


A CRISE GLOBAL DA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA: IMPACTOS NA SAÚDE PÚBLICA E DESAFIOS PARA O FUTURO DOS ANTIBIÓTICOS

 <https://doi.org/10.56238/arev7n2-014>

Data de submissão: 04/01/2025

Data de publicação: 04/02/2025

Luiz Filipe Santos Costa

Mestre em Biomedicina
Universidade Estadual de Santa Cruz UESC
luiz06filipe@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-7812-9064>

Sasha Regina das Graças Saldanha

Residente de Patologia Bucal
Hospital Universitário João de Barros Barreto
sashasaldanha98@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-3327-441X>

Elijalma Augusto Beserra

Doutorando em Agroecologia e Desenvolvimento Territorial
Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
elijalma@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6445-347X>

Maria Jaciane de Almeida Campelo

Doutora em Biologia Vegetal
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)
jaciane.campelo@univasf.edu.br
<https://orcid.org/0000-0003-2152-0948>

Jennyfer Souza Andrade

Graduanda em Medicina
Universidade Nove de Julho - Guarulhos (UNINOVE)
andradesjennyfer@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-7614-293X>

Marina da Silva Junqueira

Mestra em Educação Profissional e Tecnológica
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins
marinajunqueirasdt@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4070-3803>

Isabel Cristina Adão Schiavon

Doutora em Enfermagem
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais - IFSUDESTEMG
isabel.schiavon@ifsudestemg.edu.br
<https://orcid.org/0000-0003-1679-985X>

Júlia Lodigiani Rodrigues Bragança

Graduanda em Enfermagem

Universidade Federal De São João Del Rei, Campus Centro Oeste Dona Lindu (UFSJ)

julia.lodigiani2@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0009-8772-5533>

André Luiz Baptista Galvão

Doutor em Medicina Veterinária

Universidade Federal de Roraima UFRR

albg130182@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8509-9809>

Ana Claudia Rodrigues da Silva

Pós-Graduada em Enfermagem de Alta Complexidade e Terapia Intensiva

Unemat

enf.anaclaudia@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-2610-9325>

RESUMO

A resistência antimicrobiana (RAM) representa um grave desafio global, comprometendo a eficácia dos tratamentos contra infecções bacterianas. Desde os primeiros casos de resistência à penicilina, o uso inadequado de antimicrobianos e a escassez de novos medicamentos favorecem o aumento de microrganismos multirresistentes. No Brasil, a RAM está associada a milhares de mortes anuais, evidenciando a urgência de estratégias para conter seu avanço e garantir tratamentos eficazes. Este artigo tem como objetivo explorar a crise global da resistência antimicrobiana, analisando seus impactos na saúde pública e os desafios enfrentados para assegurar o futuro dos antibióticos. Trata-se de uma abrangente revisão integrativa da literatura, conduzida em 2025, baseada em consultas as bases de dados LILACS, MEDLINE e PubMed. Projeções indicam que, até 2050, a RAM poderá causar até 10 milhões de mortes anuais, com impacto crescente em idosos, agravado pelo uso inadequado de antimicrobianos, automedicação e fatores estruturais como saneamento precário. A RAM dificulta o tratamento de doenças como tuberculose multirresistente e gonorreia, enquanto ambientes hospitalares favorecem o surgimento de microrganismos nutritivos. Estratégias inovadoras, como fagoterapia, edição genética e inteligência artificial, somam-se a campanhas educativas e programas de gerenciamento para mitigar esse desafio. A abordagem "Saúde Única", liderada pela OMS, reforça ações integradas em saúde humana, animal e ambiental, destacando a necessidade de políticas públicas robustas, vigilância epidemiológica e investimentos sustentáveis para controlar a disseminação da RAM e reduzir seus impactos. Conclui-se que, os mecanismos da RAM e a propagação de patógenos resistentes comprometem os tratamentos, aumentam os custos e agravam a morbimortalidade, especialmente em países de baixa e média renda. Nesse contexto, a educação em saúde, políticas públicas para o uso racional de antimicrobianos, vigilância epidemiológica e tecnologias inovadoras, são essenciais para mitigar os impactos da RAM. Profissionais de saúde, desempenham papel estratégico na conscientização e prevenção, contribuindo para práticas mais seguras e eficazes no enfrentamento desse problema global.

Palavras-chave: Resistência a Medicamentos. Antimicrobianos. Saúde Pública.

1 INTRODUÇÃO

Os antimicrobianos têm sido fundamentais desde sua descoberta, possibilitando o tratamento de infecções que, no passado, eram fatais. A descoberta da penicilina destacou-se como um marco revolucionário devido à sua eficácia no combate a diversas bactérias causadoras de infecções até então intratáveis, transformando-se em um divisor de águas na história da medicina. No entanto, apenas três anos após o início de seu uso, surgiram cepas bacterianas resistentes à penicilina, representando 40% das cepas em 1950 e alcançando 80% na década de 1960, evidenciando a emergência da resistência antimicrobiana (RAM) (Vieira; Freitas, 2021).

