REVISTA TÓPICOS
ISSN 2965-6672 | Qualis A2

USO INADEQUADO DE ANTIBIÓTICOS E SELEÇÃO DE BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES: MECANISMOS DE RESISTÊNCIA E IMPORTÂNCIA DO DIAGNÓSTICO MICROBIOLÓGICO

INAPPROPRIATE USE OF ANTIBIOTICS AND SELECTION OF MULTIDRUGRESISTANT BACTERIA: RESISTANCE MECHANISMS AND THE IMPORTANCE OF MICROBIOLOGICAL DIAGNOSIS

Ciências da Saúde • 06/11/2026

REGISTRO DOI: 10.70773/revistatopicos/793935380

Jennifer Izabella dos Santos Lopes[1]

Talyssa Alfaia Peres[2]

Vinícius Melo de Souza Queiroz[3]

Gabriel Fernandes de Lima[4]

Gabriel de Oliveira Rezende[5]

RESUMO

A resistência aos antimicrobianos representa uma ameaça crescente à saúde pública, pois compromete o tratamento de infecções bacterianas e amplia a complexidade assistencial. O uso inadequado de antibióticos, incluindo prescrição sem indicação, escolha incorreta, doses inapropriadas e automedicação, intensifica a pressão seletiva e favorece a disseminação de bactérias multirresistentes. Este estudo teve como objetivo analisar a relação entre o uso inadequado de antibióticos e a seleção de bactérias resistentes, destacando os principais mecanismos de resistência, as espécies de maior relevância clínica e a importância do diagnóstico microbiológico e da atuação biomédica. Foi realizada uma revisão integrativa da literatura, de caráter descritivo e abordagem qualitativa, com análise documental de fontes oficiais. A busca ocorreu nas bases PubMed, SCIELO e BVS, priorizando publicações entre 2023 e 2025, além de documentos institucionais. Foram incluídos 16 estudos, organizados em categorias temáticas. Os resultados evidenciaram que a resistência bacteriana é multifatorial e envolve inativação enzimática, alteração do alvo, redução da permeabilidade, bombas de efluxo, biofilmes e transferência horizontal de genes. Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa e Staphylococcus aureus destacaram-se pela resistência a múltiplas classes. O diagnóstico microbiológico, por meio da identificação do agente e do teste de suscetibilidade, mostrou-se essencial para orientar a terapia, reduzir o uso empírico e fortalecer a vigilância. Conclui-se que o enfrentamento da resistência exige.

Palavras-Chaves: Resistência antimicrobiana; Antibióticos; Bactérias multirresistentes; Diagnóstico microbiológico; Saúde Única.

ABSTRACT

Antimicrobial resistance is an important public health problem that can reduce treatment effectiveness and make the control of bacterial infections more difficult. The inappropriate use of antibiotics contributes to the selection and spread of resistant bacteria. The main resistance mechanisms include enzymatic inactivation, alteration of pharmacological targets, reduced cellular permeability, efflux pumps, and biofilm formation. Bacteria such as Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa, and Staphylococcus aureus are clinically relevant due to their resistance to different antimicrobials. This study aimed to analyze the relationship between inappropriate antibiotic use and bacterial resistance, highlighting its main mechanisms, multidrug-resistant bacteria, and the importance of microbiological diagnosis. This is an integrative literature review with a descriptive and qualitative approach, combined with documentary analysis of official sources. Scientific articles and institutional documents related to antibiotic use, bacterial resistance, and microbiological diagnosis were analyzed, prioritizing publications from 2023 to 2025. The findings demonstrated that bacterial resistance is multifactorial and may occur through different mechanisms, making infection treatment more difficult. Microbiological diagnosis, through microorganism identification and antimicrobial susceptibility testing, is essential to guide appropriate treatment and strengthen epidemiological surveillance. It is concluded that addressing bacterial resistance requires an integrated approach, involving rational use of antibiotics, laboratory diagnosis, surveillance, infection prevention and control, research, and One Health.

Keywords: Antimicrobial resistance; Antibiotics; Multidrug-resistant bacteria; Microbiological diagnosis; One Health.

1. INTRODUÇÃO

Os antibióticos estão entre os maiores avanços da medicina moderna. Desde sua introdução na prática clínica, esses medicamentos reduziram de maneira expressiva a mortalidade associada a diversas infecções bacterianas e permitiram procedimentos médicos que dependem de prevenção e tratamento eficazes. Entretanto, o uso desses fármacos passou a ser acompanhado por um problema cada vez mais evidente: a resistência aos antimicrobianos (OMS, 2025).

Esse fenômeno é frequentemente descrito na literatura como uma "pandemia silenciosa", que ameaça a eficácia de praticamente todos os antimicrobianos disponíveis e exige ações urgentes em escala global (Santos, 2025).

A resistência aos antimicrobianos ocorre quando microrganismos deixam de responder adequadamente aos medicamentos utilizados contra eles. No caso das bactérias, a resistência pode resultar de alterações genéticas, aquisição de genes de resistência ou seleção de populações capazes de sobreviver à exposição ao antibiótico. Esse fenômeno representa uma ameaça à saúde pública por comprometer tratamentos e procedimentos médicos que dependem da eficácia dos antimicrobianos (ANVISA, 2024).

O cenário atual demonstra que a resistência bacteriana não se trata apenas de uma possibilidade para o futuro. Dados globais de vigilância reunidos pela OMS em 2025, com mais de 23 milhões de casos bacteriologicamente confirmados, indicaram que aproximadamente uma em cada seis infecções bacterianas confirmadas em laboratório apresentou resistência aos antibióticos

em 2023. A pesquisa e a vigilância são fundamentais para compreender a dimensão do problema e orientar estratégias de enfrentamento (OMS, 2025; FIOCRUZ, 2026).

O uso inadequado de antibióticos representa um dos fatores modificáveis mais importantes nesse processo. A utilização quando não são necessários, a automedicação, a escolha inadequada do medicamento, o uso de doses incorretas e a utilização sem avaliação clínica e laboratorial adequada podem aumentar a pressão seletiva sobre as populações bacterianas. Entretanto, a resistência também está relacionada à assistência à saúde, às condições de saneamento, ao ambiente e à circulação de pessoas e animais (ANVISA, 2024; BRASIL, 2026).

