

FAGOTERAPIA E RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DAS IMPLICAÇÕES EPIDEMIOLÓGICAS E PERSPECTIVAS PARA SAÚDE COLETIVA

Ana Júlia Melo de Vasconcelos Arruda¹;

¹Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5406648571330642>

Matheus Rodrigues Torres Farias²;

²Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/4211471221712331>

Marina Guimarães Bastos Falcão³;

³Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5601348392027105>

Milena Ferreira Cruz⁴;

⁴Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/4207450737094664>

Maísa Santos Moraes⁵;

⁵Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2836200269622413>

Letícia Nicolle Evangelista de Brito Gonçalves⁶;

⁶Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2544582406623937>

Ana Heloísa Moura da Silva⁷;

⁷Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/2544582406623937>

Danielle Aguiar Souza⁸;

⁸Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5967001827450079>

Natália de Medeiros Fiorentino⁹;

⁹Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/1551823648927432>

Lara Maria de Souza Menezes Cabral¹⁰;

¹⁰Instituto de Ciências Biológicas (ICB/UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/6617729923639123>

Artur Cavalcante da Costa Pinheiro¹¹;

¹¹Faculdade Pernambucana de Saúde (FPS), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3321409636375512>

Lucas Gabriel Bento De Souza Aleixo Correia¹²;

¹²Centro Universitário São Miguel (UNISM), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/6417936710899673>

Rayane Maria Castro da Silva¹³;

¹³Programa de Pós-Graduação em Biologia Aplicada à Saúde (iLIKA/UFPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3707039654204066>

Nicolly Magalhães Oliveira¹⁴;

¹⁴Programa de Pós-Graduação de Biologia Celular e Molecular Aplicada (PPGBCMA), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/5295305905930492>

Eliane Campos Coimbra¹⁵.

¹⁵Universidade de Pernambuco (UPE), Recife, Pernambuco.

<http://lattes.cnpq.br/3002913768267662>

RESUMO: A resistência aos antimicrobianos (RAM) constitui um desafio para a saúde pública, impulsionando a busca por alternativas, entre elas a fagoterapia. Este trabalho objetivou analisar a utilização de bacteriófagos no enfrentamento de bactérias multidroga-resistentes. Trata-se de uma revisão sistemática realizada conforme as recomendações do PRISMA, utilizando as bases de dados PubMed, ScienceDirect e BVS com os descritores “Bacteriophages”, “Drug Resistance, Bacterial” e “Public Health”, combinados pelo operador “AND”. Foram analisados 20 estudos, os quais demonstraram predominância envolvendo *Acinetobacter baumannii* e *Klebsiella pneumoniae*, correspondendo a 30% (n=6), seguidos por *Pseudomonas aeruginosa* (15%; n=3) e *Staphylococcus aureus* (10%; n=2). A associação entre bacteriófagos e antimicrobianos foi a estratégia terapêutica prevalente, presente em 35% (n=7), enquanto coquetéis de fagos foram utilizados em 15% (n=3). A atividade antimicrobiana e antibiofilme foram os principais efeitos observados, incluindo redução da carga bacteriana, melhora da cicatrização e aumento da sobrevivência em modelos experimentais. Ademais, 75% (n=15) apresentaram resultados *in vivo*. Apesar dos

resultados promissores, a predominância de evidências pré-clínicas e a heterogeneidade dos protocolos ainda limitam a aplicação clínica. Conclui-se que a fagoterapia apresenta potencial complementar no combate à RAM, mas requer estudos clínicos e padronização para implementação na Saúde Coletiva.

PALAVRAS-CHAVE: Bacteriófago. Saúde pública. Inovação terapêutica.

