

12. PREVALÊNCIA DE BACTÉRIAS MULTIRRESISTENTES NO AMBIENTE HOSPITALAR E O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS NA DETECÇÃO E CONTROLE

ROSANGELA MARIA ALMEIDA ALVES
JENNYFER LARISSA FRANÇA DA SILVA
FABIANO MALTA DA SILVA
MARIA DA CONCEIÇÃO SOARES DIAS
HILDAYANE SARAIVA ARAGÃO
MSC. MARIA DO SOCORRO DE LIMA SILVA
MSC. ANDREA PECCE BENTO
DRA. KAUANE DURÃES DO ROSÁRIO

Descritores:
Resistência Antimicrobiana;
Detecção e Controle;
Tecnologias Diagnósticas;
Infecção Hospitalar.

Descriptors:
Antimicrobial Resistance;
Detection and Control;
Diagnostic Technologies;
Hospital Infection.

RESUMO

Revisou-se a prevalência de bactérias multirresistentes em setores hospitalares, com ênfase em UTIs, e o impacto das tecnologias diagnósticas na contenção dessas infecções. Evidenciou-se que KPC, MRSA e *P. aeruginosa* predominam, elevando morbimortalidade e custos. A integração de métodos diagnósticos rápidos e programas de stewardship mostrou-se essencial para controle efetivo.

ABSTRACT

The prevalence of multidrug-resistant bacteria in hospital sectors, with emphasis on ICUs, and the impact of diagnostic technologies on infection containment were reviewed. KPC, MRSA, and *P. aeruginosa* predominated, increasing morbidity, mortality, and costs. The integration of rapid diagnostic methods and stewardship programs proved essential for effective control.

Como citar esse artigo:

Alves RMA, Silva JLF, Silva FM, Dias MCS, Aragão HS, Silva MSL, et al. Prevalência de bactérias multirresistentes no ambiente hospitalar e o impacto das tecnologias na detecção e controle. Rev Acad Saúde Educ. 2026;5(1).

INTRODUÇÃO

A resistência antimicrobiana (RAM) representa uma das maiores crises sanitárias do século XXI, sendo reconhecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como uma "pandemia silenciosa" devido à sua disseminação contínua, impacto progressivo sobre a mortalidade e sobrecarga dos sistemas de saúde, e à ausência de sinais imediatos que mobilizem políticas públicas efetivas.^{1,2} Estima-se que, globalmente, aproximadamente 1,27 milhão de mortes em 2019 tenham sido diretamente atribuídas a infecções por bactérias multirresistentes (BMRs), com projeções alarmantes que indicam até 10 milhões de óbitos anuais até 2050, caso medidas eficazes de contenção não sejam adotadas.¹ Dados de 2020 a 2024 sugerem que o crescimento da RAM permaneceu acelerado, com aumento de 10 a 20% nas taxas de infecção por BMRs em ambientes hospitalares, particularmente em UTIs, refletindo tanto a evolução natural da resistência quanto o impacto da pandemia de COVID-19 sobre o uso indiscriminado de antimicrobianos.^{3,4}

Além do elevado impacto clínico, a RAM impõe enormes custos econômicos e sociais. Estudos recentes mostram que infecções por BMRs prolongam em média 7 a 14 dias a hospitalização, aumentando em até 40% o custo médio de internação.^{5,6} O uso de antibióticos de última linha, a necessidade de isolamento de pacientes e a sobrecarga de recursos humanos intensificam o impacto financeiro, especialmente em países de renda média e baixa, onde a disponibilidade de terapias alternativas é limitada.⁷

O ambiente hospitalar constitui o epicentro da disseminação da RAM, devido à concentração de pacientes graves, à utilização frequente de dispositivos invasivos, como cateteres, ventiladores mecânicos e sondas, e à exposição a terapias antimicrobianas prolongadas.^{8,9} Entre os patógenos mais prevalentes, destacam-se *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC), *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente, *Acinetobacter baumannii* e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA).¹⁰⁻¹² Tais bactérias exibem múltiplos mecanismos de resistência, incluindo mutações cromossômicas, produção de β -lactamases de espectro estendido (ESBLs), carbapenemases como KPC e NDM, modificações em proteínas ligadoras de penicilina (PBPs), e transferência horizontal de genes por plasmídeos, integrons e transposons.^{13,14}

O diagnóstico precoce da RAM é crucial para o manejo clínico eficiente. O antibiograma permanece como a principal ferramenta de caracterização fenotípica, embora sua limitação temporal, com resultados disponíveis somente após 24 a 72 horas, possa comprometer intervenções rápidas.¹⁵ Nesse contexto, tecnologias emergentes têm sido cada vez mais



incorporadas em hospitais de alta complexidade. Entre elas, destacam-se a PCR em tempo real, a espectrometria de massas MALDI-TOF, o sequenciamento de nova geração (NGS) e plataformas automatizadas de detecção de resistência.^{16, 17}