O surgimento dos antibióticos favoreceu o rápido desenvolvimento de mecanismos de mutação associados às bactérias. Microrganismos expostos a agentes antibióticos sofrem, de forma natural e aleatória, alterações em seus códigos genéticos como estratégia de sobrevivência frente à ação desses medicamentos. Tais modificações, por sua vez, são transmitidas geneticamente, resultando, ao longo do tempo, no acúmulo de adaptações que contribuem para o surgimento da resistência antimicrobiana (Almeida et al., 2023).

Tem se observado um aumento expressivo na capacidade de multirresistência dos microrganismos, o que acarreta sérios impactos na saúde pública e gera prejuízos em setores de interesse coletivo, como segurança, educação e infraestrutura. Tal cenário ocorre porque os recursos que poderiam ser destinados a esses segmentos são redirecionados para a aquisição de antimicrobianos mais potentes e em maiores quantidades, comprometendo o desenvolvimento e o bem-estar da sociedade como um todo (Silva; Ortega, 2022).

O uso inadequado e o consumo excessivo de antimicrobianos têm acelerado o desenvolvimento da resistência a múltiplas drogas. Conseqüentemente, a resistência antimicrobiana tornou-se uma preocupação global, uma vez que novos mecanismos de resistência estão surgindo e disseminando-se mundialmente. Essa realidade compromete a eficácia no tratamento de doenças infecciosas comuns, resultando no prolongamento dessas enfermidades e, em casos mais graves, levando ao óbito (Lomazzi et al., 2019).

Desse modo, globalmente, nota-se que a RAM delineou duas eras distintas: a primeira, caracterizada pelo período anterior ao desenvolvimento de agentes antimicrobianos; e a segunda, marcada pelo período posterior à sua introdução, agora agravada pela ineficácia de antimicrobianos de última geração no tratamento de infecções causadas por cepas de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas resistentes a múltiplas drogas (Matar; Andremont; Bazzi, 2020).

Estudos indicam que mais de 70% das bactérias patogênicas desenvolvem resistência a pelo menos um antibiótico. Essa disseminação global da resistência, aliada à escassez de novos

medicamentos, configura um cenário alarmante para a saúde pública mundial. Além disso, a taxa de aprovação de novos antibióticos sofreu uma queda de 90% nas últimas três décadas, evidenciando a urgência em desenvolver soluções eficazes para enfrentar esse impasse e garantir o tratamento adequado de infecções bacterianas (Santos, 2004).

Anualmente, a resistência antimicrobiana é diretamente responsável por cerca de 34 mil mortes no Brasil, enquanto outras 138 mil estão associadas a essa condição. Ademais, o país registra aproximadamente 221 mil óbitos decorrentes de infecções bacterianas e 400 mil casos de sepsis a cada ano, evidenciando a gravidade e a magnitude desse problema de saúde pública (Brasil, 2021).

Em suma, a RAM representa uma das maiores ameaças à saúde pública global no século XXI, comprometendo a eficácia dos tratamentos de doenças infecciosas e agravando a morbimortalidade associada a infecções bacterianas. O uso indevido e indiscriminado de antibióticos, aliado à escassez de novos agentes antimicrobianos, tem acelerado o desenvolvimento de cepas resistentes, tornando terapias convencionais ineficazes. Diante desse cenário, compreender os impactos da RAM na saúde pública e os desafios para a inovação e uso sustentável de antibióticos é essencial para mitigar suas consequências e preservar os avanços da medicina moderna.

Logo, este estudo tem como finalidade explorar a crise global da resistência antimicrobiana, analisando seus impactos na saúde pública e os desafios enfrentados para assegurar o futuro dos antibióticos.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa consiste em uma revisão integrativa da literatura, descrita como o método de revisão mais abrangente. Esse formato permite a inclusão simultânea de estudos experimentais e não experimentais, envolvendo uma compreensão aprofundada de um interesse de interesse. Além disso, esta abordagem possibilita a combinação de dados provenientes da literatura teórica e empírica, abrangendo uma ampla gama de objetivos, tais como a definição de conceitos, a revisão de teorias e evidências e a análise de metodologias (Whittemore; Knaf, 2005).

A elaboração da questão central deste artigo fundamentou-se na estratégia PICO, a qual abrange os elementos População, Interesse e Contexto. Por meio dessa metodologia, foi possível formular a seguinte pergunta: "Quais são os impactos da resistência antimicrobiana na saúde pública e os desafios enfrentados para assegurar o desenvolvimento e uso sustentável de antibióticos no contexto global?"

