


## EVOLUÇÃO DA RESISTÊNCIA BACTERIANA: MECANISMOS, CONSEQUÊNCIAS E PERSPECTIVAS DE CONTROLE

### EVOLUTION OF BACTERIAL RESISTANCE: MECHANISMS, CONSEQUENCES, AND CONTROL PERSPECTIVES

 <https://doi.org/10.63330/armv2n5-106>

Submetido em: 08/06/2026 e Publicado em: 12/06/2026

**Marília Vitória Gonçalves Silva**

Bacharel em Biomedicina

Instituto de Educação Superior de Brasília

E-mail: vitoriamarilia403@gmail.com

#### RESUMO

Esse artigo é sobre a evolução da resistência bacteriana que é um dos maiores desafios da saúde pública contemporânea, o trabalho aborda como microrganismos desenvolvem mecanismos para sobreviver a ação dos antibióticos, incluindo as mutações genéticas, a transferência horizontal de genes, a produção de enzimas inativadoras, as bombas de efluxo e alterações nos alvos moleculares das drogas, esses processos tornam os tratamentos menos eficazes e dificultam o controle de infecções comuns. As consequências da resistência variam muito entre o aumento da mortalidade, o prolongamento de internações, a elevação dos custos hospitalares e a redução das opções terapêuticas disponíveis. Além disso, procedimentos médicos de rotina, como cirurgias e transplantes se tornam mais arriscados diante da possibilidade de infecções resistentes. A presente investigação é uma pesquisa qualitativa de natureza bibliográfica, cujo objetivo é compreender a evolução da resistência bacteriana a partir de diferentes perspectivas já publicadas em artigos científicos, revisões sistemáticas e relatórios oficiais. Dessa forma este trabalho busca compreender os mecanismos e impactos e estratégias de enfrentamento da resistência bacteriana contribuindo para a preservação da eficácia dos antibióticos e para o fortalecimento da saúde global.

**Palavras-chave:** Resistência Bacteriana; Consequências Clínicas; Antibióticos; Transferência de Genes.

#### ABSTRACT

This thesis is about the evolution of bacterial resistance, one of the greatest challenges in contemporary public health. The work addresses how microorganisms develop mechanisms to survive the action of antibiotics, including genetic mutations, horizontal gene transfer, production of inactivating enzymes, efflux pumps, and alterations in the molecular targets of drugs. These processes make treatments less effective and hinder the control of common infections. The consequences of resistance are wide-ranging:



increased mortality, prolonged hospital stays, higher healthcare costs, and reduced therapeutic options. In addition, routine medical procedures such as surgeries and transplants become more risky due to the possibility of resistant infections. This thesis also discusses control perspectives, highlighting the importance of rational antibiotic use, epidemiological surveillance, and research for new drugs. Raising awareness among society about hygiene and the correct use of antibiotics, as well as among healthcare professionals on effective communication, is essential to reduce the indiscriminate use of antimicrobials. Thus, this work seeks to understand the mechanisms, impacts, and strategies to confront bacterial resistance, contributing to the preservation of antibiotic effectiveness and the strengthening of global health.

**Keywords:** Bacterial Resistance; Clinical Consequences; Antibiotics; Gene Transfer.

## 1 INTRODUÇÃO

A resistência bacteriana é um fenômeno natural que ocorre quando microrganismos desenvolvem a capacidade de sobreviver a ação dos antibióticos e nesse processo, embora esperado pela evolução tem sido agravado pelas práticas humanas, especialmente pelo uso excessivo de antimicrobianos, o que acelera a seleção de cepas resistentes e compromete a eficácia dos tratamentos, há estudos recentes que mostram que além da pressão seletiva os outros fatores como a disseminação de genes de resistência e a inibição enzimática contribuem para a complexidade desse fenômeno (Walsh *et al.*, 2023).

Os mecanismos de resistência são diversos e incluem bombas de efluxo, alteração de alvos e produção de enzimas capazes de inativar antibióticos, demonstrando a capacidade adaptativa das bactérias frente as intervenções terapêuticas (Pitiot *et al.*, 2025), essa diversidade de estratégias torna o enfrentamento da resistência um desafio global, exigindo apenas novas abordagens farmacológica e junto mudanças nas práticas de saúde e políticas públicas.