PHAGE THERAPY AND ANTIMICROBIAL RESISTANCE: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE EPIDEMIOLOGICAL IMPLICATIONS AND PERSPECTIVES FOR PUBLIC HEALTH

ABSTRACT: Antimicrobial resistance (AMR) is a public health challenge, driving the search for alternatives, including phage therapy. This study aimed to analyze the use of bacteriophages to combat multidrug-resistant bacteria. This is a systematic review conducted according to PRISMA recommendations, using the PubMed, ScienceDirect, and BVS databases with the descriptors “Bacteriophages,” “Drug Resistance, Bacterial,” and “Public Health,” combined with the operator “AND.” Twenty studies were analyzed, showing a predominance of *Acinetobacter baumannii* and *Klebsiella pneumoniae*, corresponding to 30% (n=6) each, followed by *Pseudomonas aeruginosa* (15%; n=3) and *Staphylococcus aureus* (10%; n=2). The combination of bacteriophages and antimicrobials was the prevalent therapeutic strategy, reported in 35% (n=7), while phage cocktails were used in 15% (n=3). Antimicrobial and antibiofilm activity were the main effects observed, including reduced bacterial load, improved wound healing, and increased survival in experimental models. Moreover, 75% (n=15) showed *in vivo* results. Despite promising findings, the predominance of preclinical evidence and protocol heterogeneity still limit clinical application. Phage therapy has complementary potential against AMR but requires further clinical studies, standardized protocols, and regulatory evaluation for safe and effective implementation in Public Health.

KEYWORDS: Bacteriophage. Public Health. Therapeutic Innovation.

INTRODUÇÃO

A resistência aos antimicrobianos (RAM) constitui um dos principais desafios para a saúde pública, dificultando a prevenção e o tratamento de infecções e reduzindo as opções terapêuticas disponíveis. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que a resistência bacteriana esteve associada a mais de 4,7 milhões de mortes no mundo em 2021. Esse cenário é agravado pelo uso inadequado e excessivo desses medicamentos e pela limitada disponibilidade de novas alternativas terapêuticas. (World Health Organization, 2026).

Nesse contexto, a fagoterapia tem recebido visibilidade como abordagem biológica para o controle de infecções bacterianas multidroga-resistentes (MDR). Essa estratégia utiliza bacteriófagos, sendo os fagos líticos particularmente relevantes por promoverem

a replicação no interior da célula hospedeira e sua posterior lise. Diferentemente dos antimicrobianos de amplo espectro, a especificidade dos bacteriófagos permite direcionar sua atividade contra determinados patógenos. Ademais, a capacidade de interagir com os biofilmes amplia seu potencial como ferramenta complementar no enfrentamento da RAM (Alqahtani, 2023; World Health Organization, 2025).

A utilização terapêutica dos fagos pode ser associada a estratégias destinadas a ampliar sua eficácia. Entre elas, destacam-se os coquetéis contendo diferentes bacteriófagos, a combinação com antimicrobianos e o desenvolvimento de formulações que favoreçam sua estabilidade, distribuição ou aplicação local. (Alqahtani, 2023; World Health Organization, 2025).

Apesar desse potencial, a fagoterapia ainda apresenta limitações que dificultam sua incorporação ampla à prática clínica. A elevada especificidade dos fagos pode restringir seu espectro de ação e exigir a identificação prévia do agente etiológico e de fagos compatíveis. Além disso, bactérias podem desenvolver mecanismos de resistência aos bacteriófagos, enquanto fatores relacionados ao hospedeiro podem modificar sua atividade e distribuição. (Siopi; Skliros; Paranos, 2024; World Health Organization, 2025).

A OMS destaca que o enfrentamento da RAM exige ações integrativas entre saúde humana, animal e ambiental, dentro de uma abordagem de Saúde Única (*One Health*), e reconhece os bacteriófagos como uma possibilidade inovadora. Entretanto, a utilização clínica ainda requer evidências mais robustas sobre eficácia e segurança, permitindo estabelecer parâmetros terapêuticos e protocolos reprodutíveis (World Health Organization, 2025). A análise integrada desses aspectos pode contribuir para compreender as perspectivas da fagoterapia no enfrentamento da RAM e sua aplicabilidade na Saúde Coletiva.