Os artigos utilizados neste estudo foram selecionados a partir de buscas realizadas nas bases de dados Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (LILACS), *Medical Literature Analysis and Retrieval System Online* (MEDLINE), PubMed (PMC). Para a pesquisa,

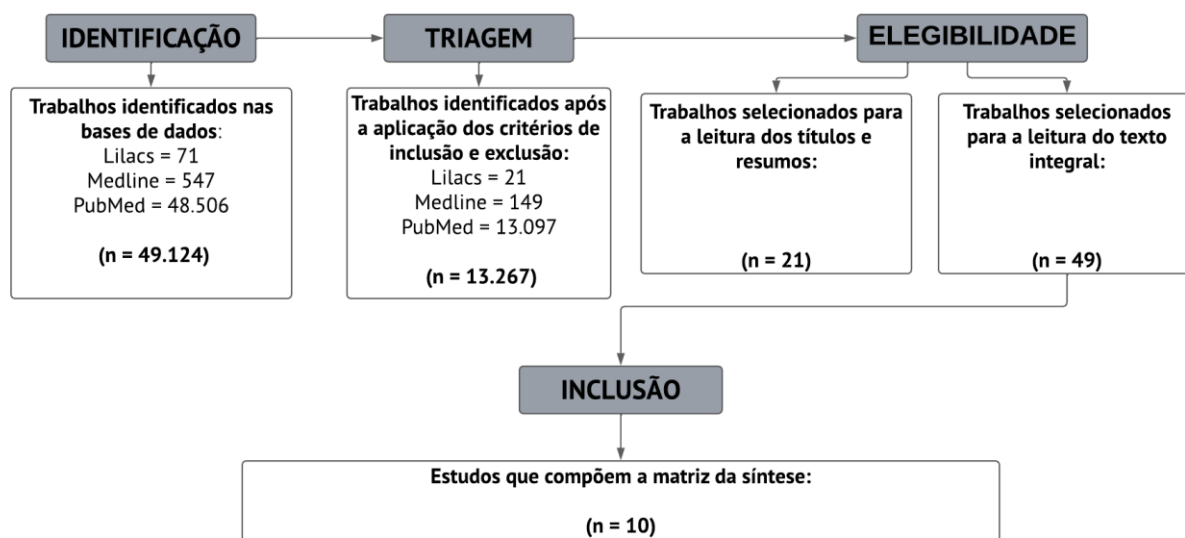
empregaram-se os descritores "Resistência a Medicamentos" *AND* "Antimicrobianos" *AND* "Saúde Pública". A coleta de dados ocorreu durante o mês de janeiro de 2025.

Os critérios de inclusão estabelecidos para este estudo englobaram: relatos de experiências, estudos de caso, e pesquisas de natureza quantitativa, qualitativa ou de abordagem mista, desde que estivessem disponíveis na íntegra; redigidos em português, inglês ou espanhol; publicados em periódicos nacionais ou internacionais nos últimos cinco anos de 2020 a 2025; e com resumos acessíveis nas bases de dados selecionadas.

Por outro lado, os critérios de exclusão consideraram artigos cuja versão completa não estivesse disponível, publicações anteriores a 2020, estudos que não abordassem diretamente o tema central da pesquisa, além de trabalhos de conclusão de curso (TCCs), dissertações, teses e conteúdos extraídos de websites.

Assim, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram identificados 13.267 artigos. Dentre esses, 49 foram selecionados para leitura completa e 21 foram selecionados para leitura dos títulos e resumos, resultando na inclusão de 10 estudos que satisfizeram integralmente os critérios previamente definidos, compondo a amostra final. Esse processo está detalhado no fluxograma apresentado na **Figura 1**.

Figura 1 - Fluxograma ilustrativo dos artigos selecionados para a pesquisa em conformidade com o tema proposto



Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

Após a conclusão da análise bibliométrica, os resultados foram sistematizados em uma tabela sinóptica, destacando as principais descobertas. Os artigos selecionados passaram por uma leitura criteriosa e uma revisão detalhada, visando a extração de informações mais relevantes, que foram posteriormente examinadas de maneira aprofundada.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da presente análise são organizados em formato tabular, seguidos de uma análise detalhada dos dados obtidos. Para a coleta das informações, foi desenvolvido um instrumento que abrange as seguintes variáveis: título do artigo, autores, ano de publicação e conclusão, conforme demonstrado na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Síntese dos artigos analisados

TÍTULO	AUTOR/ ANO/BASE DE DADOS	CONCLUSÃO
An analysis of existing national action plans for antimicrobial resistance-gaps and opportunities in strategies optimising antibiotic use in human populations.	(Charani et al., 2023) MEDLINE	Atualmente, a RAM representa um impacto substancialmente maior do que diversas doenças de grande relevância. Desenvolver e manter uma resposta global eficiente para combater a RAM enfrenta desafios significativos, incluindo disparidades na distribuição de recursos, deficiências na execução de políticas e dificuldades relacionadas às forças de mercado no desenvolvimento de novos medicamentos e diagnósticos.
Antibiotic Resistance: One Health One World Outlook	(Aslam et al., 2021) PUBMED	A resistência antimicrobiana exige uma abordagem multidisciplinar, multissetorial e coordenada para enfrentar as ameaças à saúde que emergem na interface entre humanos, animais e o meio ambiente. Esse desafio é amplamente abordado pelo conceito " <i>One Health</i> ", que reconhece o vínculo intrínseco e inseparável entre seres humanos, animais e o meio ambiente, promovendo ações integradas em prol da saúde global e do bem-estar das comunidades.
Antimicrobial resistance crisis: could artificial intelligence be the solution?	(Liu et al., 2024) PUBMED	As tecnologias de inteligência artificial (IA) têm revolucionado diversas áreas, especialmente a medicina, ao acelerar a descoberta e o desenvolvimento de novos medicamentos e o processo de pesquisa clínica. No enfrentamento da crise da RAM, a IA desempenha um papel central, integrando-se a esforços interdisciplinares para promover soluções inovadoras e eficazes.