No Brasil, a este tema tem sido discutido em diferentes contextos e seguindo o trabalho de Bortoli *et al.* (2022) há um destaque da importância da Atenção Primária a Saúde na prevenção e controle da resistência, reforçando a necessidade de políticas integradas e vigilância epidemiológica. Já Silva *et al.* (2025) amplia o tema para o âmbito da agropecuária, mostrando que o uso de antibióticos em animais também favorece a disseminação de genes de resistência, o que mostra essa necessidade de uma abordagem holística baseada no conceito de Saúde Única.

Seguindo essa linha de pensamento o fenômeno da resistência deve ser entendido como um processo evolutivo complexo, impulsionado por fatores biológicos e práticas humanas inadequadas, que ameaça a qualidade de vida da população e ainda aumenta os custos hospitalares.

A escolha deste tema surge com a urgência de compreender e enfrentar esse fenômeno, propondo estratégias integradas de prevenção, controle e educação em saúde, se propondo a analisar a evolução da



resistência bacteriana, seus meios de impactos, além de discutir medidas que possam contribuir para a melhoria da assistência e para a contenção desse problema de saúde pública.

## **2 METODOLOGIA**

### **2.1 TIPO DE PESQUISA**

A presente investigação é uma pesquisa qualitativa de natureza bibliográfica, cujo objetivo é compreender a evolução da resistência bacteriana a partir de diferentes perspectivas já publicadas em artigos científicos, revisões sistemáticas e relatórios oficiais, a escolha por esse tipo de abordagem se justifica pelo caráter multifatorial do fenômeno, que envolve mutações genéticas, pressões seletivas, uso indiscriminado de fármacos e impactos sociais e clínicos.

A revisão integrativa foi adotada porque permite reunir estudos variados, discutir suas contribuições e identificar pontos de convergência ou divergência, além de destacar lacunas que ainda precisam ser exploradas.

Esse formato é especialmente relevante em temas que atravessam diferentes áreas, como microbiologia, saúde pública e políticas de controle, já que possibilita uma visão ampla e crítica, o estudo busca interpretar e relacionar os achados com a realidade atual, oferecendo uma compreensão mais profunda e conectada com os desafios contemporâneos.

### **2.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS**

Os dados utilizados são secundários e foram coletados em bases científicas reconhecidas, como PubMed, SciELO e Web of Science, além de relatórios oficiais de organizações internacionais, incluindo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o Centers for Disease Control and Prevention (CDC) e o European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC).

Para orientar a busca, foram escolhidas palavras-chave específicas: resistência bacteriana, evolução, dinâmicas genéticas, remédios e saúde pública, pois elas representam os principais eixos de análise do estudo. A coleta foi realizada com filtros de data e idioma, garantindo que apenas materiais relevantes e atualizados fossem incluídos e foram priorizados artigos revisados por pares e relatórios técnicos oficiais, assegurando confiabilidade e rigor científico.

O uso de instrumentos digitais de busca facilitou a seleção, permitindo organizar os resultados de forma sistemática e coerente, o que foi essencial para garantir que a pesquisa tivesse uma base sólida construída sobre evidências consistentes e reconhecidas internacionalmente.

### **2.3 AMOSTRA E CRITÉRIOS**

A amostra é composta por artigos científicos, revisões sistemáticas e relatórios oficiais publicados



entre 2016 e 2026, período escolhido para garantir atualização e relevância e os critérios de inclusão foram: publicações em revistas indexadas, revisões sistemáticas e relatórios oficiais de organizações internacionais, todos em acesso aberto e com opção de tradução.

Já os critérios de exclusão foram: publicações anteriores a 2016, textos sem revisão por pares, materiais não científicos ou sem relação direta com resistência bacteriana, com essa delimitação fica segura que a amostra seja representativa e confiável, evitando a inclusão de dados desatualizados ou pouco relevantes. O estudo se concentra em evidências recentes, capazes de refletir os avanços tecnológicos e as novas políticas de saúde pública relacionadas ao tema, o que fortalece a credibilidade dos resultados apresentados.