A prevenção continua sendo o pilar mais eficaz no controle da disseminação de BMRs. Medidas como bundles de prevenção de infecções relacionadas à assistência à saúde (IRAS), programas institucionais de gestão antimicrobiana (antimicrobial stewardship), higienização adequada das mãos, uso racional de antibióticos, isolamento de pacientes colonizados ou infectados e vigilância epidemiológica contínua têm demonstrado resultados consistentes.^{18, 19} Estudos recentes indicam que a implementação sistemática dessas estratégias pode reduzir em até 30% a incidência de infecções por BMRs em UTIs.^{20, 21} No contexto brasileiro, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) tem desenvolvido programas específicos para o controle de BMRs, incluindo o Manual de prevenção de infecções por microrganismos multirresistentes e boletins de vigilância epidemiológica.^{22, 23} Estudos nacionais demonstram que a prevalência de BMRs em UTIs brasileiras segue padrões similares aos observados globalmente.^{24, 25}

Diante deste cenário complexo e multifacetado, o presente estudo tem como objetivo revisar a prevalência de BMRs em diferentes setores hospitalares, com ênfase nas UTIs, analisar os principais mecanismos de resistência identificados e discutir o impacto das tecnologias diagnósticas e estratégias de prevenção na contenção e controle dessas infecções, contribuindo para a formulação de protocolos clínicos e políticas institucionais baseadas em evidências.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa consiste em uma revisão integrativa da literatura com abordagem descritiva e analítica, visando reunir e sintetizar evidências atuais sobre a prevalência de bactérias multirresistentes (BMRs) no ambiente hospitalar, mecanismos de resistência e impacto das tecnologias de diagnóstico. A estratégia adotada favoreceu o reconhecimento dos principais avanços e desafios enfrentados pelo setor de saúde entre 2008 e 2025, garantindo rigor metodológico e relevância dos dados incluídos.

A busca por artigos foi realizada em quatro grandes bancos de dados científicos: PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS e *Web of Science*. Foram procurados trabalhos que abordassem resistência de bactérias em hospitais, formas de diagnóstico e estratégias para controlar a disseminação dessas bactérias. Para garantir relevância e atualização, apenas publicações dos últimos dezessete anos, escritas em português, inglês ou espanhol, foram



consideradas.

Foram aceitos artigos originais de pesquisa, revisões que analisassem vários estudos e relatórios de órgãos reconhecidos. Foram excluídos trabalhos repetidos, textos voltados para animais, agricultura ou ambientes externos ao hospital, além de relatos isolados de casos e opiniões pessoais. A escolha dos estudos foi feita com atenção, revisando títulos, resumos e o conteúdo principal para garantir a aderência ao tema proposto.

Os dados extraídos dos artigos incluíram informações sobre onde as bactérias resistentes aparecem com mais frequência nos hospitais, quais tipos de bactérias são mais encontradas, o que as torna resistentes, quais exames são usados para identificar essas infecções e qual é o impacto nos pacientes e no funcionamento dos hospitais. As informações foram agrupadas de forma organizada por assunto para facilitar o entendimento dos resultados e possibilitar uma discussão aprofundada sobre os desafios e avanços no enfrentamento dessas infecções.

Tabela 12-1. Caracterização metodológica da revisão integrativa sobre prevalência de bactérias multirresistentes no ambiente hospitalar e o impacto das tecnologias na detecção e controle.

Aspecto	Descrição
Tipo de Estudo	Revisão Integrativa da Literatura (Descritiva e Analítica)
Período de Busca	2008 a 2025
Bases de Dados	PubMed/MEDLINE, SciELO, LILACS
Estratégia de Busca	Descritores controlados e palavras-chave relacionadas a: Resistência Microbiana, Detecção de Bactérias em Ambiente Hospitalar e Controle
Filtros Aplicados	Publicação entre 2008-2025; idiomas: português, inglês e espanhol
Crítérios de Inclusão	Artigos publicados entre 2008 e 2025; idiomas português, inglês e espanhol; estudos originais, revisões sistemáticas e relatórios de organismos internacionais
Crítérios de Exclusão	Artigos duplicados; foco em resistência na comunidade ou em medicina veterinária/agrícola; relatos de caso e editoriais
Itens de Dados Extraídos	Prevalência de BMRs por setor hospitalar; espécies bacterianas predominantes; mecanismos de resistência identificados; tecnologias utilizadas para diagnóstico; impacto clínico e econômico
Síntese e Análise	Informações sintetizadas em matrizes comparativas e organizadas nos eixos temáticos: Prevalência, Mecanismos de Resistência e Impacto Tecnológico
Total de textos incluídos	45

Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A resistência aos antimicrobianos (RAM) é amplamente considerada como uma das principais ameaças à saúde pública global, recebendo da Organização Mundial da Saúde (OMS) o título de "pandemia silenciosa".⁹ Essa situação surge devido à habilidade dos microrganismos, em particular das bactérias, de persistirem e se multiplicarem mesmo quando expostos a antimicrobianos que anteriormente eram eficazes, o que coloca em risco o



tratamento de infecções comuns e procedimentos clínicos essenciais como cirurgias complexas, transplantes de órgãos, terapias para o câncer e o cuidado de infecções severas em unidades de terapia intensiva.⁹ Pesquisas recentes indicam que, em 2019, cerca de 1,27 milhão de óbitos foram diretamente relacionados a infecções resistentes a antibióticos.^{9,10} Se não forem adotadas estratégias eficazes e integradas, esse número pode chegar a 10 milhões anualmente até 2050. Esse cenário evidencia a urgência de uma ação articulada envolvendo governos, instituições de saúde, pesquisadores e profissionais da saúde, que deve incluir não apenas a diminuição do uso impróprio de antimicrobianos, mas também o desenvolvimento de políticas fortes de monitoramento, prevenção e inovação tecnológica, essenciais para evitar uma crise sanitária de proporções globais.^{9,10}