<p>Environmental antimicrobial resistance and its drivers: a potential threat to public health</p>	<p>(Samreen et al., 2021) PUBMED</p>	<p>O uso exacerbado de antibióticos é amplamente reconhecido como uma das principais causas do desenvolvimento da RAM em escala global. A comercialização indiscriminada de antibióticos sem a obrigação de prescrição, a inadequação dos sistemas de saneamento e a liberação de antibióticos não metabolizados, bem como seus resíduos, por meio de excreções humanas e animais ou de efluentes industriais no ambiente, agravaram significativamente essa problemática.</p>
<p>Genomics for public health and international surveillance of antimicrobial resistance.</p>	<p>(Baker et al., 2023) MEDLINE</p>	<p>As análises genômicas, ao oferecerem uma visão em alta resolução de populações bacterianas e dos determinantes da RAM, ampliaram significativamente a capacidade de identificar e monitorar ameaças emergentes de RAM ao longo do tempo. Essa abordagem permite a rastreabilidade por localização geográfica, além de sua aplicação em redes de saúde pública, laboratórios e comunidades de pacientes.</p>
<p>Microbial Resistance Movements: An Overview of Global Public Health Threats Posed by Antimicrobial Resistance, and How Best to Counter</p>	<p>(Dhingra et al., 2020) PUBMED</p>	<p>A conscientização sobre os impactos das prescrições inadequadas no uso excessivo de antimicrobianos e no aumento da RAM tem incentivado iniciativas voltadas para a prescrição mais racional e criteriosa, considerada um indicador de qualidade nos cuidados de saúde. No entanto, a sensibilização da população é crucial para enfrentar desafios como a automedicação com antibióticos remanescentes e a necessidade de capacitação profissional sobre a duração ideal das prescrições.</p>
<p>Recent Approaches for Downplaying Antibiotic Resistance: Molecular Mechanisms.</p>	<p>(Ahmed et al., 2023) MEDLINE</p>	<p>O rastreamento eficaz da RAM a longo prazo exige esforços contínuos para aumentar a conscientização da população, por meio de iniciativas de educação, persuasão e advocacia. Contudo, é essencial reconhecer as limitações existentes e trabalhar na identificação dos aspectos centrais que contribuem para o agravamento da RAM. Para enfrentar esse desafio, é indispensável a adoção de ideias inovadoras, estratégias eficazes e técnicas avançadas capazes de mitigar as condições que favorecem o surgimento e a disseminação da RAM.</p>

Resistencia antimicrobiana, una pandemia silenciosa	(Simon; Labandera, 2023) LILACS	A RAM é considerada uma pandemia silenciosa, com potencial de causar milhões de mortes, agravar o sofrimento humano e elevar significativamente os custos de atenção à saúde. Além disso, projeções indicam que, sem ações eficazes para enfrentar a RAM, a economia mundial poderá ter uma perda com impacto mais severo em países de baixa e média renda.
Shortage of essential antimicrobials: a major challenge to global health security	(Shafiq et al., 2021) PUBMED	A escassez de antimicrobianos tem impactado de maneira recorrente o acesso a terapias eficazes. Essa limitação representa um grave problema de saúde pública, resultando em altas taxas de mortalidade, especialmente em países de baixa e média renda. A necessidade de recorrer a antimicrobianos alternativos devido à indisponibilidade dos agentes mais indicados compromete os resultados clínicos, frequentemente levando ao uso subótimo de antibióticos.
Why Assuring the Quality of Antimicrobials Is a Global Imperative	(Cadwallade; Nallathambi; Ching, 2024) PUBMED	Autoridades regulatórias nacionais, órgãos de saúde pública e formuladores de políticas desempenham um papel fundamental como partes interessadas globais, sendo responsáveis por assegurar o acesso equitativo a antibióticos de qualidade comprovada, especialmente para as populações mais vulneráveis. Contudo, a proliferação de vendedores não autorizados e a escassez de medicamentos representam desafios significativos para o alcance desse objetivo.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2024.

De acordo com uma análise global publicada na revista *The Lancet*, as projeções indicam que, até 2050, aproximadamente 1,91 milhão de mortes poderão ser atribuídas à RAM, enquanto 8,22 milhões de óbitos ocasionados associados a essa condição em escala global. Nesse contexto, o aumento no número de mortes atribuíveis à RAM será particularmente mais acentuado entre indivíduos com 70 anos ou mais (Naghavi et al., 2024).

A RAM é um fenômeno inerente às comunidades microbianas naturais, existindo mesmo antes do uso terapêutico de antibióticos. Esse processo ocorre por mutações ou pela transferência horizontal de genes (THG), que permite a aquisição de marcadores de resistência. A disseminação global de patógenos resistentes, juntamente com o aumento das infecções associadas à assistência à saúde, tem levado a um impacto significativo. Os desafios estão amplamente associados à incorporação de determinantes de resistência já existentes, facilitada pela THG (Zambrano, 2023).

