade de integração entre práticas laboratoriais, organização institucional e atuação profissional. Os resultados indicaram que a segurança transfusional depende de um conjunto articulado de ações que envolvem precisão técnica, padronização de processos e responsabilidade dos profissionais de saúde. Conclui-se que os procedimentos imuno-hematológicos desempenham papel essencial na garantia da segurança transfusional, sendo indispensáveis para a qualidade e a confiabilidade dos serviços hemoterápicos.

Palavras-chave: Segurança Transfusional. Imuno-hematologia. Banco de Sangue. Hemoterapia. Procedimentos Laboratoriais.

Abstract

Transfusion safety represents one of the main challenges in hemotherapy services, especially due to the complexity involved in the administration of blood and its components. In this context, the present study aimed to discuss, through a literature review, the importance of immunohematological procedures performed in blood banks to ensure transfusion safety. The research was characterized as qualitative and descriptive, based on the analysis of scientific publications available in academic databases, with emphasis on recent studies related to the topic. Throughout the development of the study, the main immunohematological procedures applied in hemotherapy services were discussed, highlighting their relevance in identifying blood compatibility and preventing adverse events. In addition, the contributions of these procedures to transfusion safety were analyzed, emphasizing their role in risk reduction and in improving patient care quality. Finally, the theoretical aspects that support transfusion safety were addressed, highlighting the need for integration between laboratory practices, institutional organization, and professional performance. The findings indicated that transfusion safety depends on a set of coordinated actions involving technical precision, process standardization, and healthcare professionals' responsibility. It is concluded that immunohematological procedures play an essential role in ensuring transfusion safety and are fundamental for the quality and reliability of hemotherapy services.

Keywords: Transfusion Safety. Immunohematology. Blood Bank. Hemotherapy. Laboratory Procedures.

1 INTRODUÇÃO

A segurança transfusional constitui um dos principais pilares dos serviços hemoterápicos, sendo essencial para garantir a qualidade e a segurança das transfusões sanguíneas. Nesse contexto, os procedimentos imuno-hematológicos desempenham papel fundamental na identificação da compatibilidade entre doadores e receptores, contribuindo para a prevenção de reações transfusionais e outros eventos adversos.

Este estudo justifica-se pela necessidade de ampliar a compreensão sobre os processos que sustentam a segurança transfusional, considerando a complexidade envolvida nas práticas hemoterápicas e a crescente demanda por serviços de transfusão. Assim, buscou-se responder à seguinte questão norteadora: quais elementos são descritos na literatura científica como fundamentais nos procedimentos imuno-hematológicos realizados em bancos de sangue e de que forma esses processos contribuem para a segurança transfusional?

Dessa forma, o objetivo do estudo foi discutir, com base na literatura científica, a importância dos procedimentos imuno-hematológicos nos bancos de sangue para a garantia da segurança transfusional. Para isso, foram abordados os principais procedimentos aplicados na rotina hemoterápica, suas contribuições para a prevenção de riscos e os fundamentos teóricos que sustentam sua aplicação.

A pesquisa caracteriza-se como uma revisão bibliográfica de natureza qualitativa e descritiva, realizada por meio da análise de artigos científicos, dissertações e trabalhos acadêmicos publicados em bases de dados especializadas. Os materiais foram selecionados de acordo com critérios de relevância e pertinência ao tema, possibilitando a construção de um referencial teórico consistente acerca da segurança transfusional e dos procedimentos imuno-hematológicos.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa bibliográfica, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, desenvolvida com o objetivo de analisar a importância dos procedimentos imuno-hematológicos na garantia da segurança transfusional em bancos de sangue e serviços hemoterápicos.

A coleta de dados foi realizada por meio da consulta a produções científicas disponíveis em bases de dados acadêmicas, incluindo artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e demais publicações relacionadas à temática. Foram selecionados estudos publicados em período recente, visando garantir a atualidade e a relevância das informações analisadas.