A seleção ocorre porque as populações bacterianas apresentam diversidade genética. Quando um antibiótico é utilizado, bactérias suscetíveis podem ser eliminadas ou ter seu crescimento reduzido, enquanto aquelas que apresentam características de resistência podem sobreviver. Em condições favoráveis, esses sobreviventes se multiplicam e podem transmitir seus genes para descendentes ou, em determinadas situações, para outras bactérias, contribuindo para a disseminação da resistência (FIOCRUZ, 2026; ANVISA, 2024).

Entre os principais mecanismos de resistência estão a produção de enzimas que inativam antimicrobianos, a alteração ou proteção do alvo farmacológico, a redução da permeabilidade da célula, a atuação de bombas de efluxo e a formação de biofilmes. Além disso, genes de resistência podem estar presentes em elementos genéticos móveis, como plasmídeos, transposons e integrons, facilitando sua disseminação entre bactérias (ANVISA, 2024). A compreensão detalhada desses mecanismos moleculares de escape

bacteriano é fundamental para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas (Santos, 2025).

A importância clínica desses mecanismos é observada em bactérias como Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa e Staphylococcus aureus, entre outras. Algumas linhagens podem apresentar resistência simultânea a diversas classes de antimicrobianos, reduzindo as opções terapêuticas disponíveis e tornando o tratamento das infecções mais complexo (OMS, 2024; FIOCRUZ, 2026).

Esses patógenos, agrupados sob a sigla ESKAPE, são os principais responsáveis por infecções associadas à assistência à saúde e exigem estratégias inovadoras, como o desenvolvimento de vacinas e novas plataformas terapêuticas, incluindo tecnologias de mRNA e vesículas de membrana externa (Hetta et al., 2025).

No Brasil, o enfrentamento da resistência antimicrobiana envolve o Ministério da Saúde, a ANVISA, laboratórios de saúde pública, serviços de saúde, universidades e instituições de pesquisa. A vigilância e o controle são importantes para acompanhar a circulação de microrganismos resistentes e fortalecer medidas de prevenção, considerando a relação entre saúde humana, animal e ambiental dentro da perspectiva de Saúde Única (ANVISA, 2024; BRASIL, 2026).

A pesquisa científica também possui papel central nesse enfrentamento. Na Fiocruz, o Instituto Oswaldo Cruz mantém o Laboratório de Bacteriologia Aplicada à Saúde Única e Resistência Antimicrobiana, com pesquisas relacionadas a mecanismos moleculares, genes de resistência, epidemiologia, biofilmes,

resistência em animais e ambientes e alternativas terapêuticas. Essas ações contribuem para ampliar o conhecimento sobre a resistência e sua disseminação (FIOCRUZ, 2026).

O diagnóstico microbiológico, portanto, deixa de ser apenas uma etapa complementar da assistência. Ele contribui para identificar o agente causador da infecção, verificar sua suscetibilidade aos antimicrobianos e produzir informações capazes de orientar a terapia e a vigilância. A utilização de métodos laboratoriais adequados pode reduzir a dependência de tratamentos empíricos prolongados e favorecer o uso mais racional dos medicamentos (ANVISA, 2024).

Para a Biomedicina, o tema apresenta relevância direta. A atuação em microbiologia, análises clínicas, biologia molecular e pesquisa coloca o profissional biomédico em uma posição importante dentro da rede de enfrentamento da resistência. A qualidade do resultado laboratorial depende de processos que envolvem coleta, transporte, processamento, identificação, controle de qualidade, interpretação e comunicação adequada dos resultados (CFBM, 2026).

No entanto, a prática profissional ainda enfrenta desafios significativos, como a falta de infraestrutura adequada, o alto custo dos testes e a carência de pessoal qualificado, barreiras que precisam ser superadas para garantir a plena atuação do biomédico na vigilância epidemiológica (Huang; Eze, 2023).

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo geral analisar a relação entre o uso inadequado de antibióticos e a resistência bacteriana. De modo específico, busca-se identificar bactérias multirresistentes de relevância clínica e epidemiológica;

analisar a importância dos métodos microbiológicos na identificação da resistência bacteriana e no direcionamento do tratamento; e analisar o papel do biomédico no contexto do combate à resistência bacteriana.

2. METODOLOGIA

Trata-se de um estudo descritivo, tipo revisão integrativa da literatura, que tem por finalidade sintetizar conhecimentos científicos sobre um tema específico, permitindo uma análise multifacetada dos fenômenos estudados, além de apontar lacunas existentes e que podem ser preenchidas com a realização de novas pesquisas (Sousa et al., 2018).

Para a condução desta revisão, adotou-se o método de Ganong (1987), adaptado por Mendes, Silveira e Galvão (2008), que consiste em seis etapas sequenciais, descrito abaixo.

Na primeira etapa deste estudo, procedeu-se à elaboração da pergunta norteadora, fundamentada na estratégia PICo. Nesta estrutura, P (População): pacientes com infecções bacterianas e cepas bacterianas de relevância clínica; I (Fenômeno de interesse): uso de antibióticos, resistência antimicrobiana (RAM), diagnóstico microbiológico e atuação profissional biomédica; Co (Contexto): serviços de saúde, laboratórios de microbiologia clínica e o panorama de Saúde Única (One Health).

Assim, formulou-se a seguinte questão norteadora: "Qual é a relação entre o uso inadequado de antibióticos e a seleção de bactérias multirresistentes, e qual a importância do diagnóstico microbiológico e da atuação biomédica nesse contexto?"

Na segunda etapa, procedeu-se à seleção amostral mediante a aplicação de critérios de inclusão e exclusão predefinidos. Foram incluídos artigos publicados nos últimos anos (2023 a 2025), nos idiomas: português, inglês e espanhol, indexados nas bases PubMed, SCIELO e Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), que abordassem a temática proposta com rigor científico. Os critérios de exclusão consistiram em: artigos em outros idiomas, publicações fora do período estabelecido, estudos duplicados, resumos simples/anais de eventos e aqueles não diretamente relacionados com o objeto de estudo.

A estratégia de busca descrita na Tabela 1 utilizou descritores e palavras-chave; além dos operadores booleanos "AND" e "OR" para otimizar a recuperação de estudos relevantes; O processo de seleção; conduzido conforme o protocolo PRISMA (Figura 1); resultou na inclusão de 16 estudos (14 artigos científicos e 2 documentos institucionais oficiais) para síntese posterior.

Tabela 1. Estratégia de busca usada para pesquisa dos estudos.