## 2.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

O processamento dos artigos foi realizado por meio de leitura crítica e categorização dos conteúdos em três eixos principais: caminhos evolutivos, fatores externos e implicações clínicas onde cada artigo selecionado foi analisado quanto a sua contribuição para esses eixos, permitindo identificar padrões e tendências. A categorização foi feita de forma sistemática, com anotações e fichamentos que destacaram os pontos centrais de cada estudo, o que facilitou a comparação entre diferentes fontes e possibilitou uma visão integrada do fenômeno.

Foram registradas as metodologias utilizadas pelos autores, os contextos de aplicação e as conclusões apresentadas. Esse processo garantiu que a análise fosse abrangente e fundamentada, respeitando a diversidade de perspectivas existentes na literatura e permitindo que os resultados fossem discutidos de maneira crítica e consistente.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 MECANISMOS EVOLUTIVOS DA RESISTÊNCIA BACTERIANA

O fenômeno de multirresistência surge como consequência direta da pressão seletiva criada pelo uso de antibióticos, pois as bactérias desenvolvem estratégias para sobreviver em ambientes hostis e manter sua viabilidade. Souza *et al.* (2026), explicam que desde a introdução da penicilina já havia relatos de enzimas capazes de inativar o fármaco, mostrando que os mecanismos de defesa bacteriana antecedem até mesmo a aplicação clínica dos antimicrobianos, o que reforça a ideia de que a resistência é parte da história evolutiva natural dos microrganismos.

Os processos genéticos são centrais nesse processo porque permitem as bactérias modificar seus alvos moleculares ou adquirir genes externos que ampliam sua capacidade de sobrevivência. Munita e Arias (2016) descrevem que a plasticidade genética é o motor da resistência, já que mutações cromossômicas e transferência horizontal de DNA garantem adaptação rápida em ambientes hospitalares e comunitários, e



esse comentário evidencia que se trata de mutações isoladas com união ao que chamamos de respostas coordenadas que envolvem regulação metabólica e ativação de bombas de efluxo.

A resistência natural também merece destaque porque algumas espécies já possuem barreiras estruturais contra determinados antibióticos, como as bactérias gram-negativas que impedem a entrada da penicilina G. Araújo *et al.* (2025) ressaltam que a resistência adquirida, mais comum, decorre de mutações ou transferência de genes, processo que se intensifica com o uso inadequado de medicamentos.

O uso massivo de medicamentos em diferentes contextos acelera a seleção de cepas resistentes porque cria um ambiente de pressão constante. Carvalho *et al.* (2026) lembram que a utilização indiscriminada em medicina humana, veterinária e agricultura ampliou a exposição das bactérias aos antimicrobianos, favorecendo a disseminação de genes de resistência em escala global, e esse cenário evidencia que fatores ambientais e econômicos também influenciam a evolução bacteriana.

Os pilares estruturais e fisiológicos são igualmente relevantes porque envolvem estratégias como a formação de biofilmes que dificultam a ação dos fármacos. Melo *et al.* (2026) explicam que além da produção de enzimas inativadoras, os biofilmes criam barreiras físicas e químicas que protegem as bactérias, tornando o tratamento mais complexo, e esse dado mostra que a resistência é genética e de organização celular.

Enquanto a diversidade de geração é ampla porque a resistência pode ocorrer por modificações no alvo do antibiótico, diminuição da captação da droga, ativação de bombas de efluxo ou alterações globais em vias metabólicas. Munita e Arias (2016) reforçam que essa variedade explica por que uma única bactéria consegue resistir a múltiplas classes de antibióticos, o que compromete diferentes linhas de tratamento e aumenta a gravidade das infecções.

Pois as mutações cromossômicas também desempenham papel importante porque podem conferir resistência simultânea a vários antibióticos. Araújo *et al.* (2025) relatam que enterobactérias como *Klebsiella* e *Enterobacter* apresentam esse tipo de adaptação, o que gera fenótipos multirresistentes e compromete a eficácia terapêutica, e esse dado mostra que a evolução da resistência pode ocorrer de forma integrada e não isolada.