Nesse contexto, os mecanismos biológicos que conferem resistência aos antimicrobianos são diversos e envolvem alterações estruturais e funcionais nas células bacterianas. Um exemplo é a inativação do antimicrobiano, promovida pela superprodução de enzimas que degradam a substância. Além disso, as bactérias podem restringir a entrada do fármaco devido às características de suas membranas ou expulsá-lo ativamente por meio de bombas de efluxo. Outro mecanismo relevante é a modificação de receptores alvo dos fármacos, resultado de mutações proteicas, o que reduz a afinidade de ligação entre o medicamento e o receptor. Esses processos tornam as bactérias mais tolerantes, exigindo concentrações mais elevadas de antimicrobianos para serem eliminadas (Guimarães; Momesso; Pupo, 2010).

Em paralelo, desde a descoberta dos antibióticos no século XX, avanços significativos foram alcançados no tratamento e na cura de infecções bacterianas. Contudo, diversos fatores têm contribuído para a disseminação da RAM. O uso inadequado e indiscriminado de antimicrobianos em diferentes setores, como humano, animal e agrícola, resulta na ineficácia dos tratamentos, degradação da qualidade da água e do solo, além de impulsionar a propagação de bactérias resistentes. Adicionalmente, questões estruturais, como moradias inadequadas, falta de acesso à água potável, saneamento básico, higiene, vacinas e outros meios preventivos, agravam o cenário. A automedicação, frequentemente motivada pela busca de economia ou rapidez nos tratamentos, também desempenha um papel crítico na aceleração da disseminação de bactérias resistentes (Silva; Cardoso; Vieira, 2022; Silveira et al., 2023).

Dito isso, muitos indivíduos frequentemente sem o devido conhecimento, têm adotado o uso indiscriminado de antibióticos como medida preventiva. Todavia, essa prática é amplamente reconhecida como um dos principais fatores responsáveis pelo desenvolvimento da resistência bacteriana, conforme já mencionado. Além disso, os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da promoção da resistência bacteriana são significativos (Caldas et al., 2024).

Nos países de baixa e média renda, as doenças infecciosas são acompanhadas de elevadas taxas de mortalidade. Fatores como acesso limitado a medicamentos eficazes, distribuição desordenada de antibióticos, escassez de apoio financeiro e presença de produtos farmacêuticos de alta qualidade são condições contribuintes para o avanço da RAM nesses países. Além disso, a falta de opções leva parte da população a recorrer a práticas prejudiciais, como a busca por falsos profissionais e medicamentos de qualidade inferior, vencidos ou com dosagens subterapêuticas (Sharma et al., 2022).

Diante desse contexto, é essencial que a população esteja devidamente informada sobre o acesso e o uso correto de medicamentos. Ademais, os profissionais de saúde devem possuir o conhecimento necessário para prescrever e orientar os pacientes de forma adequada, enquanto os

gestores de saúde têm a responsabilidade de promover o acesso equitativo a medicamentos de qualidade. Para isso, é necessário implementar políticas públicas que incentivem e assegurem o uso racional de medicamentos, contribuindo para a saúde coletiva e individual (Brasil, 2024).

Posteriormente, a gravidade das infecções e a resistência bacteriana múltipla têm dificultado o tratamento de doenças específicas, como a tuberculose multirresistente, que se tornou um problema de saúde pública devido ao aumento significativo de casos nos últimos anos. Esse cenário pode ser atribuído, em parte, à baixa adesão ao tratamento e à redução no controle da doença, mas também ao uso prolongado de compostos antimicrobianos ao longo do tempo, contribuindo para o surgimento da resistência (Sao Leão et al., 2021; Soares, 2021).

A resistência a múltiplos fármacos (MDR) representa um desafio crítico no combate à tuberculose (TB). Em 2019, estimou-se a ocorrência de 465.000 casos de TB resistente à rifampicina, dos quais 78% apresentavam resistência simultânea à rifampicina e à isoniazida, caracterizando-os como casos de MDR-TB. Embora o tratamento da TB geralmente alcance uma taxa de sucesso de 85%, essa taxa diminuiu para 57% nos casos de resistência à rifampicina e MDR-TB. O subdiagnóstico e as falhas no tratamento agravam esse cenário, favorecendo a transmissão da MDR-TB e ampliando sua complexidade para os sistemas de saúde (Earle et al., 2022).

De maneira semelhante, infecções sexualmente transmissíveis resistentes, como a gonorreia, destacam-se por sua capacidade significativa de desenvolver resistência a diversas classes de antibióticos. Sendo uma infecção comum, ela apresenta relevância crítica, exigindo vigilância contínua e monitoramento laboratorial da resistência aos antimicrobianos. Além de também representar uma séria ameaça à saúde pública, a doença é reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como um potencial risco de se tornar incurável (Araújo et al., 2021).