OBJETIVO

Este estudo teve como objetivo analisar as evidências científicas sobre a fagoterapia no enfrentamento da RAM, abordando sua atividade frente a bactérias MDR, seus mecanismos de ação, principais estratégias terapêuticas, desafios para sua implementação e perspectivas como abordagem complementar aos antimicrobianos no âmbito da Saúde Coletiva.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, de abordagem qualitativa, natureza básica e caráter exploratório-descritivo, realizada em setembro de 2026 e conduzida conforme as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Utilizou-se o software Mendeley para o gerenciamento das referências bibliográficas, organização das citações e identificação e remoção de estudos duplicados. A estratégia de busca foi conduzida nas bases de dados: Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), ScienceDirect e PubMed. Foram empregados descritores nos idiomas inglês

e português, definidos com base nos Descritores em Ciências da Saúde (DeCS), sendo eles: “Bacteriophages”, “Drug Resistance, Bacterial” e “Public Health”, combinados entre si por meio do operador booleano “AND”. Para a seleção dos estudos, foram incluídos artigos originais, publicados nos últimos cinco anos, disponíveis nos idiomas estabelecidos e com acesso gratuito ao texto completo. Foram selecionados exclusivamente estudos experimentais realizados em modelos *in vitro* e *in vivo*, que investigassem o potencial da fagoterapia frente à RAM.

Foram excluídos artigos de revisão, estudos que não apresentavam relação direta com a temática investigada, trabalhos com informações insuficientes para atender aos objetivos da pesquisa e publicações duplicadas.

As proporções apresentadas foram determinadas com base nos estudos incluídos na análise (n=20), considerando a frequência de ocorrência de cada característica investigada entre os trabalhos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estratégia de busca nas bases de dados resultou inicialmente na identificação de 458 artigos da BVS, 6.178 do ScienceDirect e 1.395 do PubMed. Com a aplicação dos critérios de inclusão, foram descartados 295 artigos da BVS, 5.883 do ScienceDirect e 1.131 artigos do PubMed. Em seguida foi realizada a triagem a partir da leitura dos títulos e resumos, resultando na exclusão de 91 artigos da BVS, 246 do ScienceDirect e 230 do PubMed. Na etapa de elegibilidade, na qual os artigos foram lidos na íntegra, 68 artigos da BVS, 44 do ScienceDirect e 23 do PubMed foram descartados.

Por fim, foram registrados 20 artigos que atenderam aos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos (Tabela 1), os quais subsidiaram a análise do potencial da fagoterapia frente a bactérias MDR, incluindo seus mecanismos de ação, principais aplicações e as perspectivas para sua implementação, sendo 55% (n=11) provenientes do PubMed, 25% (n=5) do ScienceDirect e 20% (n=4) da BVS.

Distribuição dos microrganismos avaliados

Os 20 estudos selecionados demonstraram aplicação da fagoterapia frente a diferentes bactérias MDR, com predominância de *Acinetobacter baumannii* e *Klebsiella pneumoniae*, ambas representando 30% (n=6) dos artigos, assim como descritas no Quadro 1. Para *A. baumannii*, foram avaliados fagos líticos isolados, combinações com antimicrobianos, formulações de aplicação local e estratégias de otimização farmacocinética, incluindo a caracterização de um fago ativo contra isolados resistentes aos carbapenêmicos (Luo et al., 2022; Dehari et al., 2023; Ndiaye et al., 2025; Choi et al., 2026).

Em *K. pneumoniae*, os estudos abrangeram infecções urinárias, feridas sistêmicas e mastite, demonstrando redução da carga bacteriana e efeitos terapêuticos favoráveis. Entre as estratégias, destacaram-se a combinação do fago YC#06 com antibióticos, sua formulação em micropartículas de quitosana e a PEGilação, além da aplicação de agentes líticos em diferentes modelos experimentais (Calin et al., 2026; Quispe-Villegas et al., 2025; Zeynali Kelishomi et al., 2024; Zhao et al., 2025; Zeng et al., 2026).

Pseudomonas aeruginosa correspondeu a 15% (n=3) dos estudos, principalmente em modelos de infecção de feridas, com redução da carga bacteriana e melhora da cicatrização (Holger et al., 2022; Wang et al., 2022; Ma et al., 2025). *Staphylococcus aureus* representou 10% (n=2), destacando-se a influência de componentes do soro sobre a infectividade dos fagos e o efeito sinérgico com a doxiciclina. *Escherichia coli* ST131 e *Salmonella Typhimurium* foram avaliadas individualmente em 5% (n=1) dos estudos. Para *E. coli* ST131, foi observada atividade lítica dos fagos frente ao clone MDR, enquanto, para *S. Typhimurium*, a combinação entre coquetel de fagos e ciprofloxacina esteve associada à redução da carga bacteriana, aumento da sobrevivência e recuperação da diversidade da microbiota intestinal (Shamsuzzaman; Kim; Kim, 2024; Chong et al., 2026).