A teoria darwinista de seleção natural ajuda a compreender esse fenômeno porque o ambiente criado pelo uso intensivo de antimicrobianos favorece os organismos mais adaptados. Carvalho *et al.* (2026) , observam que a resistência é um fenômeno natural, mas sua aceleração está diretamente ligada ao uso indiscriminado, criando condições para que mutantes resistentes predominem, e essa reflexão conecta ciência básica com prática clínica.

Indicando que a transferência horizontal de genes é uma das principais dinâmicas de disseminação porque permite que bactérias compartilhem informações genéticas entre espécies diferentes. Melo *et al.* (2026) discutem que esse processo ocorre por transformação, transdução ou conjugação, e esse comentário



mostra que a resistência envolve sistemas complexos de troca genética que são relevantes porque funcionam como sistemas de recombinação capazes de incorporar novos genes de resistência em cassetes móveis. Munita e Arias (2016) exemplificam que esses elementos garantem expressão e perpetuação dos genes adquiridos, mostrando a sofisticação da evolução bacteriana, que envolve estratégias organizadas de aquisição e manutenção de informações úteis.

A presença de genes de resistência antes mesmo da introdução clínica de determinados fármacos é um dado intrigante porque reforça a ideia de que a resistência faz parte da natureza bacteriana. Araújo *et al.* (2025) relatam que cepas de *Escherichia coli* de 1946 já apresentavam plasmídeos com genes de resistência a tetraciclina e estreptomicina, e esse achado mostra que os genes estavam disponíveis no ambiente antes da aplicação médica.

A mobilidade genética amplia a disseminação porque plasmídeos e transposons carregam múltiplos genes e transferem rapidamente entre bactérias. Carvalho *et al.* (2026) , destacam que essa capacidade de mobilidade torna a resistência um fenômeno dinâmico e difícil de controlar, já que os elementos móveis aceleram a adaptação.

A resistência pode ocorrer sem contato prévio com o antibiótico porque algumas populações bacterianas já possuem genes latentes que podem ser ativados. Melo *et al.* (2026) comentam que esse processo mostra que a evolução da resistência é contínua e independente, podendo ser acelerada pelo uso humano e não depende exclusivamente dele.

A interação entre fatores genéticos, bioquímicos e ambientais explica a complexidade do problema porque envolve múltiplas dimensões que se interconectam. Munita e Arias (2016) reforçam que a resistência é um exemplo claro de adaptação evolutiva, e essa visão integrada ajuda a compreender por que o controle é tão difícil.

É um fenômeno global em crescimento porque combina meios evolutivos com práticas humanas que favorecem sua disseminação. Araújo *et al.* (2025) concluem que esforços coordenados são necessários para conter esse avanço, e essa conclusão conecta os achados sobre mecanismos evolutivos com a necessidade de políticas públicas e estratégias de saúde.

### 3.2 FATORES EXTERNOS QUE ACELERAM A RESISTÊNCIA BACTERIANA

O avanço da resistência bacteriana não pode ser compreendido apenas pelos sistemas internos das células, pois fatores externos desempenham papel decisivo na velocidade com que esse fenômeno se espalha. Araújo *et al.* (2025) apontam que o uso inadequado de antibióticos em ambientes hospitalares e comunitários cria uma pressão seletiva constante, favorecendo mutantes resistentes e ampliando a disseminação de cepas multirresistentes. Essa observação mostra que práticas clínicas equivocadas e automedicação são elementos centrais na intensificação do problema.



O consumo indiscriminado de antimicrobianos em países com alta prevalência de infecções é outro fator que acelera a resistência, porque aumenta a exposição das bactérias a diferentes moléculas e estimula a seleção de variantes adaptadas. Carvalho *et al.* (2026) , relatam que em Portugal, por exemplo, o uso excessivo de quinolonas e beta-lactâmicos de amplo espectro contribuiu para o crescimento de cepas resistentes em infecções urinárias e respiratórias, e esse dado evidencia que padrões de prescrição inadequados têm impacto direto na evolução da resistência.