Base de dados	Estratégia de busca
BVS	(tw:(("Resistência Bacteriana" OR "Farmacorresistência Bacteriana" OR "Antimicrobial Resistance" OR "Drug Resistance, Bacterial"))) AND (tw:(("Antibióticos" OR "Antibacterianos" OR "Anti-Bacterial Agents" OR "Uso de Medicamentos"))) AND (tw:(("Bactérias Multirresistentes" OR "Diagnóstico Microbiológico" OR "Testes de Sensibilidade Microbiana" OR "Biomedicina")))
SCIELO	(Resistência bacteriana OR resistência antimicrobiana) AND (antibióticos OR uso inadequado) AND (bactérias multirresistentes OR diagnóstico microbiológico OR biomédico)

PUBMED	(("Drug Resistance, Bacterial"[Mesh] OR "antimicrobial resistance"[tiab] OR "bacterial resistance"[tiab] OR "multidrug-resistant"[tiab]) AND ("Anti-Bacterial Agents"[Mesh] OR "antibiotics"[tiab] OR "antibiotic use"[tiab]) AND ("Microbial Sensitivity Tests"[Mesh] OR "microbiological diagnosis"[tiab] OR "diagnostic"[tiab] OR "biomedical"[tiab])) AND ("2023"[dp] : "2025"[dp])

Fonte: Os próprios autores, 2026.

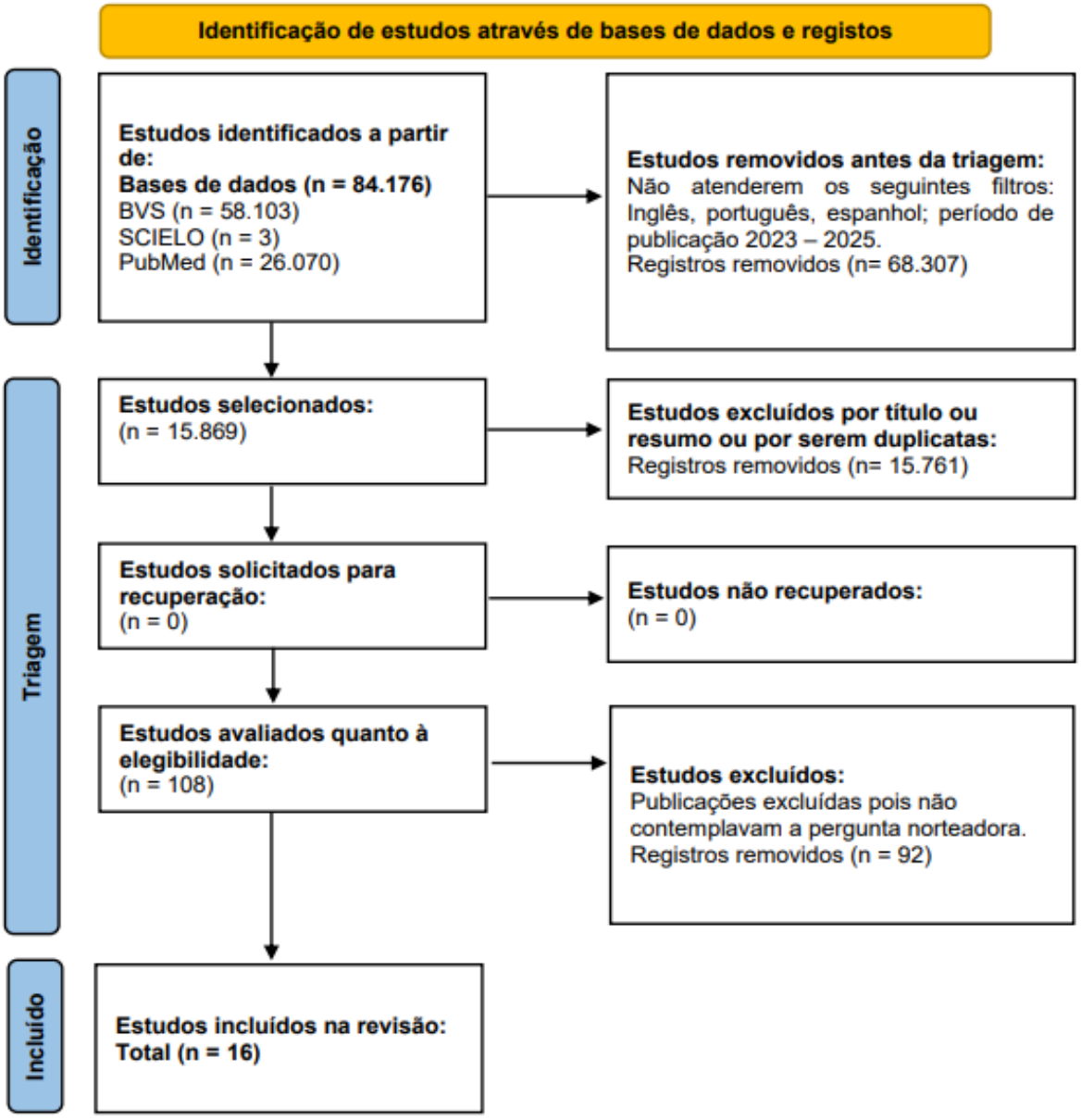
A terceira etapa envolveu a análise crítica dos estudos selecionados, avaliando-se a relevância, o nível de evidência, ano de publicação, metodologia, objetivos e resultados. Os artigos foram organizados em categorias temáticas (Cenário Global, Panorama Brasileiro, Mecanismos de Resistência, Bactérias Multirresistentes, Diagnóstico Microbiológico e Atuação do Biomédico) para facilitar a visualização e classificação dos resultados.

Na quarta etapa, realizou-se uma leitura exaustiva e interpretação crítica do conteúdo dos artigos incluídos. Esta fase permitiu identificar os principais eixos de atuação do biomédico e os desafios do diagnóstico microbiológico frente à RAM. A análise comparativa dos achados possibilitou a síntese das evidências e a identificação de padrões temáticos relevantes.

A quinta etapa consistiu na interpretação e discussão dos resultados, com base nas categorias temáticas identificadas. Os estudos foram analisados de forma discursiva e comparativa, permitindo a integração dos achados e a elaboração de inferências sobre a atuação profissional e o uso racional de antimicrobianos no contexto investigado.

Na sexta etapa mostram-se os resultados da RIL, de forma discursiva e comparativa, demonstrando a síntese dos artigos incluídos. Todas as etapas percorridas permitiram um entendimento abrangente e aprofundado dos resultados obtidos, contribuindo para a valorização das evidências científicas sobre o tema.