Outrossim, apesar dos avanços nas práticas de controle de infecções hospitalares esses ainda persistem, o que é particularmente alarmante devido ao envolvimento de microrganismos resistentes a antibióticos. Hospitais, especialmente aqueles com unidades de terapia intensiva (UTIs), concentram uma quantidade significativa de bactérias resistentes. Isso ocorre em razão do uso intensivo de antimicrobianos, que aumenta a pressão seletiva no ambiente e favorece a sobrevivência de microrganismos que desenvolvem mecanismos de resistência (Santos, 2013).

Nesse contexto, a presença de agentes infecciosos resistentes no ambiente hospitalar tanto gram-positivos quanto gram-negativos, inclui: *Enterococcus faecium* (associado a infecções hospitalares em geral), *Staphylococcus aureus* (causador de infecções cutâneas, sanguíneas e pneumonia), *Helicobacter pylori* (relacionado a úlceras gástricas e câncer), *Campylobacter spp.*

(responsável por quadros de diarreia), *Salmonella* (também causadora de diarreia) e *Neisseria gonorrhoeae* (gonorreia) (Albuquerque et al., 2022).

Considera-se que, as infecções causadas por organismos resistentes geram maior morbidade e mortalidade, além de custos mais elevados de tratamento e internações hospitalares prolongadas, impondo uma carga significativa aos sistemas de saúde. Embora os esforços globais estejam em curso para conter o aumento da RAM, o desafio permanece crítico para a saúde global, com uma taxa anual de mortalidade de 700 mil casos causados por infecções resistentes, número que pode atingir 10 milhões de mortes por ano até 2050 (Maia et al., 2021).

Nesse aspecto, os antibióticos revolucionaram o tratamento de infecções bacterianas, diminuindo significativamente as taxas de doenças e a mortalidade na escalada global. Em contrapartida, o aumento no número de cepas resistentes, impulsionado por alterações e mecanismos de autoproteção, tem dificultado os tratamentos e elevado os custos associados à saúde. Apesar da necessidade urgente de desenvolvimento contínuo de novos antibióticos, sua produção é desestimulada por fatores econômicos, já que esses medicamentos são usados por períodos curtos e em menor volume, gerando retornos financeiros inferiores quando comparados a medicamentos de uso experimental, que oferecem maior rentabilidade para uma indústria farmacêutica (BRITO; TREVISAN, 2021).

Inegavelmente, a orientação adequada é essencial para prevenir o uso inadequado de antimicrobianos, como a interrupção precoce do tratamento ou o uso de doses incorretas, fatores que favorecem o desenvolvimento da RAM. Nesse viés, a atuação personalizada dos farmacêuticos durante a dispensação dos medicamentos assegura que os pacientes compreendam a importância de seguir corretamente as prescrições médicas, garantindo a eficácia do tratamento. Além disso, os farmacêuticos desempenham um papel estratégico em campanhas de conscientização, educando a população sobre os riscos do uso indiscriminado de antimicrobianos, promovendo práticas preventivas como vacinação, higiene adequada, alimentação equilibrada e exercícios físicos. Assim, contribuem para a disseminação de informações acessíveis, a redução da automedicação e a adoção de comportamentos responsáveis em prol da saúde pública (Britto; Silva; Andrade, 2024).

Adicionalmente, Programas de Gerenciamento de Antimicrobianos também conhecidos como Programas de *Stewardship*, têm sido implementados globalmente com o objetivo de melhorar a prescrição de antimicrobianos em serviços de saúde, garantir a segurança e eficácia dos tratamentos, reduzir a incidência de eventos adversos e prevenir a disseminação da RAM (Nava et al., 2022)

Similarmente, com o objetivo de promover a conscientização e o entendimento sobre a RAM, bem como incentivar práticas aprimoradas entre os setores da abordagem "Saúde Única" (*One Health*)

para reduzir a emergência e disseminação de infecções resistentes, a OMS realiza anualmente uma campanha global para enfrentar esse grave problema de saúde pública. Em 2024, o tema central da campanha foi "EDUQUE. COLABORE. FAÇA AGORA.", convidando a comunidade global a educar as partes interessadas sobre a RAM, defender compromissos ambiciosos e adotar ações concretas e imediatas em resposta a essa ameaça crescente (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2024a)

A abordagem *One Health* fundamenta-se em uma visão holística que integra as interações entre seres humanos, animais e o meio ambiente. Seu objetivo é promover a saúde e o desenvolvimento sustentável desses setores por meio da colaboração multissetorial e interdisciplinar, abrangendo os níveis local, nacional e global (Rosa Meurer; Soares Coimbra, 2024).

Em 2015, diante da limitada existência de planos nacionais sobre a RAM, a 68.^a Assembleia Mundial de Saúde aprovou a Resolução WHA 68.20, instituindo o “Plano de Ação Global para o Enfrentamento à Resistência aos Antimicrobianos.” Desenvolvido em parceria com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e a Organização Mundial de Saúde Animal (OIE), o plano adota a abordagem de Saúde Única e visa ampliar o conhecimento sobre a RAM, fortalecer a vigilância epidemiológica, combater infecções, promover o uso racional de antimicrobianos em humanos e animais e garantir investimentos sustentáveis para sua implementação (Oliveira; Pereira; Zamberlam, 2020).