A utilização de agentes terapêuticos na agropecuária também exerce influência significativa, já que doses subterapêuticas são aplicadas como promotores de crescimento animal. Souza *et al.* (2026) , destacam que milhões de toneladas de medicamentos foram liberadas no ambiente ao longo das últimas décadas, contaminando água e solo e criando reservatórios ecológicos de resistência. Esse cenário demonstra que práticas econômicas e industriais ampliam a pressão seletiva e tornam o problema ainda mais complexo.

O ambiente hospitalar é considerado um dos principais locais de disseminação porque concentra pacientes vulneráveis e uso intensivo de antimicrobianos. Melo *et al.* (2026) explicam que a introdução de microrganismos resistentes em unidades de saúde pode ocorrer por meio de objetos contaminados, profissionais sem medidas adequadas de proteção ou mesmo pela falta de higienização das mãos, e esse comentário reforça que falhas estruturais e comportamentais contribuem para a propagação.

A pressão seletiva também é intensificada pelo uso de antibióticos em situações em que não há necessidade clínica, pois estimativas da Organização Mundial da Saúde indicam que cerca de metade das prescrições são desnecessárias. Carvalho *et al.* (2026) , relatam que esse padrão de consumo cria condições favoráveis para que bactérias resistentes predominem, e esse dado mostra que a resistência é resultado de escolhas médicas e sociais que poderiam ser evitadas.

O impacto da resistência em países em desenvolvimento é ainda mais grave porque a falta de políticas de controle e a automedicação ampliam a disseminação comunitária. Araújo *et al.* (2025) ressaltam que nesses contextos a resistência se torna endêmica rapidamente, já que bactérias resistentes se multiplicam sem barreiras adequadas, e esse ponto evidencia que desigualdades estruturais também aceleram o problema.

A presença também em produtos de higiene, desinfetantes e agricultura amplia a exposição bacteriana porque cria ambientes saturados de moléculas antimicrobianas. Souza *et al.* (2026) , comentam que essa saturação do planeta com agentes tóxicos contribuiu para a seleção de cepas resistentes em diferentes ecossistemas, e esse dado mostra que a resistência é clínica e ambiental.

O uso de antimicrobianos em pacientes imunocomprometidos é outro fator que acelera a resistência porque exige tratamentos prolongados e intensivos. Melo *et al.* (2026) explicam que nesses casos há maior probabilidade de seleção de mutantes resistentes, e esse comentário mostra que condições clínicas



específicas também influenciam a evolução bacteriana.

A ausência de vigilância epidemiológica eficaz contribui para a disseminação porque impede a detecção precoce de surtos. Carvalho *et al.* (2026) , relatam que em muitos países não há sistemas confiáveis de monitoramento, o que retarda medidas de contenção, e esse dado reforça que a resistência é agravada pela falta de informação organizada.

O uso em larga escala em comunidades sem orientação médica cria um ciclo de resistência porque favorece a seleção de cepas adaptadas e dificulta o tratamento posterior. Araújo *et al.* (2025) destacam que a resistência comunitária é hoje um dos maiores desafios, já que ultrapassa os limites hospitalares e se espalha em ambientes cotidianos, e esse ponto mostra que o problema deixou de ser restrito as instituições de saúde.

### 3.3 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS E DE SAÚDE PÚBLICA

As consequências da resistência bacteriana ultrapassam os limites da microbiologia porque afetam diretamente a prática médica e a organização dos sistemas de saúde. Munita e Arias (2016) destacam que infecções causadas por organismos multirresistentes estão associadas a maior mortalidade e prolongamento das internações, o que gera custos elevados e compromete a eficácia de procedimentos complexos como transplantes e cirurgias de grande porte. Esse cenário mostra que a resistência é um desafio científico e problema que ameaça a sustentabilidade da medicina moderna.

O impacto econômico também merece atenção porque o tratamento de pacientes infectados por bactérias resistentes exige uso de fármacos de segunda ou terceira linha, geralmente mais caros e com maior toxicidade. Araújo *et al.* (2025) relatam que a adaptação aumenta significativamente os gastos hospitalares e limita as opções terapêuticas, e esse dado evidencia que a resistência compromete tanto a saúde individual quanto a coletiva, já que os recursos destinados ao controle poderiam ser aplicados em outras áreas da saúde pública.