Figura 1. Fluxograma Prisma usado na busca e seleção dos estudos



Fonte: Elaborado pelos autores com base no modelo PRISMA 2020.

3. RESULTADOS

3.1. Classificação dos Estudos Incluídos

Inicialmente, mediante análise das produções identificadas, elegeram-se 16 artigos para desenvolver um tema mais delimitado. Visando o ótimo uso dos dados, os achados provenientes da revisão integrativa foram compilados descritivamente no quadro 1, destacando os aspectos mais significativos para a pesquisa atual.

Quadro 1. Caracterização das pesquisas selecionadas.

Nº	Autor/Ano	Título	Tipo de Estudo	Principais Resultados
1	WHO, 2025	Global antibiotic resistance surveillance report 2025	Relatório institucional de vigilância global	Analisou mais de 23 milhões de casos em 104 países; 1 em cada 6 infecções bacterianas confirmadas apresentou resistência em 2023.
2	Marino et al., 2025	The Global Burden of Multidrug-Resistant Bacteria	Revisão Narrativa	Aumento de 43% nas infecções por MDR globalmente; crescimento anual de 5% a 15% em mais de 40% das combinações patógeno-antibiótico (2018-2023).
3	Brasil, 2026	Plano de Ação Nacional de Prevenção e	Documento institucional	Abordagem de Saúde Única; integração

		Controle da Resistência aos Antimicrobianos no Âmbito de Uma Só Saúde 2026-2030	l (Plano de Ação)	entre vigilância, diagnóstico e serviços; plataforma VigiRAM e atuação da ANVISA/Ministério da Saúde.
4	Silva et al., 2023	Geographical variation in antimicrobial use and multiresistant pathogens in Brazilian intensive care units: a nationwide study	Estudo transversal (análise nacional)	Heterogeneidade regional significativa no uso de antimicrobianos e na prevalência de patógenos MDR em UTIs brasileiras.
5	Nusrat et al., 2025	Mechanisms of antimicrobial resistance: From genetic evolution to clinical manifestations	Revisão de Literatura (Review)	Detalha os mecanismos (inativação enzimática, alteração do alvo, efluxo e biofilme) e evidencia o impacto clínico e a evolução genética da RAM.
6	Santos, 2025	Resistência antimicrobiana e mecanismos moleculares de escape bacteriano	Revisão Integrativa da Literatura	Identificou como principais mecanismos a produção de β-lactamases, alteração de alvos, bombas

				de efluxo, biofilmes e transferência horizontal.
7	Zheng et al., 2025	The mechanisms of antibiotic resistance and drug resistance transmission of Klebsiella pneumoniae	Revisão de Literatura (Review)	Foco em *K. pneumoniae*: produção de ESBLs, KPC e NDM, formação de biofilmes e disseminação de genes via plasmídeos conjugativos.
8	Saini et al., 2025	Revisiting the Metallo-β-Lactamase-Mediated Antibiotic Resistance	Revisão de Literatura (Review Article)	Foco em metalo-β-lactamases (NDM e VIM): dependem de zinco, hidrolisam carbapenêmicos e não são inibidas por inibidores clássicos.
9	Hetta et al., 2025	Taming Superbugs: Current Progress and Challenges in Combating ESKAPE Pathogens	Revisão de Literatura (Review)	Aborda os patógenos ESKAPE (*K. pneumoniae, E. coli, A. baumannii, P. aeruginosa, S. aureus*) e a resistência simultânea a múltiplas classes.

10	Scoffone et al., 2025	The Evolution of Antimicrobial Resistance in Acinetobacter baumannii and New Strategies to Fight It	Revisão de Literatura (Review)	Foco em *A. baumannii*: plasticidade genética, aquisição de ilhas de resistência e resistência frequente a carbapenêmicos.
11	Ramatla et al., 2025	Global prevalence and antibiotic resistance profiles of carbapenem-resistant Pseudomonas aeruginosa	Revisão Sistemática com Meta-análise	Estimou prevalência global de 34,7% de *P. aeruginosa* resistente a carbapenêmicos (CRPA), com altas taxas de multirresistência em UTIs.
12	Singla et al., 2025	Enhancing Bloodstream Infection Management: A Systematic Review of Rapid Diagnostic Tests	Revisão Sistemática	Integração de testes rápidos (PCR, MALDI-TOF) com programas de *stewardship* otimiza o uso de antibióticos e melhora desfechos clínicos.
13	Hu et al., 2025	High-throughput clinical antimicrobial susceptibility testing and drug-resistant	Estudo experimental comparativo	Testes de alta sensibilidade (método EZMTT) detectam subpopulações bacterianas

		subpopulation detection in Gram-negative bacteria		resistentes que passam despercebidas por métodos tradicionais.
14	Ardila et al., 2024	Integrating whole genome sequencing and machine learning for predicting antimicrobial resistance in critical pathogens	Revisão Sistemática	A integração do sequenciamento de genoma completo (WGS) com aprendizado de máquina (IA) prediz a resistência de forma rápida e precisa.
15	Gomes et al., 2025	Resistência Bacteriana E O Papel Dos Biomédicos Na Vigilância Epidemiológica	Artigo de Revisão	Evidencia o papel do biomédico na cadeia de diagnóstico laboratorial, na educação continuada e na promoção do uso racional de antimicrobianos.
16	Huang; Eze, 2023	Awareness and Knowledge of Antimicrobial Resistance... among Medical Laboratory Scientists	Estudo transversal	Profissionais de laboratório possuem conhecimento sobre RAM, mas enfrentam barreiras estruturais (custo, infraestrutura,

				falta de pessoal) para realizar testes.

Fonte: Os próprios autores, 2026.

3.2. Cenário Global da Resistência Antimicrobiana

Os dados mais recentes disponibilizados pela OMS reforçam a dimensão mundial da resistência. O relatório global de vigilância publicado em 2025 utilizou informações de 104 países e analisou mais de 23 milhões de casos bacteriologicamente confirmados. Em 2023, aproximadamente uma em cada seis infecções bacterianas confirmadas em laboratório apresentou resistência ao tratamento aos antibióticos. (WHO, 2025).

Os indicadores demonstram a dimensão internacional do problema e evidenciam que a resistência já é observada em parcela relevante das infecções bacterianas confirmadas. O aumento da resistência em mais de 40% das combinações acompanhadas reforça a necessidade de vigilância contínua. (Marino et al., 2025).

Tabela 2. Indicadores globais de resistência antimicrobiana.