A seleção dos materiais ocorreu com base em critérios de pertinência ao tema, relevância científica e adequação aos objetivos da pesquisa. Após a coleta, os estudos foram submetidos à leitura e análise crítica, possibilitando a organização e interpretação dos dados em categorias temáticas relacionadas aos procedimentos imuno-hematológicos, suas contribuições para a segurança transfusional e os fundamentos que sustentam sua aplicação nos serviços hemoterápicos.

A análise do conteúdo permitiu a construção de um referencial teórico consistente, fornecendo subsídios para a compreensão dos principais aspectos en-

volvidos na segurança transfusional e na atuação dos procedimentos imuno-hematológicos na prevenção de riscos e na proteção dos pacientes.

3 PROCEDIMENTOS IMUNO-HEMATOLÓGICOS EM BANCOS DE SANGUE

Os procedimentos imuno-hematológicos constituem a base da segurança transfusional nos bancos de sangue, sendo responsáveis pela identificação da compatibilidade entre doadores e receptores e pela prevenção de eventos adversos associados às transfusões. Esses procedimentos envolvem a realização, validação e interpretação de exames laboratoriais que auxiliam na tomada de decisões clínicas seguras, contribuindo para a qualidade da assistência hemoterápica (Coelho, 2024).

Entre as principais práticas destacam-se a tipagem sanguínea dos sistemas ABO e Rh, considerada etapa fundamental para a compatibilidade transfusional, e a pesquisa de anticorpos irregulares, especialmente importante em pacientes com histórico transfusional ou obstétrico. Esses testes permitem identificar incompatibilidades não detectadas pelos métodos básicos, reduzindo significativamente o risco de reações transfusionais (Conceição, 2024; Pessoa, 2025).

O avanço tecnológico também tem contribuído para o aprimoramento dos procedimentos imuno-hematológicos. Técnicas como a gel centrifugação oferecem maior sensibilidade, precisão e padronização dos resultados, aumentando a confiabilidade dos testes laboratoriais e fortalecendo a segurança transfusional (Conceição, 2024).

Além dos aspectos laboratoriais, a eficácia desses procedimentos depende da integração entre organização institucional, capacitação profissional e cumprimento dos protocolos estabelecidos. A correta interpretação dos resultados, a rastreabilidade das informações, a padronização das rotinas e a atualização científica permanente são fatores essenciais para garantir a qualidade dos serviços hemoterápicos (Queiroz *et al*., 2024; Ramos, 2023).

Dessa forma, os procedimentos imuno-hematológicos representam um elemento central nos bancos de sangue, pois integram conhecimento técnico, tecnologias diagnósticas e práticas assistenciais voltadas à proteção do paciente e à segurança transfusional (Conceição, 2024).

4 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES PARA A SEGURANÇA TRANSFUSIONAL

Os procedimentos imuno-hematológicos desempenham papel fundamental na segurança transfusional ao atuarem na prevenção de incompatibilidades sanguíneas, na identificação de riscos e na redução da ocorrência de eventos adversos relacionados à terapia transfusional. Esses procedimentos constituem barreiras técnicas que auxiliam na seleção adequada dos hemocomponentes e na proteção do receptor (Ramos, 2023).

A realização correta dos testes laboratoriais possibilita a identificação prévia de incompatibilidades e contribui para a prevenção de reações transfusionais.

Além disso, os procedimentos imuno-hematológicos integram um sistema mais amplo de controle de qualidade, colaborando para a redução do risco de transmissão de agentes infecciosos por meio das transfusões (Vieira, 2022; Seco, 2023).

Outro aspecto relevante refere-se à integração entre laboratório e assistência clínica. A comunicação eficiente entre os profissionais envolvidos, associada à conferência rigorosa das informações e ao monitoramento contínuo do paciente, fortalece a segurança do processo transfusional e reduz a possibilidade de erros (Rocha *et al*., 2023; Coelho, 2024).