A disseminação comunitária amplia ainda mais as implicações porque transforma a resistência em um problema cotidiano. Carvalho *et al.* (2026) , observam que o uso indiscriminado de materiais fora do ambiente hospitalar favorece a circulação de cepas resistentes em infecções comuns como pneumonia e infecções urinárias, e esse ponto mostra que a resistência deixou de ser restrita a hospitais e passou a afetar diretamente a vida da população em geral.

A Organização Mundial da Saúde reconhece a resistência como uma das maiores ameaças a saúde global porque compromete o tratamento de doenças transmissíveis e aumenta o risco de epidemias. Melo *et al.* (2026) explicam que surtos hospitalares de microrganismos resistentes, como *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, prolongam internações e exigem medidas de isolamento, e esse comentário reforça que a resistência impacta tanto a prática clínica quanto a gestão hospitalar.



O problema também se reflete na segurança dos pacientes porque infecções resistentes elevam o risco de complicações graves. Araújo *et al.* (2025) relatam que a resistência está associada a maior morbidade e mortalidade em infecções hospitalares e comunitárias, e esse dado mostra que a resistência compromete diretamente a qualidade da assistência médica.

A falta de novos medicamentos antibacterianos agrava ainda mais as implicações porque limita as alternativas terapêuticas disponíveis. Souza *et al.* (2026) , lembram que o número de classes de unidades eficazes diminuiu drasticamente nas últimas décadas, e esse ponto evidencia que a resistência avança mais rápido do que a capacidade da indústria farmacêutica de desenvolver novos fármacos.

O impacto na saúde coletiva é evidente porque a resistência dificulta o controle de doenças endêmicas e epidêmicas. Carvalho *et al.* (2026) , relatam que surtos de infecções resistentes em hospitais portugueses aumentaram os custos e a mortalidade, e esse dado mostra que a resistência compromete a capacidade dos sistemas de saúde de responder a emergências.

A vulnerabilidade de pacientes imunocomprometidos é outro aspecto relevante porque eles dependem de tratamentos prolongados e intensivos. Melo *et al.* (2026) explicam que nesses casos a resistência aumenta o risco de falhas terapêuticas e complicações graves, e esse comentário mostra que a resistência impacta diretamente grupos de maior risco.

A resistência também compromete metas globais de saúde porque dificulta o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Araújo *et al.* (2025) relatam que indicadores de resistência antimicrobiana foram incluídos pela OMS para monitorar a prevalência de sepse causada por MRSA e *E. coli* resistentes, e esse dado mostra que a resistência é reconhecida como um obstáculo para o progresso em saúde pública. O problema exige políticas integradas porque não pode ser resolvido apenas com medidas clínicas.

Munita e Arias (2016) reforçam que estratégias de vigilância, uso racional de antimicrobianos e desenvolvimento de novas terapias são fundamentais para conter a resistência, e esse comentário evidencia que o enfrentamento depende de ações coordenadas entre diferentes setores da sociedade.

### 3.4 PERSPECTIVAS DE CONTROLE E NOVAS TECNOLOGIAS

O enfrentamento da resistência bacteriana exige estratégias inovadoras porque os métodos tradicionais já não são suficientes para conter a disseminação de cepas multirresistentes. Munita e Arias (2016) ressaltam que compreender os mecanismos bioquímicos e genéticos da resistência é fundamental para desenvolver terapias mais eficazes, pois somente com esse conhecimento é possível criar moléculas capazes de superar barreiras estruturais e funcionais das bactérias. Essa visão mostra que o futuro do controle depende de ciência aplicada e de investimentos contínuos em pesquisa.

O desenvolvimento de novos antibióticos é uma das principais perspectivas porque amplia o arsenal terapêutico disponível. Souza *et al.* (2026) , lembram que a descoberta de classes antimicrobianas diminuiu



drasticamente nas últimas décadas, e esse dado evidencia que a indústria farmacêutica precisa retomar esforços de inovação, já que a resistência avança mais rápido do que a produção de novos fármacos. Essa constatação reforça a necessidade de políticas de incentivo a pesquisa e colaboração internacional.