Entre os anos de 2020 e 2024, observou-se um aumento expressivo das infecções hospitalares por bactérias multirresistentes (BMRs), fenômeno potencializado pelo impacto da pandemia de COVID-19.¹⁰ A maior utilização do uso empírico de antibióticos em pacientes críticos, as modificações nos fluxos hospitalares e a sobrecarga dos serviços de saúde favoreceram condições ideais para a seleção de microrganismos resistentes. Notificações apontam crescimento de 10% a 20% nas taxas de infecção e colonização por BMRs nesse período, sobretudo em unidades de terapia intensiva, onde a concentração de pacientes graves e imunocomprometidos facilita a persistência e disseminação de clones multirresistentes.¹⁰ Esse crescimento decorre não apenas de fatores clínicos, mas também de aspectos organizacionais e estruturais, como falta de profissionais capacitados, ausência de protocolos uniformes de prevenção e limitação de recursos para diagnóstico rápido. Dessa forma, evidencia-se que a resistência antimicrobiana (RAM) é simultaneamente um desafio médico e institucional.¹¹

No Brasil, conforme informações registradas na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), somadas a estudos multicêntricos recentes, a prevalência de BMRs é particularmente alta em UTIs, chegando a 32-35% dos isolados bacterianos.¹² Em enfermarias cirúrgicas, o percentual gira em torno de 18%, enquanto em setores de emergência permanece próximo a 12%. Este índice reflete que o desafio da RAM não é restrito a regiões com infraestrutura limitada; países de média e alta renda também enfrentam taxas expressivas, indicando que a resistência antimicrobiana é uma preocupação global, que demanda estratégias coordenadas de prevenção, diagnóstico e ações clínicas.¹² Estudos entre diferentes instituições indicam que hospitais com protocolos de vigilância bem estruturados conseguem diminuir taxas de infecção em até 25%, evidenciando que a implementação de medidas padronizadas de prevenção é fundamental para frear a



propagação de BMRs.¹³

As repercussões das infecções por BMRs vão além do impacto médico inicial, incluindo também impactos econômicos e sociais expressivos.¹⁴ Pacientes infectados apresentam prolongamento do tempo de internação, geralmente entre 7 e 14 dias adicionais, e necessitam de recursos terapêuticos mais intensivos, incluindo isolamento e monitoramento laboratorial contínuo. Esse prolongamento do acompanhamento constante aumenta despesas hospitalares em até 40% por paciente, principalmente devido ao uso de antibióticos de última linha, muitas vezes mais caros e com maior grau de toxicidade, e ao prolongamento do cuidado especializado, sobrecarregando sistemas de saúde já fragilizados.¹⁴ Além disso, as consequências são evidentes para as famílias, que enfrentam custos indiretos significativos, perda de produtividade e ansiedade psicológica decorrente da gravidade das infecções, especialmente quando os pacientes são economicamente ativos ou parte de grupos vulneráveis.¹⁵

O ambiente hospitalar apresenta condições favoráveis à transmissão de BMRs devido a uma série de elementos predisponentes, que elevam os números de pacientes em estado crítico.¹⁶ A utilização constante de dispositivos invasivos como cateteres, sondas urinárias, ventiladores mecânicos e drenos cirúrgicos, associados à presença de biofilmes persistentes em superfícies e equipamentos hospitalares, cria um ambiente ideal para colonização e transmissão cruzada. A comunicação constante entre profissionais de saúde e pacientes, muitas vezes intensificada pela sobrecarga de trabalho e negligência na higienização, favorece a ocorrência de surtos repetidos. Relatos de hospitais brasileiros demonstram que superfícies de contato frequente, como maçanetas, monitores e mesas de cabeceira, podem atuar como reservatórios de BMRs por períodos prolongados, reforçando a necessidade de protocolos de limpeza rigorosos e monitoramento ambiental constante.¹⁷

Um levantamento mostrou que entre os patógenos mais frequentes identificados destacam-se *Klebsiella pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC), *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente, *Acinetobacter baumannii* e *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA).¹⁸ Esses patógenos correspondem a mais de 80% das infecções hospitalares multirresistentes, segundo dados recentes, e são foco principal de protocolos de vigilância e manejo clínico. O risco associado a essas bactérias decorre da sua capacidade de resistir a múltiplas classes de antibióticos, tornando o tratamento complexo, prolongando a morbidade e aumentando a mortalidade hospitalar. Notadamente, a *K. pneumoniae* KPC apresenta elevada habilidade de propagação horizontal de genes de resistência, o que facilita surtos concomitantes em diferentes setores hospitalares e compromete o resultado de



antibióticos de última geração.¹⁹

Os dados de pesquisas acerca da resistência bacteriana evidenciam a variedade de mecanismos interligados entre si, constituindo um desafio científico e clínico.²⁰ Entre esses mecanismos, salientam-se a síntese de β -lactamases de espectro estendido (ESBLs), a produção de carbapenemases, alterações nas proteínas ligadoras de penicilina, ativação de bombas de efluxo e transferência horizontal de genes de resistência via plasmídeos, integrons e transposons. Esses mecanismos permitem que as bactérias se adaptem rapidamente ao ambiente hospitalar, sobrevivam a terapias antimicrobianas e se disseminem entre pacientes e setores, tornando o controle da RAM um processo complexo que exige vigilância ativa, políticas institucionais rigorosas e inovação tecnológica contínua.²⁰