Tabela 1: Representação do fluxograma PRISMA.

Fase	Descrição	PubMed (n)	ScienceDirect (n)	BVS (n)	Total (n)
Identificação	Registros localizados nas bases de dados	1.395	6.178	458	8.031
Triagem	Registros remanescentes após a aplicação dos critérios de inclusão	264	295	163	722
	Registros excluídos	1.131	5.883	295	7.309
Elegibilidade	Registros selecionados mediante análise de títulos e resumos	34	49	72	155
	Registros excluídos	230	246	91	567
Elegibilidade	Registros submetidos à avaliação do texto completo	34	49	72	155
	Registros excluídos	23	44	68	135
Inclusão	Artigos incorporados à revisão sistemática	11	5	4	20

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Quadro 1: Caracterização dos estudos sobre a aplicação da fagoterapia frente a microrganismos MDR

Microorganismo	n (%)	Perfil de resistência	Estratégia de fagoterapia	Aplicação/Infecção	Principais efeitos observados
<i>A. baumannii</i>	6 (30%)	MDR/CRAB	Fagos líticos; fagos + antibióticos; microgel; PEGilação	Feridas, queimaduras e infecções sistêmicas.	Redução bacteriana, ação antibiofilme, sobrevivência e eficácia antimicrobiana.
<i>K. pneumoniae</i>	6 (30%)	MDR/hipervirulenta	Fagos líticos; coquetéis; fagos + antibióticos	ITU, feridas, infecções sistêmicas e mastite.	Redução bacteriana, cicatrização e recuperação tecidual.
<i>P. aeruginosa</i>	3 (15%)	MDR	Fagos líticos; aplicação tópica; fagos + antibióticos	Feridas infectadas.	Redução bacteriana, ação antibiofilme e cicatrização.
<i>S. aureus</i>	2 (10%)	MDR/MRSA	Fago lítico; fago + doxiciclina	Infecção experimental e avaliação de fatores séricos.	Redução bacteriana e potencialização antimicrobiana.
<i>E. coli</i> ST131	1 (5%)	MDR	Fagos líticos/coquetel	Infecção experimental.	Redução bacteriana e proteção do hospedeiro.
<i>S. Typhimurium</i>	1 (5%)	MDR	Coquetel + ciprofloxacina	Infecção intestinal.	Redução bacteriana, sobrevivência e recuperação da microbiota.
ESKAPE Gram-negativos	1 (5%)	MDR	Fagos + antimicrobianos	Avaliação <i>in vitro</i> .	Sinergismo entre fagos e antimicrobianos.

Abreviações: n, número de estudos; MDR, multidroga-resistente; CRAB, *Acinetobacter baumannii* resistente aos carbapenêmicos; MRSA, *Staphylococcus aureus* resistente à metilicina; ITU, infecção do trato urinário; ESKAPE, grupo de patógenos bacterianos; PEG, polietilenoglicol. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2026).

Estratégias terapêuticas avaliadas

Foram observadas diferentes estratégias de aplicação da fagoterapia, como os coquetéis, que foram avaliados em 15% (n=3) dos estudos, com resultados favoráveis frente a *K. pneumoniae*, *E. coli* ST131 e *S. Typhimurium* (Calin et al., 2026; Shamsuzzaman; Kim; Kim, 2024; Chong et al., 2026). Enquanto a associação entre fagos e antimicrobianos foi identificada em 35% (n=7) dos artigos, destacando-se efeitos sinérgicos frente a *P. aeruginosa*, *A. baumannii* e *K. pneumoniae* (Holger et al., 2022; Luo et al., 2022; Xiao et al., 2024; Morris et al., 2025; Shehab El-Din et al., 2025).