A utilização de bacteriófagos surge como alternativa promissora porque esses vírus específicos atacam bactérias resistentes sem afetar células humanas. Araújo *et al.* (2025) destacam que terapias baseadas em fagos estão sendo estudadas como complemento ou substituição dos fármacos em casos graves, e esse ponto mostra que a biotecnologia pode oferecer soluções adaptadas a realidade atual.

O uso de peptídeos antimicrobianos também representa uma inovação porque eles atuam diretamente na membrana bacteriana, causando destruição rápida das células. Carvalho *et al.* (2026) , explicam que esses compostos naturais ou sintéticos têm potencial para substituir medicações convencionais em infecções hospitalares, e esse comentário evidencia que novas moléculas podem reduzir a dependência de classes já desgastadas pela resistência.

A abordagem integrada conhecida como *One Health* é outra perspectiva relevante porque considera simultaneamente os contextos humano, animal e ambiental. Melo *et al.* (2026) reforçam que políticas de controle precisam incluir vigilância epidemiológica, uso racional de antimicrobianos e medidas de biossegurança, e esse dado mostra que o enfrentamento da resistência deve ser responsabilidade de todos.

A implementação de Programas de Otimização do Uso de Antibióticos é apontada como essencial porque reduz prescrições desnecessárias e melhora a eficácia dos tratamentos. Araújo *et al.* (2025) relatam que esses programas já demonstraram impacto positivo em hospitais, diminuindo taxas de resistência e custos associados, e esse ponto evidencia que medidas de gestão são tão importantes quanto avanços científicos.

O investimento em vigilância epidemiológica global é indispensável porque permite identificar surtos precocemente e adotar medidas de contenção. Carvalho *et al.* (2026) , relatam que a ausência de sistemas confiáveis em muitos países retarda ações de controle, e esse dado mostra que a resistência é agravada pela falta de monitoramento adequado.

A biologia sintética abre novas possibilidades porque possibilita a criação de moléculas artificiais com ação antimicrobiana específica. Munita e Arias (2016) comentam que essa área pode gerar compostos capazes de superar mecanismos de defesa bacteriana, e esse ponto mostra que a inovação tecnológica é uma aliada indispensável no combate a resistência.

O uso de inteligência artificial em pesquisas farmacêuticas também é uma perspectiva concreta porque permite analisar grandes volumes de dados genômicos e identificar alvos terapêuticos com maior precisão. Souza *et al.* (2026) , destacam que compreender o resistoma é essencial para prever padrões de resistência, e esse comentário evidencia que ferramentas digitais podem acelerar descobertas e reduzir custos.



A cooperação internacional é outro caminho porque a resistência é um problema global e não pode ser enfrentado isoladamente. Melo *et al.* (2026) explicam que políticas coordenadas entre países são fundamentais para reduzir o impacto da resistência, e esse dado mostra que o enfrentamento exige solidariedade e integração.

#### 4 CONCLUSÃO

O objetivo central deste trabalho foi compreender os mecanismos de resistência bacteriana, identificar os fatores externos que intensificam sua evolução, discutir as implicações clínicas e sociais e apresentar perspectivas de controle e novas tecnologias, essa análise permitiu observar que a resistência é resultado de processos evolutivos complexos e das práticas humanas que ampliam sua disseminação, confirmando que o problema não pode ser tratado apenas como um fenômeno biológico.

Os principais resultados evidenciam que mutações genéticas, transferência horizontal de genes e formação de biofilmes são modos de ação que sustentam a resistência, enquanto o uso indiscriminado de antibióticos em hospitais, comunidades e ambientes agrícolas acelera sua propagação. Foi possível verificar que as consequências clínicas incluem aumento da mortalidade, prolongamento das internações e elevação dos custos hospitalares, além de comprometer procedimentos médicos avançados.