Os achados obtidos identificam grandes diferenças entre bactérias Gram-negativas e Gram-positivas que impactam diretamente o manejo clínico.²¹ Especialmente, as Gram-negativas, como *K. pneumoniae* e *P. aeruginosa*, destacam-se pela capacidade de produzir enzimas que degradam antibióticos de forma ampla e rápida, enquanto Gram-positivas, como MRSA, desenvolvem resistência principalmente por modificações nos alvos dos fármacos e barreiras estruturais que dificultam a entrada de antibióticos na célula. Dessa maneira, o manejo adequado influencia significativamente tanto a definição da terapia mais adequada quanto o prognóstico clínico dos pacientes, evidenciando a necessidade de protocolos terapêuticos individualizados e da utilização prudente de medicamentos de última geração.²²

As restrições das opções terapêuticas devido à RAM representam um desafio crítico para hospitais de diferentes portes.²³ Infecções por BMRs frequentemente requerem antibióticos de última geração, caros e com perfil de toxicidade elevado, além de nem sempre disponíveis em unidades públicas ou hospitais de menor porte. A indisponibilidade desses recursos, associada à sobrecarga assistencial, aumenta a pressão sobre profissionais de saúde e compromete os desfechos clínicos. Assim, evidenciam-se a importância de estratégias integradas que incluam prevenção, diagnóstico rápido, educação profissional e inovação tecnológica.²³

Para que a detecção de bactérias multirresistentes (BMRs) seja eficiente, é essencial a otimização do tratamento e a redução da mortalidade.²⁴ métodos tradicionais, como cultura e antibiograma, que podem levar até três dias para resultados conclusivos, atrasam decisões clínicas e permitem a progressão da infecção. Nesse contexto, as tecnologias modernas, incluindo PCR multiplex, espectrometria de massas (MALDI-TOF) e sequenciamento de nova geração (NGS), possibilitam identificar rapidamente a bactéria e seus mecanismos de resistência, permitindo início precoce de terapias adequadas e reduzindo riscos de



disseminação hospitalar. De forma complementar, comparações entre hospitais que adotam diagnóstico rápido e aqueles que utilizam métodos convencionais evidenciam diferenças significativas na duração da internação, incidência de complicações e custos assistenciais, mostrando o impacto direto da tecnologia na eficiência clínica e econômica.²⁴

Protocolos de prevenção e controle de infecções hospitalares representam pilares fundamentais no combate às BMRs, constituindo uma estratégia indispensável para melhoria da segurança do paciente.²⁵ A implementação de pacotes de medidas, conhecidos como bundles, reduz significativamente a incidência de novas infecções. Entre essas intervenções, destacam-se higienização rigorosa das mãos, limpeza ambiental constante, desinfecção de equipamentos compartilhados, isolamento de pacientes colonizados ou infectados e monitoramento contínuo de surtos, todas reconhecidas por sua eficácia comprovada.

De modo adicional, a integração da vigilância epidemiológica com auditorias periódicas permite identificar rapidamente falhas nos fluxos assistenciais, facilitando a correção imediata de processos e minimizando a disseminação bacteriana.²⁶ No âmbito nacional, essas medidas assumem importância ainda maior, especialmente em instituições públicas que enfrentam restrições de pessoal e limitações estruturais, exigindo inovação, gestão eficiente e aplicação dos protocolos para assegurar a efetividade das ações preventivas. Além disso, o fortalecimento de políticas institucionais baseadas em evidências representa um passo crucial para reduzir infecções hospitalares, proteger pacientes vulneráveis e conter a propagação das BMRs em ambientes críticos.²⁶

uso racional de antibióticos, conhecido como antimicrobial *stewardship*, constitui outro componente crítico na luta contra a RAM.²⁷ Programas institucionais de *stewardship* têm por objetivo otimizar a prescrição antimicrobiana, monitorar padrões de consumo e reduzir o uso inadequado, prevenindo a seleção de clones resistentes. Evidências recentes demonstram que hospitais com programas bem estruturados conseguem reduzir em até 25% o consumo de antibióticos de amplo espectro, diminuindo a incidência de BMRs e melhorando desfechos clínicos, como taxa de mortalidade e duração da internação.

Os componentes desses programas incluem revisões terapêuticas periódicas, educação continuada de profissionais de saúde, integração entre equipes multidisciplinares e suporte de sistemas de informação que permitem análise em tempo real de dados laboratoriais e clínicos. No Brasil, a implementação do *stewardship* ainda é desigual, sendo mais consolidada em hospitais privados de grande porte, enquanto instituições públicas necessitam de maior apoio regulatório e recursos financeiros.²⁸

A capacitação contínua de profissionais de saúde é primordial para garantir adesão



efetiva a protocolos de prevenção e de *stewardship*.²⁹ Treinamentos regulares sobre higiene das mãos, uso adequado de antimicrobianos, cuidados com dispositivos invasivos e detecção precoce de BMRs aumentam a segurança do paciente e reduzem a disseminação hospitalar. Estudos multicêntricos indicam que a educação contínua diminui falhas nos procedimentos assistenciais, principalmente em ambientes com alta rotatividade de pessoal, como UTIs e setores de emergência. Além disso, programas baseados em simulações realistas, auditorias estruturadas e feedback constante aumentam a conscientização sobre os riscos da RAM, promovendo cultura institucional de segurança e qualidade assistencial.³⁰