Indicador	**Resultado**
Casos bacteriologicamente confirmados analisados	Mais de 23 milhões
Países incluídos na análise	104
Infecções resistentes em 2023	Aproximadamente 1 em cada 6

Combinações patógeno-antibiótico com aumento da resistência (2018–2023)	Mais de 40%

Fonte: WHO, 2025.

A OMS também identificou crescimento da resistência em mais de 40% das combinações de patógenos e antibióticos acompanhadas entre 2018 e 2023. Nas combinações que apresentaram crescimento, a elevação média anual ficou, em diferentes contextos, na faixa de 5% a 15%. Esses resultados mostram que a pressão seletiva e a circulação de microrganismos resistentes continuam ocorrendo em diferentes regiões do mundo. (Marino et al., 2025).

3.3. Panorama Brasileiro

No Brasil, a resistência antimicrobiana é acompanhada por diferentes estratégias de vigilância e controle. O Ministério da Saúde aborda o problema dentro de uma perspectiva de Saúde Única, enquanto a ANVISA atua no fortalecimento da vigilância das infecções relacionadas à assistência à saúde e na avaliação da capacidade dos laboratórios de microbiologia clínica, conforme evidenciado em 2024 (BRASIL, 2026).

A magnitude do problema no território nacional pode ser observada em dados epidemiológicos recentes. Um estudo nacional que analisou dados de 1.836 Unidades de Terapia Intensiva (UTIs) brasileiras entre 2013 e 2020 evidenciou que os principais patógenos causadores de infecções de corrente sanguínea são Klebsiella pneumoniae resistente a cefalosporinas e carbapenêmicos, Acinetobacter baumannii e MRSA (Silva et al., 2023).

O estudo aponta ainda tendências alarmantes de crescimento, como o aumento de 120,5% nas infecções por Pseudomonas aeruginosa resistente a carbapenêmicos na região Norte e de 19,3% nas infecções por VRE (Enterococcus faecium resistente à vancomicina) no país. Além disso, o Meropenem foi o antimicrobiano mais consumido nessas unidades (DDD = 5.860,2), o que reforça a pressão seletiva sobre as bactérias (Silva et al., 2023).

Diante desse cenário, a organização das ações brasileiras depende da integração entre vigilância, diagnóstico e serviços de saúde. A plataforma VigiRAM, desenvolvida com participação do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz, do Ministério da Saúde e do Laboratório Central de Saúde Pública do Paraná, representa um exemplo concreto dessa articulação, reunindo informações para a prevenção e controle da RAM (BRASIL, 2026).

Para reverter esse quadro, o Plano de Ação Nacional (PAN-BR 2026-2030) estabelece metas ousadas, como a redução de 10% na mortalidade por RAM e a ampliação para 70% do uso de antibióticos da classe "Acesso" (de primeira escolha e menor risco) até 2030 (BRASIL, 2026). Esses dados demonstram que o Brasil possui não apenas um cenário desafiador, mas também um arcabouço técnico e político em construção para conter a resistência bacteriana.

3.4. Mecanismo de Resistência

A resistência bacteriana pode ocorrer por diferentes mecanismos, que podem atuar de forma isolada ou simultânea. Esses mecanismos interferem na chegada do antimicrobiano ao seu alvo, na capacidade do fármaco de exercer sua ação ou na sobrevivência da bactéria diante da exposição. Compreender esses mecanismos é

fundamental para orientar a escolha terapêutica e para o desenvolvimento de estratégias de controle. (Nusrat et al., 2025).

Entre os principais mecanismos descritos na literatura estão a inativação enzimática, a alteração ou proteção do alvo farmacológico, a redução da permeabilidade da membrana celular, a atuação de bombas de efluxo e a formação de biofilmes (Santos, 2025).

A inativação enzimática ocorre quando a bactéria produz enzimas capazes de degradar ou modificar o antimicrobiano antes que ele atinja seu alvo, como ocorre com as β-lactamases, incluindo as β-lactamases de espectro estendido (ESBL) e as carbapenemases. A alteração do alvo envolve modificações estruturais no local de ação do medicamento, reduzindo sua afinidade pelo fármaco. A redução da permeabilidade limita a entrada do antimicrobiano na célula, enquanto as bombas de efluxo expulsam ativamente o medicamento do interior celular. Já a formação de biofilmes organiza as bactérias em comunidades protegidas por uma matriz extracelular, aumentando a tolerância aos antimicrobianos e dificultando sua eliminação. (Saini et al., 2025).

Além desses mecanismos, a transferência horizontal de genes de resistência desempenha papel central na disseminação da resistência entre bactérias. Genes de resistência podem estar presentes em elementos genéticos móveis, como plasmídeos, transposons e integrons, facilitando sua propagação entre diferentes espécies bacterianas, inclusive entre bactérias comensais e patogênicas. Esse processo acelera a disseminação da resistência em ambientes hospitalares e comunitários, ampliando o desafio terapêutico. (Zheng et al., 2025).

Tabela 3. Principais mecanismos de resistência bacteriana

Mecanismo	Como contribui para a resistência
Inativação enzimática	A bactéria produz enzimas capazes de degradar ou modificar o antimicrobiano.
Alteração do alvo	O local de ação do medicamento é modificado ou protegido.
Redução da permeabilidade	A entrada do antimicrobiano na célula é reduzida.
Bombas de efluxo	O medicamento é ativamente expulso da célula.
Biofilme	A organização em comunidades protegidas aumenta a tolerância e dificulta a ação dos antimicrobianos.
Transferência horizontal	Genes de resistência podem ser transferidos entre bactérias.

Fonte: Síntese elaborada pelo os próprios autores a partir da literatura científica e de documentos técnicos de microbiologia, 2026.

A diversidade de mecanismos explica por que uma mesma bactéria pode apresentar resistência a diferentes classes de antimicrobianos. A combinação de múltiplos mecanismos em um mesmo isolado pode aumentar significativamente a dificuldade de tratamento, reduzir as opções terapêuticas disponíveis e favorecer a seleção de linhagens multirresistentes, tornando o manejo clínico mais complexo e oneroso. (Saini et al., 2025).

3.5. Bactérias Multirresistentes

A presença de bactérias multirresistentes de relevância clínica, como Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa e Staphylococcus aureus, reforça a necessidade de diagnóstico microbiológico confiável. Essas espécies, amplamente reconhecidas dentro do grupo ESKAPE, apresentam mecanismos distintos e podem apresentar resistência simultânea a várias classes de antimicrobianos, reduzindo drasticamente as opções terapêuticas disponíveis (Hetta et al., 2025).