A padronização dos procedimentos, a utilização de tecnologias mais sensíveis, a validação criteriosa dos resultados laboratoriais e o uso de sistemas informatizados também contribuem para aumentar a confiabilidade dos processos e minimizar falhas operacionais. Somado a isso, a análise das reações pós-transfusionais permite o aperfeiçoamento contínuo das práticas e dos protocolos adotados pelos serviços hemoterápicos (Conceição, 2024; Vieira, 2022).

Portanto, as contribuições dos procedimentos imuno-hematológicos para a segurança transfusional abrangem desde a prevenção de incompatibilidades até o fortalecimento da qualidade assistencial, evidenciando sua importância para a proteção do paciente e para a eficiência dos serviços de saúde (Coelho, 2024).

5 A SEGURANÇA TRANSFUSIONAL EM SERVIÇOS HEMOTERÁPICOS

A segurança transfusional nos serviços hemoterápicos deve ser compreendida como um sistema complexo e multifatorial, fundamentado na integração entre conhecimento científico, protocolos institucionais, tecnologias diagnósticas e práticas assistenciais. Seu objetivo principal é prevenir falhas, reduzir riscos e garantir a compatibilidade e a qualidade dos hemocomponentes utilizados nas transfusões (Pessoa, 2025).

A organização dos serviços hemoterápicos exerce papel fundamental nesse processo, especialmente por meio da definição de fluxos de trabalho, responsabilidades técnicas e protocolos padronizados. Essas estratégias favorecem a uniformização das condutas, reduzem a variabilidade dos processos e fortalecem a segurança do cuidado prestado (Queiroz *et al*., 2024).

A atuação integrada das equipes multiprofissionais também é indispensável para a segurança transfusional. A comunicação efetiva entre laboratório, enfermagem e demais profissionais da saúde permite a troca adequada de informações, a identificação precoce de inconsistências e a adoção de medidas corretivas quando necessário (Rocha *et al*., 2023).

Além disso, a segurança transfusional envolve o controle rigoroso dos hemocomponentes, incluindo as etapas de coleta, processamento, armazenamento, distribuição e monitoramento pós-transfusional. A realização de testes pré-transfusionais, a avaliação das reações adversas e a gestão adequada das informações clínicas e laboratoriais contribuem para a melhoria contínua da qualidade assistencial (Seco, 2023; Vieira, 2022; Bezerra, 2023).

Dessa forma, a literatura demonstra que a segurança transfusional resulta da integração entre procedimentos técnicos, gestão organizacional e qualificação profissional, constituindo um processo contínuo voltado à proteção do paciente e à excelência dos serviços hemoterápicos (Pessoa, 2025).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foi possível compreender, a partir da revisão de literatura, que os procedimentos imuno-hematológicos aplicados em bancos de sangue constituem elemento essencial para a organização e a segurança do processo transfusional. Observou-se que tais procedimentos não se limitam à execução de exames laboratoriais, mas envolvem um conjunto articulado de práticas que abrangem identificação, interpretação e tomada de decisões clínicas. Dessa forma, o objetivo geral foi alcançado, uma vez que a literatura permitiu discutir de maneira consistente a relevância desses procedimentos na garantia da compatibilidade sanguínea e na prevenção de riscos associados à transfusão.

No que se refere às contribuições dos procedimentos imuno-hematológicos para a segurança transfusional, verificou-se que essas práticas atuam como importantes barreiras de proteção ao paciente, reduzindo a ocorrência de eventos adversos e fortalecendo a confiabilidade dos serviços hemoterápicos. A integração entre exames laboratoriais, atuação profissional e monitoramento clínico demonstrou ser fundamental para a construção de um cuidado seguro e eficaz. Nesse sentido, os objetivos específicos relacionados à compreensão dessas contribuições também foram contemplados, evidenciando que a segurança transfusional depende de um processo contínuo, estruturado e baseado em conhecimento técnico-científico.