As contribuições desta pesquisa estão na integração de diferentes perspectivas teóricas e práticas, reunindo evidências que reforçam a necessidade de políticas públicas, programas de uso racional de antimicrobianos e investimentos em inovação científica. O estudo também destaca que o enfrentamento da resistência exige uma abordagem global, envolvendo saúde humana, animal e ambiental, em consonância com a proposta *One Health*.

É de interesse para o tema que pesquisas futuras aprofundem o desenvolvimento de terapias alternativas, como bacteriófagos e peptídeos antimicrobianos, além de explorar o uso de inteligência artificial e biologia sintética para acelerar a descoberta de novos fármacos. Também é necessário ampliar estudos sobre vigilância epidemiológica e impacto econômico da resistência, para subsidiar políticas mais eficazes e sustentáveis.

#### REFERÊNCIAS

CARVALHO, Bruna Meneguello Borges de; *et al.* **Resistência aos  $\beta$ -lactâmicos: ênfase na carbapenemase KPC no Brasil.** Recima21 – Revista Científica Multidisciplinar, v. 7, n. 1, 2026. DOI: 10.47820/recima21.v7i1.8242. Disponível em: <<https://doi.org/10.47820/recima21.v7i1.8242>>. Acesso em: 10 maio 2026.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM TERAPIA INTENSIVA – CEATENF. **Resistência**



**bacteriana: um desafio para a enfermagem.** Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008. Disponível em: [http://www.ceatenf.ufc.br/ceatenf\\_arquivos/ceatenf\\_arquivos/Artigos/35.pdf](http://www.ceatenf.ufc.br/ceatenf_arquivos/ceatenf_arquivos/Artigos/35.pdf). Acesso em: 15 abr. 2026.

BORTOLI, M. C.; BONFIM, J. R. A.; *et al.* **Prevenção e controle de resistência aos antimicrobianos na Atenção Primária a Saúde: evidências para políticas.** *Ciência & Saúde Coletiva*, v.27, n.1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232022271.22202020> Acesso em: 28 abr. 2026.

MELO, Jonas de Sousa; *et al.* Resistência bacteriana hospitalar: principais patógenos multirresistentes e estratégias de controle. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 12, n. 5, 2026. DOI: 10.51891/rease.v12i5.26231. Disponível em: <<https://doi.org/10.51891/rease.v12i5.26231>>. Acesso em: 9 jun. 2026.

MUNITA, J. M.; ARIAS, C. A. **Mechanisms of antibiotic resistance.** *Microbiology Spectrum*, v.4, n.2, p.1-37, 2016. Disponível em: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/microbiolspec.VMBF-0016-2016>. Acesso em: 10 maio 2026.

PITOT, A.; ROLIN, C.; SEGUIN-DEVAUX, C.; ZIMMER, J. **Fighting antibiotic resistance: insights into human barriers and new opportunities.** *BioEssays*, v.47, n.6, e70001, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bies.70001>. Acesso em: 25 maio 2026.

Resistência bacteriana: um desafio para a saúde pública. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v.72, n.1, p.10-15, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/7kYf3Jm7V9L6c9Jm9tYf3Jm7/?lang=pt> ). Acesso em: 30 maio 2026.

SILVA, R. A.; LUIZA, V. L.; BERMUDEZ, J. A. Z.; SCHNEIDER, M. C. **A Saúde Única no enfrentamento da resistência bacteriana a antibióticos no âmbito da agropecuária.** *Saúde em Debate*, v.49, n.144, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2358-289820251449713P> Acesso em: 05 jun. 2026.

SOUZA, Jurcilei Nunes Felix de; *et al.* Manejo de infecções por microrganismos multirresistentes. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 7, n. 4, 2026. DOI: 10.47820/recima21.v7i4.7521. Disponível em: <<https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7521>>. Acesso em: 9 jun. 2026

WALSH, T. R.; GALES, A. C.; LAXMINARAYAN, R.; DODD, P. C. **Antimicrobial resistance: addressing a global threat to humanity.** *PLoS Medicine*, v.20, n.7, e1004264, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1004264> Acesso em: 07 jun. 2026.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Antimicrobial resistance.** Geneva: WHO, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>. Acesso em: 09 jun. 2026.