Embora a vigilância seja uma ferramenta essencial para informar políticas e estratégias de prevenção e controle de infecções, ela é fundamental na avaliação da disseminação da RAM e no monitoramento do impacto de ações locais, nacionais e globais. Desde sua fundação, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), desenvolve ações voltadas à prevenção e controle da RAM, participando ativamente da campanha mundial da OMS com materiais educativos e discussões especializadas. Em 2015, a OMS lançou o Sistema Global de Vigilância de Resistência e Uso de Antimicrobianos (GLASS), uma iniciativa colaborativa para padronizar a vigilância da RAM, apoiar o Plano de Ação Global e orientar estratégias de combate à resistência em todos os níveis (Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2024b; World Health Organization, 2020).

Analogamente, as tecnologias emergentes como terapias alternativas, têm ganhado destaque no combate à resistência a múltiplos antibióticos, sendo a fagoterapia uma das abordagens mais promissoras. Essa técnica utiliza vírus bacteriófagos para eliminar infecções bacterianas, oferecendo uma estratégia inovadora e eficaz no tratamento de infecções resistentes aos antibióticos convencionais. Assim, a fagoterapia surge como uma solução potencialmente revolucionária para o controle de infecções bacterianas resistentes (Santos et al., 2024).

Do mesmo modo, as abordagens de edição genética como o sistema CRISPR-Cas, estão sendo investigadas com o objetivo de modificar genes de resistência bacteriana e restabelecer a sensibilidade aos antibióticos. Além disso, a aplicação da inteligência artificial (IA) na genômica funcional, especialmente no aprimoramento do uso da tecnologia CRISPR, destaca-se como uma inovação revolucionária, aproveitando um mecanismo originalmente utilizado pelas bactérias como defesa contra vírus (Matias; Carvalho; Silveira, 2024; Prado et al., 2023).

Com o aumento da escala de big data biológica, diversos métodos baseados em IA têm surgido para sua análise. Essas ferramentas permitem prevenir novos compostos antibióticos, identificar bactérias resistentes por meio de imagens e acelerar o rastreamento de compostos promissores. Além disso, a IA utiliza dados genômicos para antecipar possíveis locais de resistência e funções enzimáticas, contribuindo para o desenvolvimento de antibióticos mais eficazes (Liu et al., 2024).

No campo da microbiologia, a análise genômica desempenha uma função fundamental para viabilizar a identificação e a diferenciação de microrganismos com base em suas sequências de DNA. Por meio dessas ferramentas, é possível identificar variações no material genético de organismos da mesma espécie, mapear genes associados a mecanismos de resistência e determinar se esses genes estão vinculados a elementos genéticos móveis ou fazem parte do genoma constitucional do organismo (Menezes, 2021).

Inquestionavelmente, o fortalecimento da educação em saúde é indispensável para enfrentar uma crise de RAM. Informações claras sobre os riscos e benefícios dos medicamentos capacitam a população a fazer escolhas conscientes e seguras. Paralelamente, os programas educativos desmistificam as questões equivocadas e incentivam comportamentos responsáveis. Para tanto, é necessário implementar campanhas voltadas para a população e programas de educação continuada para profissionais de saúde, promovendo práticas mais seguras e eficazes (Barbosa et al., 2024b).

Somado à isso, as parcerias público-privadas são a manifestação mais visível do poder da colaboração para promover a pesquisa e o desenvolvimento em doenças que afetam predominantemente os mais desfavorecidos. Os produtos desenvolvidos por meio destas parcerias quase sempre têm estratégias claras e transparentes para garantir o acesso aos mesmos (Dias, 2022).

Ainda no contexto das estratégias para enfrentar uma crise de RAM, a vigilância contínua das taxas de resistência e a análise de padrões são essenciais para orientar práticas de controle de infecção e estratégias terapêuticas. A OMS enfatiza a importância de sistemas robustos de vigilância capazes de identificar e responder rapidamente a surtos de resistência. No Brasil, a Rede de Monitoramento de Resistência Antimicrobiana, sob coordenação da ANVISA, desempenha um papel fundamental na coleta e análise de dados relacionados a esse problema (Cavalini et al., 2024).

Em resumo, as políticas públicas e o desenvolvimento de novas terapias desempenham um papel crucial na mitigação da RAM. O progresso da saúde pública requer uma evolução contínua, integrando inovações tecnológicas e práticas baseadas em evidências científicas. O futuro desse campo exige um esforço coletivo em que governantes, profissionais de saúde, comunidades e indivíduos colaborem de forma integrada para fomentar um ambiente saudável e equitativo, garantindo o bem-estar integral da população (Barbosa et al., 2024a).

4 CONCLUSÃO

A RAM apresenta impactos profundos na saúde pública global, representando um dos maiores desafios enfrentados pela medicina contemporânea. O aumento projetado de mortes atribuíveis à RAM até 2050 é alarmante, especialmente entre indivíduos idosos, evidenciando a necessidade de ações imediatas e coordenadas para mitigar seus efeitos. Os mecanismos de resistência, como alterações estruturais e funcionais bacterianas, somados à disseminação global de patógenos resistentes, comprometem a eficácia dos tratamentos antimicrobianos, elevando custos e aumentando a morbimortalidade associada a infecções resistentes.