Por sua vez, ao abordar os aspectos teóricos da segurança transfusional em serviços hemoterápicos, constatou-se que esse campo se organiza como um sistema multifatorial, no qual práticas assistenciais, protocolos institucionais e organização dos serviços atuam de forma integrada. A análise dos estudos permitiu compreender que a segurança não decorre de uma única intervenção, mas da articulação entre diferentes elementos que sustentam o cuidado hemoterápico. Assim, conclui-se que a metodologia de revisão bibliográfica foi adequada para responder ao problema de pesquisa proposto, ao possibilitar a sistematização do conhecimento existente sobre o tema. Como perspectiva futura, sugere-se a realização de estudos que aprofundem a análise das práticas imuno-hematológicas em contextos específicos, contribuindo para o avanço da área e para o aprimoramento da segurança transfusional.

Referências

BEZERRA, Erika Augusta do Amaral Coelho; FERREIRA, Alaidistania Aparecida; PORTELA, Larissa da Cruz. Diagnóstico de enfermagem em saúde mental infantojuvenil. **Acervo Saúde**, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/377654573_Diagnostico_de_enfermagem_ em_saude_mental_infantojuvenil. Acesso em: 02 mar. 2026.

COELHO, Daniel Pureza; OLIVEIRA, Ana Carolina Donda. O enfermeiro na administração de transfusões sanguíneas: importância e responsabilidades. **Revista Saúde dos Vales**, v. 5, n. 1, 2024. Disponível em:

https://doi.org/10.61164/rsv.v5i1.2391. Acesso em: 04 mar. 2026.

CONCEIÇÃO, Adriana da Silva; OLIVEIRA, João Marcelo Alves de; FORTES, Iaci Gama. A eficácia do gel centrifugação na testagem imuno-hematológica de um hemocentro. **Revista Delos**, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.55905/delosv17n60-112. Acesso em: 06 mar. 2026.

FERREIRA, Tatiane Manoela Ribeiro Castilho. **Caracterização da prática de medicação pré ao**

transfusional em unidade de onco-hematologia e conhecimento de médicos e enfermeiros. 2018. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências da Saúde) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, 2018. Disponível em: http://bdtd.uftm.edu.br/handle/123456789/2018. Acesso em: 08 mar. 2026.

PESSOA, V. L. R.; MONTEIRO, B. S. Estratégias de gerenciamento de pacientes com anticorpos irregulares raros: desafios imuno-hematológicos e logísticos. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 47, supl. 3, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.htct.2025.105639. Acesso em: 14 mar. 2026.

QUEIROZ, M. C. *et al.* Avaliação da adesão ao protocolo institucional de reserva pré-operatória e a utilização de hemocomponentes para cirurgias eletivas em um hospital terciário. **Hematology, Transfusion and Cell Therapy**, v. 46, supl. 4, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.htct.2024.09.1628. Acesso em: 16 mar. 2026.

RAMOS, Edileuza Souza Pereira; SILVA, Marcus Vinicius Cardoso Matos. A experiência sobre uma vivência – estágio. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.51891/rease.v9i6.10356. Acesso em: 18 mar. 2026.

ROCHA, Cláudia Pereira *et al.* Hemotransfusões e a importância da equipe de enfermagem: revisão integrativa de literatura. **RECIMA21**, v. 4, n. 9, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.47820/recima21.v4i9.3928. Acesso em: 20 mar. 2026.

SECO, Isabela Gabrieli Ventura; NASCIMENTO, Julia de Santana; BIANCHI, Juliana Vieira dos Santos. **Disseminação de patógenos por meio de transfusão sanguínea: como detectar e prevenir**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Biomedicina) – Centro Universitário São Camilo, São Paulo, 2023. Disponível em: http://repo.saocamilo-sp.br:8080/jspui/handle/123456789/1553. Acesso em: 19 mar. 2026.