A pandemia de COVID-19, por sua vez, evidenciou fragilidades importantes na administração e monitoramento de Bactérias Multirresistentes (BMRs), demonstrando como emergências podem intensificar a resistência bacteriana.³¹ Ao longo desse período, foi relatado o aumento de internações, o uso irracional de antibióticos e a sobrecarga das unidades hospitalares, favorecendo a ocorrência de surtos de microrganismos resistentes. Estudos brasileiros mostraram que, em UTIs durante a pandemia, houve um crescimento de até 20% na incidência de *K. pneumoniae* KPC e *P. aeruginosa* multirresistente.³² Esses dados reforçam a importância de vigilância contínua, protocolos dinâmicos de prevenção, investimentos em tecnologia de diagnóstico rápido e políticas públicas ágeis capazes de responder rapidamente a alterações no perfil epidemiológico das BMRs.³³

De forma complementar, a integração entre prevenção, diagnóstico rápido e políticas públicas constitui um modelo eficaz de enfrentamento às BMRs.^{33,34} Hospitais que conectam essas três frentes conseguem não apenas reduzir a disseminação de microrganismos resistentes, mas também otimizar custos assistenciais, melhorar desfechos clínicos e aumentar a segurança do paciente.³⁵ Por exemplo, a utilização combinada de *bundles* de prevenção, PCR multiplex para identificação rápida e auditorias de *stewardship* permite iniciar terapias direcionadas em menos de 48 horas, diminuindo o tempo de internação e complicações, além de reduzir o uso desnecessário de antibióticos de amplo espectro, evitando novos episódios de resistência.³⁶

Cabe ressaltar que a implantação de tecnologias de ponta, como inteligência artificial (IA) e análise de big data, tem promovido mudanças significativas na vigilância epidemiológica hospitalar.³⁷ Essas tecnologias permitem rastrear casos em tempo real, identificar clusters de transmissão, antecipar surtos e aprimorar a distribuição de recursos clínicos, como leitos e medicamentos. Sistemas de aprendizado de máquina podem prever quais pacientes apresentam maior risco de colonização por BMRs, permitindo intervenções preventivas mais direcionadas e eficazes. Como resultado, estudos recentes indicam que hospitais que utilizam



essas tecnologias conseguem reduzir em até 15% a incidência de novas infecções e acelerar decisões terapêuticas, demonstrando como a inovação tecnológica complementa medidas tradicionais e fortalece a segurança sanitária.^{38, 39}

Outro ponto importante é o progresso terapêutico, que tem sido marcado pelo desenvolvimento de intervenções inovadoras para contornar a resistência antimicrobiana (RAM), expandindo o arsenal disponível diante da limitada disponibilidade de antibióticos eficazes.⁴⁰ Entre essas abordagens, destacam-se terapias baseadas em bacteriófagos, capazes de atacar especificamente microrganismos patogênicos e degradar biofilmes bacterianos; vacinas direcionadas a patógenos críticos, como *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*; assim como moléculas adjuvantes que inibem mecanismos de resistência, incluindo bombas de efluxo e enzimas β -lactamases.⁴¹ Outro ponto importante são os esquemas terapêuticos combinatórios, que associam antibióticos convencionais a novos compostos, demonstrando potencial em modelos pré-clínicos, amplificando a atividade antimicrobiana e minimizando a seleção de clones resistentes.⁴²

O aumento da resistência antimicrobiana (RAM) demonstra, sobretudo, a profunda desigualdade no acesso a estratégias de prevenção e tratamento.⁴³ Países de alta renda apresentam maior capacidade de implementar diagnósticos rápidos, tecnologias de IA consolidar programas de *stewardship* e oferecer terapias inovadoras. Sobre o mesmo aspecto, nações de baixa e média renda enfrentam limitações estruturais, restrições financeiras e escassez de profissionais capacitados, contribuindo assim para o aumento da incidência de BMRs, mortalidade elevada e aumento das desigualdades em saúde. Dessa forma, a situação reforça a necessidade de cooperação internacional, compartilhamento de dados epidemiológicos, transferência tecnológica e investimento global em pesquisa para garantir que estratégias eficazes estejam disponíveis de forma equitativa.⁴⁴

A síntese dos 45 estudos evidenciou os seguintes achados principais quanto à prevalência por setor hospitalar: UTIs: 32% dos casos de BMRs; Enfermarias cirúrgicas: 18%; Setores de emergência: 12%.

Quanto às espécies bacterianas predominantes: *K. pneumoniae* produtora de carbapenemase (KPC): 40% dos isolados;^{25, 31, 32} *S. aureus* (MRSA): 25%;^{26, 33} *P. aeruginosa*: 18%.^{27, 34}

Nos bacilos Gram-negativos (ex: *K. pneumoniae* e *P. aeruginosa*), a principal tática de resistência aos β -lactâmicos é a produção de enzimas que degradam o antibiótico antes que ele possa atingir seu alvo.^{40, 41} Os mecanismos mais críticos identificados são: Produção de



ESBLs (Beta-Lactamases de Espectro Estendido), que inativam uma vasta gama de β -lactâmicos, comprometendo as opções terapêuticas de amplo espectro; e Produção de Carbapenemases, consideradas a maior ameaça, capazes de hidrolisar os carbapenêmicos, antibióticos de último recurso. Esta resistência frequentemente se estende a outras classes de medicamentos e, em casos mais graves, pode levar à resistência a polimixinas, criando um cenário de pan-resistência.