A análise dos resultados obtidos revela que os fatores contribuintes para a disseminação da RAM, como o uso inadequado de antibióticos, práticas de automedicação, falta de saneamento básico e controle inadequado de infecções, são questões estruturais que demandam atenção urgente. Os países de baixa e média renda enfrentam barreiras adicionais, como a distribuição desordenada de medicamentos e o acesso limitado a tratamentos de qualidade, agravando a desigualdade no enfrentamento da RAM. Essa disparidade reflete-se nos desafios enfrentados para controlar doenças como a tuberculose multirresistente e infecções sexualmente transmissíveis resistentes.

Para a sociedade, as descobertas destacam a importância da educação em saúde e da implementação de políticas públicas que promovam o uso racional de antimicrobianos. Além disso, o fortalecimento da vigilância epidemiológica e o desenvolvimento de novas tecnologias, como a fagoterapia, a edição genética e a aplicação de inteligência artificial, oferecem promissoras ferramentas para combater a RAM. O papel dos profissionais de saúde, especialmente farmacêuticos, é essencial na orientação da população quanto ao uso correto de antibióticos, contribuindo para a redução da automedicação e do uso indiscriminado desses medicamentos.

Assim, recomenda-se que futuros estudos aprofundem a análise de novas terapias e tecnologias emergentes, visando ampliar as opções terapêuticas e aprimorar o diagnóstico de infecções resistentes. Além disso, investigações que avaliem a eficácia das políticas públicas existentes e das campanhas de conscientização são fundamentais para ajustar estratégias e garantir resultados mais eficazes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Semana Mundial de Conscientização da Resistência aos Antimicrobianos - 18 a 25 de Novembro de 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-de-infeccao-e-resistencia-microbiana/semana-mundial-de-conscientizacao-sobre-o-uso-de-antimicrobianos-atb/semana-amr-2024>. Acesso em: 23 jan. 2025a.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. Prevenção e Controle de Infecção e Resistência Microbiana. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/servicosdesaude/prevencao-e-controle-de-infeccao-e-resistencia-microbiana/>. Acesso em: 23 jan. 2025b.

AHMED, S. et al. Recent approaches for downplaying antibiotic resistance: molecular mechanisms. *BioMed Research International*, v. 2023, n. 1, 23 jan. 2023.

ALBUQUERQUE, A. V. DE et al. Estratégias associadas à prevenção da resistência de antimicrobianos no âmbito hospitalar: revisão sistemática. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 7, p. e23811729990, 22 maio 2022.

ALMEIDA, W. N. M. et al. Impactos da utilização de antimicrobianos na resistência antimicrobiana: uma revisão de literatura com abordagem da saúde única. *Rev. Univer. Bras*, v. 1, n. 2, p. 121–133, 2023.

ARAÚJO, D. D. et al. A resistência bacteriana frente a antibióticos utilizados no tratamento da gonorreia: uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, p. e16710313127, 11 mar. 2021.

ASLAM, B. et al. Antibiotic resistance: one health one world outlook. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, v. 11, 25 nov. 2021.

BAKER, K. S. et al. Genomics for public health and international surveillance of antimicrobial resistance. *The Lancet Microbe*, v. 4, n. 12, p. e1047–e1055, dez. 2023.

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, 9 out. 2024a.

BARBOSA, T. M. S. et al. Educação em saúde como ferramenta de combate à automedicação: fatores culturais e sociais. *Journal of Medical and Biosciences Research*, v. 1, n. 3, p. 510–520, 10 ago. 2024b.

BRASIL. Ministério da Saúde. Organização Mundial da Saúde; Organização Pan-Americana da Saúde. Fortalecimento da Assistência Farmacêutica no Âmbito do Sistema Único de Saúde-SUS. [s.l: s.n.], 2024. Disponível em: <https://www.paho.org/sites/default/files/2024-12/rttc1321sem2024.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. RAM no Brasil. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/r/ram/ram-no-brasil>. Acesso em: 14 jan. 2025.

BRITO, G. B. DE; TREVISAN, M. O uso indevido de antibióticos e o eminente risco de resistência bacteriana. Revista Artigos.com, 2021.

BRITTO, M. C. DA C.; SILVA, M. S. DA; ANDRADE, L. G. DE. A importância do farmacêutico na dispensação e controle racional de medicamentos antimicrobianos: práticas essenciais para a prevenção da resistência bacteriana. Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 10, n. 11, p. 1237–1246, 6 nov. 2024.

CADWALLADE, A. B.; NALLATHAMBI, K.; CHING, C. Why assuring the quality of antimicrobials is a global imperative. AMA Journal of Ethics, v. 26, n. 6, p. E472-478, 1 jun. 2024.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS). Disponível em: <https://www.who.int/initiatives/glass>. Acesso em: 23 jan. 2025.

ZAMBRANO, M. M. Interplay between antimicrobial resistance and global environmental change. Annual Review of Genetics, v. 57, n. 1, p. 275–296, 27 nov. 2023.