VIEIRA, Julia Spohr; DEXHEIMER, Geórgia Muccillo. Análise dos resultados dos testes pré-transfusionais e das reações pós-transfusionais de pacientes leucêmicos em um banco de sangue. **Revista Destaques Acadêmicos**, v. 14, n. 3, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.22410/issn.2176-3070.v14i3a2022.3127. Acesso em: 03 mar. 2026.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido hialurônico, 22-26, 28-29, 33, 39-40, 43-46, 95-104

Ácido poli-L-láctico (PLLA), 23, 27-29, 35-37, 42-43, 139

Antibiograma, 123, 147, 151-152

Antibióticos, 70-77, 79, 117-120, 122, 124-131, 148-154

Anticorpos neutralizantes, 48, 53, 55-56

Ascaridíase, 106-108, 110-111

Automedicação, 117-118, 120, 124-128, 130-131

B

Banco de sangue, 187, 193

Bioestimuladores de colágeno, 22-25, 27-29, 31-32, 35-36, 41, 43-44, 46, 134-135, 139, 142

Biofilme, 75, 118, 121-122, 124, 129-131, 149-151

Biomedicina estética, 23-25, 30-32, 41, 43-44, 46, 94-95, 97-98, 101-105, 134-137, 139-144

Biomedicina forense, 12-17, 19-21

Biossegurança, 41, 44-45, 72, 101, 134-135, 140-144, 197

C

Câncer do colo do útero, 48-52, 54-57

Carga viral, 165-166, 169-170, 172-173, 177-179, 181-182, 184-186

Colágeno, 22-46, 98, 134-135, 137, 139, 142

Consentimento informado, 134, 142

Controle de qualidade laboratorial, 157-158, 184, 191

D

Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2), 82-89, 91-93, 157-162

Diagnóstico laboratorial, 56, 72, 77-78, 89, 91, 116, 123, 157-158, 160-161, 174, 176-179, 181, 183, 186, 197

DNA forense, 14-15, 17-18, 20

E

ELISA, 55, 182
Envelhecimento cutâneo, 23, 25, 27, 30-32, 34, 41, 44-46, 100
Escherichia coli, 117-121, 124, 126-132, 146-155
Exames laboratoriais, 81-84, 86-87, 93, 157-159, 162, 180, 185, 190, 192

G

Giardíase, 106-108, 110-111
Glicemia de jejum, 82-84, 86, 88, 90-91, 93, 157-159, 161

H

Harmonização facial, 25, 44, 94-105, 134-136, 144
Hemocomponentes, 190-191, 193
Hemoglobina glicada (HbA1c), 82-83, 85-86, 90-91, 93, 157-158, 160-163
HIV/AIDS, 164-186
HPV (Papilomavírus Humano), 47-57

I

Imuno-hematologia, 187-193
Imunogenicidade, 47-50, 53-56
Infecções do trato urinário (ITUs), 118-131, 147-155

L

Longevidade, 58-62, 64, 66-68

M

MALDI-TOF, 71, 77-78
Memória imunológica, 48, 55-56

N

Neocolagênese, 23, 27, 31, 37, 42-43, 139

P

Parasitoses intestinais, 106-109, 111-116

PCR (Reação em Cadeia da Polimerase), 55, 71, 77-78, 170, 177, 181, 184

Preenchimento facial, 22-24, 26-28, 96, 100, 104, 134-135, 142

Q

Qualidade de vida, 91, 96, 98-100, 104-105, 107, 109-110, 112-114, 135, 159, 165-167, 169-173

R

Resistência antimicrobiana, 70-76, 78-80, 117-120, 124, 127-128, 130-132, 146-149, 151-155