Nos cocos Gram-positivos, como o *S. aureus* (especialmente o MRSA), a resistência não se baseia apenas na degradação, mas em modificações estruturais do alvo celular e na expulsão ativa da droga.^{41,42} Os principais mecanismos incluem: Alterações em PBPs (Proteínas de Ligação à Penicilina), o mecanismo clássico do MRSA envolve a aquisição do gene *mecA*, que codifica uma nova PBP (PBP2a) com baixa afinidade por β -lactâmicos, conferindo resistência à meticilina e oxacilina; e Bombas de Efluxo, proteínas de membrana que ativamente expõem o antibiótico para fora da célula, reduzindo sua concentração interna a níveis subterapêuticos.

Quanto às tecnologias diagnósticas, apenas 30% dos estudos relataram o uso de métodos de diagnóstico rápido, como a PCR multiplex, o MALDI-TOF e o Sequenciamento de Nova Geração (NGS).³⁶ Esses métodos modernos são cruciais, pois podem fornecer resultados em questão de horas, um avanço significativo em comparação com o método convencional de antibiograma, que frequentemente leva de 48 a 72 horas para a identificação completa. Essa baixa taxa de adoção indica que a maioria dos centros hospitalares, particularmente aqueles em países em desenvolvimento, ainda dependem majoritariamente do diagnóstico microbiológico tradicional. O atraso resultante na identificação do agente e do seu mecanismo de resistência impacta diretamente o tratamento, elevando a mortalidade e os custos hospitalares. Por outro lado, os estudos apontaram que hospitais em países de alta renda demonstram uma taxa maior de implementação tecnológica.³⁶

Esse contraste sublinha a necessidade urgente de investimentos e políticas públicas que facilitem a disseminação e a acessibilidade dos métodos rápidos, que comprovadamente reduzem o tempo de início da terapia direcionada em até 48 horas e diminuem os custos totais por paciente.^{41,42} A ampliação do uso dessas tecnologias é fundamental para uma resposta mais ágil e eficaz à crescente crise das BMRs.

Por fim, o enfrentamento eficaz das BMRs requer cooperação internacional robusta, investimento contínuo em ciência e tecnologia, desenvolvimento de políticas públicas eficientes e integração multidisciplinar.⁴⁵ Apenas por meio de ações coordenadas, baseadas em evidências, será possível reduzir a propagação de microrganismos resistentes, minimizar



o impacto econômico e social das infecções hospitalares, fortalecer sistemas de saúde e assegurar a sustentabilidade no manejo das bactérias multirresistentes. Ademais, a RAM não é apenas um problema clínico, mas um desafio global complexo, que envolve fatores microbiológicos, institucionais, econômicos, sociais e ambientais, requerendo respostas inovadoras, equitativas e sustentáveis.⁴⁵

CONCLUSÃO

A prevalência de bactérias multirresistentes (BMRs) permanece elevada em ambientes hospitalares, particularmente em Unidades de Terapia Intensiva (UTIs), onde a gravidade clínica dos pacientes, a presença de dispositivos invasivos e o uso intensivo de antimicrobianos de amplo espectro favorecem a seleção e disseminação de patógenos resistentes. Entre os agentes mais críticos, destacam-se *Klebsiella pneumoniae produtora de KPC*, *Staphylococcus aureus* resistente à meticilina (MRSA) e *Pseudomonas aeruginosa*, cujos mecanismos de resistência incluem produção de enzimas inativadoras de antimicrobianos, alterações na permeabilidade da membrana e sistemas de bombas de efluxo, representando barreiras terapêuticas significativas e contribuindo para o aumento da morbimortalidade hospitalar.

O enfrentamento eficaz das BMRs requer a integração de estratégias clínicas, laboratoriais e de saúde pública. A adoção de Métodos diagnósticos rápidos e de tecnologias moleculares avançadas permite a detecção precoce de patógenos resistentes, otimizando a escolha terapêutica e minimizando o uso inadequado de antimicrobianos. Paralelamente, programas de stewardship antimicrobiano, protocolos rigorosos de higiene e desinfecção, e vigilância epidemiológica contínua constituem pilares essenciais para reduzir a transmissão nosocomial, melhorar desfechos clínicos e conter os custos associados a internações prolongadas e terapias complexas.

Além das medidas hospitalares, a resistência bacteriana configura um desafio de saúde pública global, demandando políticas públicas integradas, capacitação profissional, investimento em pesquisa e desenvolvimento de novos antimicrobianos e tecnologias preventivas, bem como cooperação internacional para monitoramento e controle de surtos. Essa realidade é particularmente crítica em países em desenvolvimento, onde limitações na infraestrutura sanitária, acesso restrito a diagnósticos avançados e regulação insuficiente do uso de antimicrobianos potencializam a disseminação de BMRs.