A situação é particularmente alarmante para patógenos Gram-negativos. K. pneumoniae é um dos principais agentes de infecções hospitalares, destacando-se pela produção de ESBLs (β-lactamases de espectro estendido) e carbapenemases (como KPC e NDM), além de sua capacidade de formar biofilmes e disseminar genes de resistência via plasmídeos conjugativos (Zheng et al., 2025). Já Acinetobacter baumannii destaca-se pela sua plasticidade genética e capacidade de adquirir elementos móveis (ilhas de resistência), tornando-se frequentemente resistente a carbapenêmicos e a outras classes de última linha (Scoffone et al., 2025).

No caso de Pseudomonas aeruginosa, uma meta-análise global recente estimou uma prevalência de 34,7% de cepas resistentes a carbapenêmicos (CRPA), com altas taxas de resistência a múltiplas drogas, especialmente em ambientes de UTI (Ramatla et al., 2025). A identificação precoce e a determinação do perfil de suscetibilidade desses patógenos são essenciais para orientar a terapia e conter a disseminação de linhagens resistentes.

Tabela 4. Bactérias multirresistentes de relevância clínica e relação com diagnóstico.

Bactéria	Mecanismos/perfis de resistência de relevância	Importância para o diagnóstico
Klebsiella pneumoniae	ESBL e carbapenemases, entre outros mecanismos	Identificação e teste de suscetibilidade auxiliam na escolha terapêutica e vigilância.
Escherichia coli	ESBL e resistência a diferentes classes	Permite caracterizar o perfil de suscetibilidade do isolado.
Acinetobacter baumannii	Resistência a múltiplas classes, incluindo carbapenêmicos	Ajuda a reconhecer perfis resistentes.
Pseudomonas aeruginosa	Alterações de permeabilidade, efluxo e enzimas, entre outros	Perfil de suscetibilidade é importante diante de opções terapêuticas limitadas.
Staphylococcus aureus	Alterações de alvo e resistência a diferentes antimicrobianos	Identificação e testes de suscetibilidade apoiam o manejo da infecção.

Fonte: Síntese elaborada pelo os próprios autores a partir da literatura científica e de documentos técnicos, 2026.

3.6. Diagnóstico Microbiológico

O diagnóstico microbiológico representa uma etapa essencial para o enfrentamento da resistência bacteriana. De forma geral, o processo pode envolver coleta adequada da amostra, transporte, cultura, identificação do microrganismo, teste de suscetibilidade aos antimicrobianos e interpretação dos resultados. Cada uma dessas etapas exige padronização técnica e controle de qualidade, pois falhas em qualquer ponto da cadeia podem comprometer o resultado final e, consequentemente, a conduta clínica (Singla et al., 2025).

A identificação do agente e de seu perfil de suscetibilidade permite reduzir a incerteza terapêutica e direcionar o tratamento de forma mais precisa. Em determinadas situações, métodos automatizados e técnicas moleculares podem acelerar a identificação ou detectar genes e mecanismos específicos de resistência, contribuindo para decisões terapêuticas mais rápidas e eficazes. A escolha do método depende da amostra, do microrganismo suspeito, da estrutura disponível e da finalidade do teste (Hu et al., 2025).

Estudos recentes demonstram que testes de suscetibilidade de alta sensibilidade são capazes de detectar subpopulações bacterianas resistentes que passariam despercebidas pelos métodos tradicionais, o que é crucial para evitar falhas terapêuticas (Hu et al., 2025). Além disso, a integração de testes diagnósticos rápidos (como PCR e MALDI-TOF) com programas de gerenciamento de antimicrobianos (stewardship) tem se mostrado uma estratégia eficaz para otimizar o uso de antibióticos e melhorar os desfechos clínicos (Singla et al., 2025).

Em uma perspectiva futura, a integração do sequenciamento de genoma completo (WGS) com ferramentas de aprendizado de máquina (Inteligência Artificial) surge como uma promessa para predizer a resistência de forma ainda mais rápida e precisa (Ardila et al., 2024).

A ANVISA disponibiliza manuais de microbiologia clínica que contemplam procedimentos laboratoriais, identificação bacteriana e detecção de mecanismos de resistência. A padronização e o controle de qualidade são importantes para que o resultado liberado seja confiável e possa ser utilizado tanto no atendimento individual quanto na vigilância epidemiológica. Dessa forma, o diagnóstico

microbiológico deixa de ser apenas uma etapa complementar da assistência e passa a integrar o conjunto de estratégias de enfrentamento da resistência antimicrobiana (BRASIL, 2026).

3.7. Atuação do Biomédico

No contexto da resistência antimicrobiana, o biomédico pode atuar, conforme sua habilitação e regulamentação profissional, em atividades de microbiologia, análises clínicas, biologia molecular, pesquisa e áreas relacionadas ao diagnóstico laboratorial. O resultado microbiológico depende de uma cadeia de etapas técnicas na qual a qualidade profissional é fundamental, desde a coleta e o processamento da amostra até a identificação do agente, o teste de suscetibilidade e a liberação do laudo (Gomes et al., 2025).

Além do trabalho técnico, a formação biomédica permite participação em pesquisas sobre identificação de microrganismos, genes de resistência, métodos diagnósticos e vigilância. Dessa forma, o profissional pode contribuir para a geração de dados que auxiliem tanto a assistência quanto as políticas de controle da resistência. A atuação do biomédico também se estende à educação continuada das equipes de saúde, à implementação de protocolos de controle de infecção e à promoção do uso racional de antimicrobianos, reforçando seu papel estratégico na rede de enfrentamento da resistência bacteriana (Gomes et al., 2025).

No entanto, a prática profissional ainda enfrenta desafios. Estudos evidenciam que, embora os profissionais de laboratório (biomédicos) possuam conhecimento sobre a resistência antimicrobiana, barreiras estruturais como o alto custo dos testes, a falta de infraestrutura adequada e a carência de pessoal qualificado

dificultam a realização rotineira de testes de suscetibilidade, limitando a qualidade da vigilância e a orientação terapêutica (Huang; Eze, 2023).

4. DISCUSSÃO

Os achados reunidos neste estudo indicam que a resistência bacteriana já interfere no tratamento das infecções em escala mundial, configurando um problema de saúde pública que exige enfrentamento integrado. O uso inadequado dos antibióticos é uma parte importante desse processo porque modifica a pressão seletiva exercida sobre as populações bacterianas (Marino et al., 2025).