Responsabilidade profissional, 103, 134-135

S

Saneamento básico, 110-113

Segurança transfusional, 187-192

Senescência celular, 59, 61, 64, 67

T

Telomerase, 58-69

Telômeros, 59-65, 67-69

Terapia antirretroviral (TARV), 164-174, 177-179, 181, 183

Teste oral de tolerância à glicose (TOTG), 82-83, 85-86, 91-93, 158-159, 161

Testes rápidos para HIV, 170, 177, 181, 184-186

Transmissão vertical do HIV, 176-181, 183-186

V

Vacina contra o HPV, 48-50, 52, 54-57

Vestígios biológicos, 13-19, 21

Vigilância microbiológica, 72, 77-78, 151-152

ORGANIZADORES



Breno Gleidney Silva Pires

Biomédico, com habilitação em Patologia Clínica, graduado pela Faculdade Anhanguera. Especialista em Gestão e Auditoria em Saúde e em Saúde Pública, é mestrando em Biociências Aplicadas à Saúde, desenvolvendo pesquisas na área de Microbiologia, com ênfase na atividade antimicrobiana de produtos naturais frente a microrganismos de importância clínica. Atua como docente no ensino superior nos cursos de Biomedicina, Farmácia, Enfermagem, Odontologia e Terapia Ocupacional, com experiência nas áreas de Análises Clínicas, Microbiologia, Hematologia, Bioquímica, Imunologia, Parasitologia e Urinálise. Possui experiência em gestão acadêmica e laboratorial, coordenação de estágios, projetos de extensão, monitorias e atividades de pesquisa. Exerce atividades de coordenação acadêmica e de cursos de pós-graduação na área da saúde, além de atuar como responsável técnico do Laboratório Escola de Análises Clínicas (LEAC) e na coordenação e responsabilidade técnica de laboratório de análises clínicas. Desenvolve atividades relacionadas à formação profissional, diagnóstico laboratorial, gestão da qualidade, biossegurança e integração entre ensino, pesquisa e extensão.



Pedro Henrique Cunha Fontenelle

Biomédico, especialista em Hematologia Clínica e Banco de Sangue e pós-graduado em Imunologia Básica e Avançada. Mestre em Saúde e Meio Ambiente, com ênfase em fungos patogênicos, e doutor em Biodiversidade e Biotecnologia, com estudos voltados às micoses tropicais sistêmicas e oportunistas. Possui formação direcionada às áreas de análises clínicas, hematologia, imunologia, microbiologia e saúde.



Flávia Mendonça Lima Batista

Farmacêutica-bioquímica, doutoranda em Biotecnologia pela Rede BIONORTE e mestre em Saúde do Adulto pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde do Adulto da Universidade Federal do Maranhão (PPGSAD/UFMA). Especialista em Farmacologia Clínica pelo CRF/MA. Atua como Diretora-Geral do Laboratório Central do Município de São Luís (LACEM/SEMUS) e como docente em cursos de graduação e pós-graduação, com atuação nas áreas de Farmácia e Análises Clínicas.

ORGANIZADORES



Rosália dos Santos Rodrigues

Farmacêutica graduada pela Faculdade Pitágoras, especialista em Farmácia Clínica e Prescrição Farmacêutica e possui MBA em Liderança e Coaching na Gestão de Pessoas. Possui experiência profissional nas áreas de Farmácia Hospitalar, Farmácia Comercial e Gestão, articulando conhecimentos técnico-científicos à visão estratégica, liderança e gestão de equipes no âmbito dos serviços farmacêuticos.



Fronteiras da Ciência Biomédica – Volume 1 **reúne estudos que evidenciam a amplitude e a relevância contemporânea da Biomedicina na pesquisa, no diagnóstico e na promoção da saúde. A obra aborda temas como biomedicina forense, estética, envelhecimento, imunização contra o HPV, resistência antimicrobiana, diabetes, parasitoses, HIV/AIDS e segurança transfusional. Ao integrar conhecimentos laboratoriais, clínicos e tecnológicos, os capítulos destacam a atuação estratégica do biomédico diante dos desafios atuais da saúde. Uma contribuição acadêmica voltada à formação, atualização profissional e reflexão científica.**

ISBN 978-65-84364-63-9

EDITORA NOVUS
LIVROS ACADÊMICOS