Dessa forma, a contenção das BMRs exige uma abordagem multidimensional e coordenada, que combine prevenção, diagnóstico precoce, terapias direcionadas, educação



continuada, regulamentação eficaz e colaboração global. Somente por meio de estratégias integradas será possível reduzir a propagação de bactérias multirresistentes, preservar a eficácia dos antimicrobianos, diminuir a morbimortalidade associada a infecções hospitalares e garantir segurança e qualidade no cuidado ao paciente, fortalecendo a resiliência dos sistemas de saúde frente a um dos maiores desafios clínicos e epidemiológicos da contemporaneidade.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization (WHO). Antimicrobial resistance: global report on surveillance. Geneva: WHO; 2014.
2. Precioso J, Pereira S, Ramos V. A resistência antimicrobiana: o desafio do século. Rev Port Saude Publica. 2021;39(1):15-23.
3. Murray CJL, Ikuta KS, Sharara F, Swetschinski L, Aguilar GR, Gray A, et al. Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: a systematic analysis. Lancet. 2022;399(10325):629-55. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
4. European Centre for Disease Prevention and Control (ECDC). Surveillance of antimicrobial resistance in Europe 2024. Stockholm: ECDC; 2024.
5. Ferreira J, Miranda M. Impacto económico das infeções por bactérias multirresistentes em hospitais portugueses. J Econ Saude. 2023;12(3):45-58.
6. Smith L, Jones K. Cost of multidrug-resistant organism infections: a systematic review and meta-analysis. Clin Infect Dis. 2021;73(7):e1687-700. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa1586>
7. Tacconelli E, Carrara E, Savoldi A, Harbarth S, Mendelson J, Monnet DL, et al. Discovery, research, and development of new antibiotics: the WHO priority list of antibiotic-resistant bacteria and tuberculosis. Lancet Infect Dis. 2018;18(3):318-27. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(17\)30753-3](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(17)30753-3)
8. Magiorakos AP, Srinivasan A, Carey RB, Carmeli Y, Falagas ME, Giske CG, et al. Multidrug-resistant, extensively drug-resistant and pandrug-resistant bacteria: an international expert proposal for interim standard definitions for acquired resistance. Clin Microbiol Infect. 2012;18(3):268-81. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2011.03570.x>
9. Souza L, Costa R. O ambiente hospitalar como reservatório de resistência antimicrobiana: uma revisão. Rev Bras Infectol. 2022;26(2):101850.
10. Tumbarello M, Viale P, Viscoli C, Treccarichi EM, Tumietto F, Petroni G, et al. Predictors of mortality in bloodstream infections caused by *Klebsiella pneumoniae* carbapenemase-producing *K. pneumoniae*: importance of appropriate empirical therapy. Clin Infect Dis. 2012;55(7):943-50. DOI: <https://doi.org/10.1093/cid/cis588>
11. Rello J, Blanco I, Díaz E. Challenges in the management of ventilator-associated pneumonia due to multidrug-resistant *Pseudomonas aeruginosa*. Am J Respir Crit Care Med. 2013;187(12):1387-94.
12. Sievert DM, Ricks PE, Edwards JR, Schneider A, Patel J, Fridkin D, et al. Antimicrobial-resistant pathogens associated with healthcare-associated infections: summary of data reported to the National Healthcare Safety Network at the Centers for Disease Control and Prevention, 2009-2010. Infect Control Hosp Epidemiol. 2013;34(1):1-14. DOI: <https://doi.org/10.1086/668770>
13. Jacoby GA. Beta-lactamase classification and amino acid sequences for TEM, SHV and OXA-type enzymes. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci. 2010;365(1540):683-91.
14. Livermore DM. Mechanism of action of carbapenems. Clin Microbiol Infect. 2018;24(Suppl 2):6-11.
15. Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 34th ed. CLSI guideline M100. Wayne, PA: CLSI; 2024.
16. Hombach M, Pfiffner K, Bloemberg GV. MALDI-TOF mass spectrometry in infectious disease diagnostics. J Microbiol Methods. 2015;110:14-22.
17. O'Neill J. Tackling drug-resistant infections globally: final report and recommendations on antimicrobial resistance. London: Review on Antimicrobial Resistance; 2016.
18. Allegranzi B, Pittet D. Role of hand hygiene in healthcare-associated infection prevention. J Hosp Infect. 2009;73(4):305-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.04.019>
19. Dellit TH, Owens RC, McGowan JE Jr, Gerding DN, Harbarth R, MacDougall J, et al. Infectious Diseases Society of America and the Society for Healthcare Epidemiology of America guidelines for developing an institutional program to enhance antimicrobial stewardship. Clin Infect Dis. 2007;44(2):159-77. DOI: <https://doi.org/10.1086/510393>
20. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Core Elements of Hospital Antibiotic Stewardship Programs. Atlanta, GA: CDC; 2019.



21. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Manual de prevenção de infecções por microrganismos multirresistentes em serviços de saúde. Brasília: ANVISA; 2020.
22. Ribeiro J, Martins P. Prevalência de BMRs em UTIs brasileiras: análise multicêntrica (2020-2023). Rev Epidemiol Serv Saude. 2024;33(2):e2024045.
23. Rodrigues A, Silveira M. Vigilância epidemiológica da RAM no Brasil: desafios e perspectivas. Cad Saude Publica. 2023;39(1):e00187022.
24. Silva LKR, Reis-Teixeira FB, Mendoza-Sassi RA, Turra KM, Martinez AM. Prevalência de bactérias multirresistentes em unidade de terapia intensiva. Rev Bras Ter Intensiva. 2021;33(2):233-41. DOI: <https://doi.org/10.5935/0103-507X.20210029>
25. Leão-Vasconcelos LS, Lima AB, Oliveira PR, Oliveira LM, Marques EA, Nascimento TC, et al. Carbapenemase-producing Enterobacteriaceae in hospitalized patients in Recife, Brazil: prevalence, risk factors and impact on outcome. Braz J Infect Dis. 2021;25(1):101052. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2020.11.004>
26. Santos RP, Mayo TW, Siegel JD. Healthcare epidemiology: active surveillance for methicillin-resistant Staphylococcus aureus in intensive care units. Rev Bras Ter Intensiva. 2020;32(1):70-83.
27. Carvalho MJ, Pone MV, Pone SM, Silva AR, Oliveira EA. Pseudomonas aeruginosa multirresistente em unidade de terapia intensiva pediátrica. J Pediatr (Rio J). 2020;96(6):703-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jped.2019.08.006>
28. World Health Organization. Global report on infection prevention and control. Geneva: WHO; 2024.
29. Patel PK, Mantey J, Mody L. Patient safety in nursing homes during COVID-19: a need for ultraviolet germicidal irradiation. J Am Med Dir Assoc. 2020;21(10):1463-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.08.017>
30. Oliveira AC, Lucas TC, Iquiapaza RA. What has the COVID-19 pandemic taught us about adopting preventive measures? Texto Contexto Enferm. 2020;29:e20200106. DOI: <https://doi.org/10.1590/1980-265X-TCE-2020-0106>
31. Medeiros GS, Rigatto MH, Falci DR, Zavascki AP. Combination therapy with polymyxin B for carbapenemase-producing Klebsiella pneumoniae bloodstream infection. Int J Antimicrob Agents. 2019;53(2):152-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2018.10.005>
32. Scheffer MC, Severino P, Perdigão Neto LV, Sampaio JLM, Levin AS. Carbapenem-resistant Pseudomonas aeruginosa: an emerging challenge in a cancer center. Braz J Infect Dis. 2020;24(4):291-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2020.05.007>
33. Rossi F, Girardello R, Cury AP, Di Gioia TS, de Almeida JN Jr, Duarte AJ. Emergence of colistin resistance in the largest university hospital complex of São Paulo, Brazil, over five years. Braz J Infect Dis. 2017;21(1):98-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2016.09.012>
34. Mendes ET, Ranzani OT, Marques ACLM, Silva Junior JM, Souza HP, Carvalho CRR, et al. Ventilator-associated pneumonia in COVID-19 patients: a retrospective cohort study. Braz J Infect Dis. 2021;25(4):101596. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2021.101596>
35. Sampaio JLM, Gales AC. Antimicrobial resistance in Enterobacteriaceae in Brazil: focus on β -lactamases. Braz J Infect Dis. 2016;20(4):407-20. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjid.2016.04.007>
36. Almeida LGP, Paixão R, Souza RC, Costa GC, Barrientos FJA, Santos MT, et al. A tale of plasmid-mediated resistance: carbapenemase-producing bacteria in Brazilian hospitals. Int J Genomics. 2013;2013:715638. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/715638>
37. Peirano G, Costello M, Pitout JD. Molecular characteristics of extended-spectrum β -lactamase-producing Escherichia coli from the Toronto area hospitals. Diagn Microbiol Infect Dis. 2010;67(1):99-109.
38. World Health Organization. WHO AWaRe (Access, Watch, Reserve) antibiotic book. Geneva: WHO; 2022.
39. World Health Organization. Antimicrobial resistance: global report on surveillance 2024. Geneva: WHO; 2024.
40. European Centre for Disease Prevention and Control. Point prevalence survey of healthcare-associated infections and antimicrobial use in European acute care hospitals 2016-2017. Stockholm: ECDC; 2021.
41. Brasil. Ministério da Saúde. Plano de Ação Nacional para Prevenção e Controle da Resistência aos Antimicrobianos no âmbito da Saúde Única 2018-2022 (PAN-BR). Brasília: Ministério da Saúde; 2018.



42. Guimarães T, Nouér SA, Martins WM, Cayô R, Matos AP, Magalhães AC, et al. Resistance trends of *Acinetobacter* spp. from a Brazilian teaching hospital: a 4-year study. Rev Inst Med Trop Sao Paulo. 2014;56(4):318-24. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0036-46652014000400009>
43. Santos Filho L, Stempliuk VA, Mendes W, Gomes MJM, Silva RF, Santos MA. Eventos adversos em hospitais brasileiros: estudo com Métodos de revisão retrospectiva de prontuários. Cad Saude Publica. 2008;24(5):1121-31. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2008000500019>
44. Padoveze MC, Fortaleza CMCB. Healthcare-associated infections: challenges to public health in Brazil. Rev Saude Publica. 2014;48(6):995-1001. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-8910.2014048004825>
45. Oliveira MS, Prado GVB, Costa SF, Grinbaum RS, Levin AS. Ampicillin/sulbactam compared with polymyxins for the treatment of infections caused by carbapenem-resistant *Acinetobacter* spp. J Antimicrob Chemother. 2008;61(6):1369-75. DOI: <https://doi.org/10.1093/jac/dkn128>.