Além da associação entre fagos e antimicrobianos, 10% (n=2) dos estudos utilizaram estratégias para aprimorar as características de aplicação dos bacteriófagos. Dehari et al. (2023) incorporaram o fago BPABΦ1 em NPs de quitosana dispersas em gel para aplicação tópica em feridas, enquanto Choi et al. (2026) empregaram PEGilação mínima, aumentando

a meia-vida circulante do fago e mantendo sua capacidade infectiva. Esses resultados demonstram que, além da utilização direta dos fagos, diferentes estratégias de formulação e combinação podem ampliar seu potencial terapêutico.

Efeito antimicrobiano

A atividade antimicrobiana constituiu o principal efeito observado nos estudos, sendo evidenciada pela redução do crescimento e da população bacteriana, eliminação de microrganismos em tecidos infectados e melhora da sobrevivência dos modelos experimentais. Zhang et al. (2022) evidenciaram a elevada eficiência do fago Phab24 contra *A. baumannii* resistente à colistina, enquanto Ma et al. (2025) observaram redução da carga de *P. aeruginosa* em feridas de camundongos tratados com o fago vB_PaeP_PZH3.

Em modelos sistêmicos, Choi et al. (2026) observaram eliminação de *A. baumannii* entre 72 e 96 horas, enquanto Zeng et al. (2026) verificaram eliminação de *K. pneumoniae* no tecido mamário após administração do fago ZH4. Wang et al. (2022) e Zeynali Kelishomi et al. (2024) também examinaram efeitos favoráveis em modelos de infecção de feridas, incluindo redução bacteriana e melhora de parâmetros clínicos.

Atividade antibiofilme

Foi observada principalmente em estudos envolvendo infecções de feridas, embora também tenha sido investigada em outros modelos experimentais. Dehari et al. (2023) demonstraram aproximadamente 94% de erradicação de biofilmes de *A. baumannii* após 24 horas utilizando o sistema com micropartículas de quitosana, enquanto Luo et al. (2022) identificaram que a combinação do fago YC#06 com antimicrobianos inibiu a formação e reduziu biofilmes maduros de *A. baumannii*. Ma et al. (2025) também observaram redução de biofilmes previamente estabelecidos de *P. aeruginosa*, enquanto Chong et al. (2026) identificaram atividade antibiofilme do coquetel de fagos contra *S. Typhimurium*.

Esses achados demonstram que os bacteriófagos podem atuar sobre estruturas associadas à persistência bacteriana, ampliando seu potencial no controle de infecções por microrganismos MDR.

Mecanismos de ação e interação fago-bactéria

Os estudos evidenciaram que a ação dos bacteriófagos está relacionada ao reconhecimento e à adsorção das células bacterianas, seguida da utilização da maquinaria celular para replicação e posterior lise do hospedeiro. A caracterização dos fagos também demonstrou diferenças quanto ao período de latência, tamanho da explosão e espectro de hospedeiro. A análise genômica também indicou, em diversos fagos, ausência de genes associados à virulência, resistência aos antimicrobianos e lisogenia, reforçando seu

potencial de segurança (Shamsuzzaman, Kim e Kim, 2024; ZHANG et al., 2022; MA et al., 2025; ZHAO et al., 2025; ZENG et al., 2026).

Além da atividade lítica, a interação fago-bactéria pode favorecer resistência aos próprios fagos. Zhao et al. (2025) associaram a resistência ao fago P9676 a alterações no gene *wcaJ* de *K. pneumoniae*, enquanto Mukhopadhyay et al. (2026) demonstraram influência da sequência de administração de fago e colistina sobre a evolução de populações resistentes. Ademais, Campobasso et al. (2025) observaram que componentes lipídicos do soro humano podem reduzir a infectividade dos fagos contra *S. aureus*, evidenciando a influência do ambiente biológico sobre a atividade fagoterápica.

Avaliação em modelos experimentais

Entre os 20 estudos incluídos, 15 (75%) apresentaram avaliação em modelos in vivo, enquanto cinco (25%) foram conduzidos exclusivamente in vitro. Utilizaram-se diferentes modelos experimentais, incluindo camundongos, coelhos, zebrafish e larvas de *Galleria mellonella*, permitindo avaliar parâmetros como redução da colonização, sobrevivência, cicatrização e integridade tecidual.