Entretanto, a responsabilidade não deve ser atribuída apenas ao paciente, uma vez que prescrição, diagnóstico, adesão ao tratamento, controle de infecções e ambiente formam um conjunto de fatores que determina a velocidade com que a resistência pode surgir e se espalhar. Essa compreensão é fundamental para que as estratégias de enfrentamento não se limitem à conscientização individual, mas contemplem também a organização dos serviços de saúde, a formação profissional e as políticas públicas (Marino et al., 2025).

Os dados globais analisados reforçam a dimensão do problema. A OMS, ao reunir informações de 104 países e analisar mais de 23 milhões de casos bacteriologicamente confirmados, evidenciou que aproximadamente uma em cada seis infecções bacterianas confirmadas em laboratório apresentou resistência aos antibióticos em 2023 (Marino et al., 2025).

Além disso, o crescimento da resistência em mais de 40% das combinações de patógenos e antibióticos acompanhadas entre 2018

e 2023 demonstra que o fenômeno não é estático, mas dinâmico e em expansão (WHO, 2025). Esses achados são consistentes com a literatura internacional, que aponta a resistência antimicrobiana como uma das principais ameaças à saúde global na atualidade (Marino et al., 2025).

No contexto brasileiro, o enfrentamento da resistência envolve a articulação entre o Ministério da Saúde, a ANVISA, laboratórios de saúde pública, serviços de saúde, universidades e instituições de pesquisa. A organização das ações brasileiras evidencia que o enfrentamento da resistência depende da integração entre vigilância, diagnóstico laboratorial, serviços de saúde e produção de dados (BRASIL, 2026).

Estudos epidemiológicos nacionais apontam que a heterogeneidade regional no uso de antimicrobianos e na prevalência de bactérias multirresistentes em UTIs exige que as políticas de stewardship e as diretrizes empíricas sejam adaptadas à realidade de cada região do país (Silva et al., 2023).

A plataforma VigiRAM, desenvolvida com participação do Instituto Oswaldo Cruz/Fiocruz, do Ministério da Saúde e do Laboratório Central de Saúde Pública do Paraná, representa um exemplo concreto dessa articulação, ao reunir informações e ferramentas voltadas à vigilância, prevenção e controle da resistência antimicrobiana (BRASIL, 2026).

A presença de bactérias multirresistentes de relevância clínica, como Klebsiella pneumoniae, Escherichia coli, Acinetobacter baumannii, Pseudomonas aeruginosa e Staphylococcus aureus, reforça a necessidade de diagnóstico microbiológico confiável. Essas espécies

apresentam mecanismos distintos e podem apresentar resistência simultânea a várias classes de antimicrobianos, reduzindo as opções terapêuticas disponíveis (Hetta et al., 2025).

A identificação precoce e a determinação do perfil de suscetibilidade são essenciais para orientar a terapia, evitar o uso desnecessário de antimicrobianos de amplo espectro e conter a disseminação de linhagens resistentes em ambientes hospitalares e comunitários (Hetta et al., 2025).

A complexidade desses mecanismos, como a produção de metalo-β-lactamases e a transferência horizontal de genes, exige o desenvolvimento de novos fármacos e a combinação de terapias, uma vez que as opções atuais se tornam limitadas (Saini et al., 2025; Zheng et al., 2025).

A abordagem de Saúde Única amplia essa discussão ao considerar que bactérias resistentes e genes de resistência podem circular entre pessoas, animais e ambientes. Assim, água, alimentos, produção animal, resíduos e condições de saneamento precisam ser considerados nas estratégias de vigilância e prevenção. Essa perspectiva integrada reconhece que a saúde humana, animal e ambiental estão interligadas e que o enfrentamento da resistência exige ações coordenadas em diferentes setores, incluindo a produção animal, a agricultura, o saneamento básico e a gestão de resíduos (BRASIL, 2026).

Por fim, o diagnóstico microbiológico e a atuação do biomédico emergem como pilares para o uso racional de antimicrobianos. Testes diagnósticos rápidos e de alta sensibilidade permitem identificar o agente etiológico e sua suscetibilidade em tempo hábil,

evitando o uso empírico e prolongado de antibióticos de amplo espectro (Singla et al., 2025; Hu et al., 2025).

O biomédico, atuando na linha de frente do laboratório e nas comissões de controle de infecção, é o profissional responsável por garantir a confiabilidade desses resultados e por traduzi-los em ações de vigilância e educação continuada para as equipes de saúde (Gomes et al., 2025). Para que isso ocorra de forma plena, é necessário investir em infraestrutura laboratorial e capacitação profissional, superando as barreiras identificadas na prática diária (Huang; Eze, 2023).

5. CONCLUSÃO

A resistência bacteriana constitui uma realidade presente e crescente, com impacto direto sobre a capacidade de tratar infecções. O uso inadequado de antibióticos contribui para a pressão seletiva que favorece a sobrevivência e disseminação de bactérias resistentes, embora a resistência possua caráter multifatorial, envolvendo fatores relacionados à prescrição, ao diagnóstico, à adesão ao tratamento, ao controle de infecções e ao ambiente.

Os principais mecanismos de resistência e a presença de bactérias multirresistentes demonstram a necessidade de diagnóstico microbiológico confiável. A identificação do agente e a avaliação de sua suscetibilidade produzem informações para orientar o tratamento e, quando integradas aos sistemas de vigilância, ajudam a reconhecer tendências epidemiológicas e a subsidiar políticas públicas.

Conclui-se que o enfrentamento da resistência bacteriana exige uma abordagem integrada, unindo uso racional de antibióticos,

microbiologia, diagnóstico, vigilância, prevenção e controle de infecções, pesquisa e Saúde Única. Nesse processo, o laboratório de microbiologia e o profissional biomédico ocupam uma posição estratégica, contribuindo tanto para a assistência individual quanto para a produção de dados essenciais à saúde coletiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Avaliação Nacional dos Laboratórios de Microbiologia Clínica.** Brasília: ANVISA, 2024.

ARDILA, C. M.; YADALAM, P. K.; GONZÁLEZ-ARROYAVE, D. Integrating whole genome sequencing and machine learning for predicting antimicrobial resistance in critical pathogens: a systematic review of antimicrobial susceptibility tests. **PeerJ,** v. 12, e18213, 2024.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016.** Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais. Brasília: CNS, 2016. Disponível em: https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2016/Reso510.pdf. Acesso em: 10 out. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Plano de Ação Nacional de Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no Âmbito da Saúde Única.** Brasília: Ministério da Saúde, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/svsa/antimicrobianos/plano-nacional-antimicrobianos-pan-br-14fev19-isbn.pdf/view. Acesso em: 10 out. 2026.