Nos modelos de feridas, Wang et al. (2022), Zeynali Kelishomi et al. (2024) e Ma et al. (2025) observaram efeitos favoráveis da fagoterapia frente a *P. aeruginosa* e *K. pneumoniae*. Em modelos sistêmicos, Choi et al. (2026), Zhao et al. (2025) e Shamsuzzaman, Kim e Kim (2024) demonstraram controle da infecção e melhora de parâmetros relacionados à sobrevivência. Chong et al. (2026) também observaram recuperação da diversidade da microbiota intestinal após a combinação de coquetel de fagos e ciprofloxacina.

Lacunas e limitações das evidências científicas

Desse modo, os estudos apresentaram heterogeneidade quanto às espécies bacterianas, características dos fagos, multiplicidade de infecção, vias de administração, modelos experimentais e critérios de eficácia terapêutica. Essa variabilidade dificulta a comparação dos resultados e a definição de parâmetros padronizados para aplicação da fagoterapia.

Predominaram evidências pré-clínicas, principalmente em modelos animais. Dessa forma, os resultados disponíveis ainda não permitem estabelecer diretamente a eficácia e a segurança da fagoterapia em seres humanos. Além disso, fatores fisiológicos podem interferir na atividade dos fagos, como demonstrada por Campobasso et al. (2025), reforçando a necessidade de investigações adicionais antes da aplicação clínica ampla. Adicionalmente, permanecem desafios relacionados à produção e caracterização dos fagos, à definição de doses e vias de administração, à estabilidade das formulações e à avaliação de possíveis respostas imunológicas do hospedeiro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com isso, conclui-se que a fagoterapia apresenta potencial promissor como estratégia complementar no enfrentamento da RAM, especialmente frente às bactérias MDR. Esses achados reforçam a possibilidade de explorar os bacteriófagos como ferramentas terapêuticas adaptáveis a diferentes contextos infecciosos, embora sua especificidade e a possibilidade de desenvolvimento de resistência exijam estratégias cuidadosamente planejadas.

Apesar dos resultados favoráveis, a predominância de evidências pré-clínicas e a heterogeneidade dos protocolos dificultam a comparação dos estudos e a padronização da fagoterapia. São necessários estudos que avaliem sua segurança, estabilidade e eficácia clínica, além do aprimoramento da produção e da vigilância microbiológica.

No âmbito da Saúde Coletiva, sua consolidação depende da integração entre pesquisa, inovação e vigilância em saúde, visando viabilizar sua futura aplicação clínica no enfrentamento da resistência aos antimicrobianos.

REFERÊNCIAS

ALQAHTANI, Abdulaziz. Tratamento com bacteriófagos como terapia alternativa para bactérias multirresistentes. **Saudi Medical Journal** , v. 44, n. 12, p. 1222, 2023.

CALIN, Ruxandra et al. Bacteriófagos líticos ativos na urina contra *Klebsiella pneumoniae* resistente a múltiplos fármacos, isolada clinicamente e causadora de infecção do trato urinário. **International Journal of Infectious Diseases** , p. 108966, 2026.

CAMPOBASSO, Claudia et al. Os lipídios do soro humano afetam a sensibilidade do *Staphylococcus aureus* à infecção por fagos. **International Journal of Antimicrobial Agents** , v. 66, n. 4, p. 107568, 2025.

CHOI, Yoon-Jun et al. APEGilação mínima melhora a farmacocinética, a imunocompatibilidade e a eficácia de um bacteriófago lítico contra *Acinetobacter baumannii* multirresistente. **ACS Infectious Diseases** , v. 12, n. 1, p. 202-211, 2026.

CHONG, Qian et al. Avaliação sistemática da terapia combinada de coquetel de fagos e ciprofloxacina contra a disbiose intestinal induzida por *Salmonella Typhimurium* multirresistente. **Microbiology Spectrum** , v. 14, n. 5, p. e02640-25, 2026.