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/@@download/file. Acesso em: 10 out. 2026.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Resistência aos antimicrobianos.** Brasília: Ministério da Saúde, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/r/ram. Acesso em: 10 out. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM). **Normativas e campos de atuação profissional do biomédico.** Brasília: CFBM, 2026.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Instituto Aggeu Magalhães. **Departamento de Microbiologia: infraestrutura e linhas de pesquisa.** Recife: Fiocruz, 2024.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Instituto Oswaldo Cruz. **Laboratório de Bacteriologia Aplicada à Saúde Única e Resistência Antimicrobiana.** Rio de Janeiro: IOC/Fiocruz, 2026. Disponível em: https://www.ioc.fiocruz.br/labsur. Acesso em: 10 out. 2026.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. Instituto Oswaldo Cruz. **Plataforma VigiRAM: informações sobre resistência antimicrobiana no Brasil.** Rio de Janeiro: IOC/Fiocruz, 2024. Disponível em: https://vigiram.org.br. Acesso em: 10 out. 2026.

GANONG, L. H. Integrative reviews of nursing research. **Research in Nursing & Health,** v. 10, n. 1, p. 1-11, 1987.

GOMES, R. S. P. et al. Resistência Bacteriana E O Papel Dos Biomédicos Na Vigilância Epidemiológica. **IOSR Journal of Nursing and Health Science (IOSR-JNHS),** v. 14, n. 3, p. 1-10, 2025.

HETTA, H. F. et al. Taming Superbugs: Current Progress and Challenges in Combating ESKAPE Pathogens. **Pathogens,** v. 14, n. 1, 28, 2025.

HU, Q. et al. High-throughput clinical antimicrobial susceptibility testing and drug-resistant subpopulation detection in Gram-negative bacteria. **Microbiology Spectrum,** v. 13, n. 6, e0044824, 2025.

HUANG, S.; EZE, U. A. Awareness and Knowledge of Antimicrobial Resistance, Antimicrobial Stewardship and Barriers to Implementing Antimicrobial Susceptibility Testing among Medical Laboratory Scientists in Nigeria: A Cross-Sectional Study. **Antibiotics,** v. 12, n. 5, 815, 2023.

MARINO, A. et al. The Global Burden of Multidrug-Resistant Bacteria. **Epidemiologia,** v. 6, n. 2, 21, 2025.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem,** Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/tce/a/XzFkq6tjbsDPws9V6D7QwHm/?lang=pt. Acesso em: 10 out. 2026.

NUSRAT, S.; ALIYU, M.; ZOHORA, F. T. Mechanisms of antimicrobial resistance: From genetic evolution to clinical manifestations. **AIMS Microbiology,** v. 11, n. 4, p. 1007-1034, 2025.

PAGE, M. J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ,** Londres, v. 372, n. 71, 2021. Disponível em: https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71. Acesso em: 10 out. 2026.

RAMATLA, T. et al. Global prevalence and antibiotic resistance profiles of carbapenem-resistant Pseudomonas aeruginosa reported from 2014 to 2024: a systematic review and meta-analysis. **Frontiers in Microbiology,** v. 16, 1599070, 2025.

SAINI, J. et al. Revisiting the Metallo-β-Lactamase-Mediated Antibiotic Resistance: Exploring Novel Mechanisms and Therapeutic Strategies. **International Journal of Microbiology,** v. 2025, 1574819, 2025.

SANTOS, A. B. Resistência antimicrobiana e mecanismos moleculares de escape bacteriano: um desafio à eficácia terapêutica contemporânea. **Zenodo,** 2025. DOI: 10.5281/zenodo.15794831.

SCOFFONE, V. C. et al. The Evolution of Antimicrobial Resistance in Acinetobacter baumannii and New Strategies to Fight It. **Antibiotics,** v. 14, n. 1, 85, 2025.

SILVA, R. O. et al. Geographical variation in antimicrobial use and multiresistant pathogens in Brazilian intensive care units: a nationwide study. **The Journal of Infection in Developing Countries,** v. 17, n. 4, p. 485-493, 2023.

SINGLA, S. et al. Enhancing Bloodstream Infection Management: A Systematic Review of Rapid Diagnostic Tests and Their Integration Into Antimicrobial Stewardship Programs. **Cureus,** v. 17, n. 9, e92866, 2025.

SOUSA, L. M. M. et al. **Metodologia de Revisão Integrativa da Literatura em Enfermagem.** 2. ed. Natal: EDUFRN, 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Antimicrobial resistance.** Geneva: WHO, 2026. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance. Acesso em: 10 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global antibiotic resistance surveillance report 2025: WHO Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS).** Geneva: WHO, 2025. ISBN 978-92-4-011633-7. Disponível em: https://iris.who.int. Acesso em: 10 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global antimicrobial resistance and use surveillance system (GLASS).** Geneva: WHO, 2025. Disponível em: https://www.who.int/initiatives/glass. Acesso em: 10 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global call to action on antimicrobial resistance.** Geneva: WHO, 2025. Disponível em: https://www.who.int/news/item/07-10-2025-global-call-to-action-on-antimicrobial-resistance. Acesso em: 10 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global research and development for antibiotic innovation: antibacterial agents in clinical development.** Geneva: WHO, 2025. Disponível em:

https://www.who.int/publications/i/item/9789240104624. Acesso em: 10 out. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO bacterial priority pathogens list, 2024: Bacterial pathogens of public health importance to guide research, development and strategies to prevent and control antimicrobial resistance.** Geneva: WHO, 2024. Disponível em: https://www.who.int/publications/i/item/9789240093461. Acesso em: 10 out. 2026.

ZHENG, S. et al. The mechanisms of antibiotic resistance and drug resistance transmission of Klebsiella pneumoniae. **The Journal of Antibiotics,** v. 78, n. 9, p. 1-12, 2025.

---

[1] Discente em Biomedicina. Centro Universitário Fametro. Manaus – AM, Brasil.

[2] Discente em Biomedicina. Centro Universitário Fametro. Manaus – AM, Brasil.

[3] Discente em Biomedicina. Centro Universitário Fametro. Manaus – AM, Brasil.

[4] Mestrando em Imunologia Básica e Aplicada. Centro Universitário Fametro. Manaus – AM, Brasil.

[5] Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais. Centro Universitário Fametro. Manaus – AM, Brasil.