DEHARI, Deepa et al. Um microgel de bacteriófago trata eficazmente infecções bacterianas por *Acinetobacter baumannii* multirresistente em feridas de queimadura. **Pharmaceuticals** , v. 16, n. 7, p. 942, 2023.

HOLGER, Dana J. et al. Terapia combinada de bacteriófago e antibiótico para *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente: teste de sinergia in vitro. **Journal of applied microbiology** , v. 133, n. 3, p. 1636-1649, 2022.

LUO, Jun et al. Sinergismo bactericida entre o fago YC# 06 e antibióticos: uma estratégia combinada para atingir *Acinetobacter baumannii* multirresistente in vitro e in vivo. **Microbiology spectrum** , v. 10, n. 4, p. e00096-22, 2022.

MA, Jiucheng et al. vB_PaeP_PZH3, um novo bacteriófago para o tratamento de *Pseudomonas aeruginosa* multirresistente em um modelo de infecção de ferida em camundongos. **Journal of Global Antimicrobial Resistance** , v. 44, p. 197-206, 2025.

MORRIS, Tinta Carmen et al. Phage-antibiotic synergy to combat multidrug resistant strains of Gram-negative ESKAPE pathogens. **Scientific Reports**, v. 15, n. 1, p. 17235, 2025.

MUKHOPADHYAY, Subhankar et al. Treatment sequences of a phage and colistin combination trigger different evolution pathways of a multidrug-resistant *Acinetobacter baumannii* yielding distinct treatment outcomes. **International Journal of Antimicrobial Agents**, v. 67, n. 5, p. 107745, 2026.

NDIAYE, Issa et al. Isolation and characterization of *Acinetobacter* phage vAbalN10 active against carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* (CRAB) isolates from healthcare-associated infections in Dakar, Senegal. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 41, p. 151–158, 2025.

QUISPE-VILLEGAS, Gustavo et al. In vivo evaluation of phage therapy against *Klebsiella pneumoniae* using the *Galleria mellonella* model and molecular characterization of a novel Drulisvirus phage species. **Microbiology Spectrum**, v. 13, n. 5, e01145-24, 2025.

SHAMSUZZAMAN, Md.; KIM, Shukho; KIM, Jungmin. Bacteriophage as a novel therapeutic approach for killing multidrug-resistant *Escherichia coli* ST131 clone. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1455710, 2024.

SHEHAB EL-DIN, Eman M. Rabie et al. Bacteriophage-antibiotic synergy enhances therapeutic efficacy against multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* infections. **Journal of Applied Microbiology**, v. 136, n. 6, 1xaf131, 2025.

WANG, Jinyu et al. Topically applied bacteriophage to control multi-drug resistant *Pseudomonas aeruginosa*-infected wounds in a New Zealand rabbit model. **Frontiers in Microbiology**, v. 13, p. 1031101, 2022.

XIAO, Zhen et al. Isolation and characterization of a multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* infecting phage and its therapeutic use in mice. **FEMS Microbiology Letters**, v. 371, fnae072, 2024.

ZEYNALI KELISHOMI, Fatemeh et al. Evaluation of the therapeutic effect of a novel bacteriophage in the healing process of infected wounds with *Klebsiella pneumoniae* in mice. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 36, p. 371–378, 2024.

ZHANG, Liwei et al. Therapeutic evaluation of the *Acinetobacter baumannii* phage Phab24 for clinical use. **Virus Research**, v. 320, p. 198889, 2022.

ZEYNALI KELISHOMI, Fatemeh et al. Evaluation of the therapeutic effect of a novel

bacteriophage in the healing process of infected wounds with *Klebsiella pneumoniae* in mice. **Journal of Global Antimicrobial Resistance**, v. 36, p. 371–378, 2024.

ZHANG, Liwei et al. Therapeutic evaluation of the *Acinetobacter baumannii* phage Phab24 for clinical use. **Virus Research**, v. 320, p. 198889, 2022.

ZHAO, Yapin et al. Characterization and therapeutic efficacy of phage p9676 against epidemic ST11-KL64 *Klebsiella pneumoniae*: insights from genomic analysis and in vivo studies. **Microbiological Research**, v. 301, p. 128298, 2025.