

APLICAÇÕES E AVANÇOS DAS NANOPARTÍCULAS DE PRATA OBTIDAS POR SÍNTESE VERDE

**Stefania Corrêa Almeida¹, Gabriela Carvalho Ribeiro², Thais Alves de Magalhães³,
Silvania da Conceição Furtado⁴, Alessandra Alves da Silva Magalhães⁵**

¹ Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Brasil
(stefaniacorreaalmeida09@gmail.com))

^{2,3,4,5} Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil.

Resumo: As nanopartículas de prata (AgNPs) biossintetizadas têm se destacado pelos avanços em aplicações biomédicas devido às suas propriedades antimicrobianas, antivirais, antioxidantes, anti-inflamatórias e anticâncer. Esta revisão do tipo estado da arte analisou estudos publicados nos últimos cinco anos, evidenciando a síntese verde como uma alternativa sustentável e promissora para o desenvolvimento de nanomateriais com potencial terapêutico e farmacológico.

Palavras-chave: nanotecnologia verde; AgNPs; síntese biológica; aplicações biomédicas.

INTRODUÇÃO

A Nanotecnologia tem emergido como uma das áreas mais promissoras da ciência contemporânea, com destaque para as nanopartículas de prata (AgNPs), que apresentam propriedades físico-químicas únicas e desenvolvimento de características catalíticas, magnéticas e ópticas, conferindo-lhes um alto potencial de aplicações na biomedicina, dentre elas a atividade antimicrobiana (Dubey et al., 2023). A síntese verde ou biossíntese, de AgNPs tem se consolidado como uma alternativa sustentável à síntese química tradicional, por utilizar agentes redutores de origem biológica, como extratos vegetais, bactérias e fungos (Magalhães et al., 2022; Shahzadi et al., 2025).

As AgNPs obtidas por síntese biológica são particularmente relevantes para aplicações biomédicas, devido à menor toxicidade e maior biocompatibilidade (Sati et al., 2025). Estudos recentes destacam sua eficácia como agentes antimicrobianos, anti-inflamatórios, antioxidantes e em sistemas de liberação controlada de fármacos. A combinação entre eficiência terapêutica e métodos ambientalmente seguros de síntese impulsiona o interesse científico e tecnológico nesse campo (Ahuja; Singh; Batra, 2025; Magalhães et al., 2022).

Diversas abordagens são utilizadas na obtenção de nanopartículas, incluindo métodos físicos e químicos, os quais geralmente envolvem o uso de substâncias tóxicas e elevados gastos energéticos (Mayegowda et al., 2023). Em contraste, a síntese verde ou biossíntese utiliza microrganismos, plantas ou extratos naturais para a redução de íons de prata, configurando-se como uma alternativa ambientalmente amigável e sustentável. Além de

minimizar os impactos ambientais típicos da síntese química, esse processo também favorece a biocompatibilidade das nanopartículas produzidas (Noreen et al., 2024).

As AgNPs sintetizadas biologicamente destacam-se por sua ação antimicrobiana de amplo espectro, eficaz contra bactérias gram-positivas e gram-negativas, fungos e até alguns vírus. Elas têm sido aplicadas com sucesso na formulação de pomadas, revestimentos de instrumentos médicos, curativos inteligentes e embalagens antimicrobianas para alimentos (Ahmad et al., 2024). Avanços recentes demonstraram seu potencial também na área anticâncer, onde as AgNPs induzem apoptose em células tumorais, além de atuarem como vetores de fármacos com liberação controlada (Chaturvedi et al., 2023).

Dessa forma, este estudo tem como objetivo realizar uma revisão narrativa sobre as aplicações das nanopartículas de prata (AgNPs) biossintetizadas na área biomédicas, além de levantar estudos publicados nos últimos cinco anos, identificar os agentes biológicos mais utilizados nos estudos.

MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma revisão narrativa do tipo “estado da arte”, cujo objetivo é mapear, descrever e analisar criticamente os principais avanços e aplicações das AgNPs obtidas por síntese verde (Grant; Booth, 2009). A metodologia foi estruturada em três etapas sequenciais e interdependentes: (1) Estratégia de busca e seleção de estudos (2) Extração e organização dos dados do material selecionado (3) Análise e síntese dos resultados.

Etapas 1: Estratégia de Busca e seleção de Estudos

Identificação de estudos relevantes

As revisões narrativas são publicações amplas, apropriadas para descrever e discutir o desenvolvimento ou o “estado da arte” de um determinado assunto, sob ponto de vista teórico ou contextual. Constituem, basicamente, de análise da literatura publicada em livros, artigos de revista impressas e/ou eletrônicas na interpretação e análise crítica pessoal do autor. Para a identificação dos estudos relevantes nesta pesquisa será utilizado as bases de dados: *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar* e *Science of Direct*.

Estratégia de busca

A estratégia de busca foi realizada com palavras-chaves e Descritores de Ciências da Saúde (DECs) e Termos Principais (MeSH) adaptados para cada banco de dados, utilizando operadores booleanos AND e OR. Este processo foi conduzido com a consulta de um bibliotecário profissional. A busca foi adaptada para a sintaxe de cada base de dados. A equação base a ser utilizada será: ("silver nanoparticles" OR "AgNPs" OR "nano silver") AND ("green synthesis" OR "biosynthesis" OR "plant-mediated" OR "phytosynthesis" OR "mycosynthesis" OR "bacterial synthesis") AND ("application" OR "activity" OR "antimicrobial" OR "antibacterial" OR "antifungal" OR "biomedical" OR "catalysis" OR "sensor" OR "agriculture" OR "environmental").

CrITÉRIOS de Elegibilidade

A seleção dos artigos seguiu critérios de inclusão e exclusão pré-definidos, seguindo as boas práticas recomendadas para revisões, como as do guia PRISMA (PAGE et al., 2023).

CrITÉRIOS de Inclusão e Exclusão

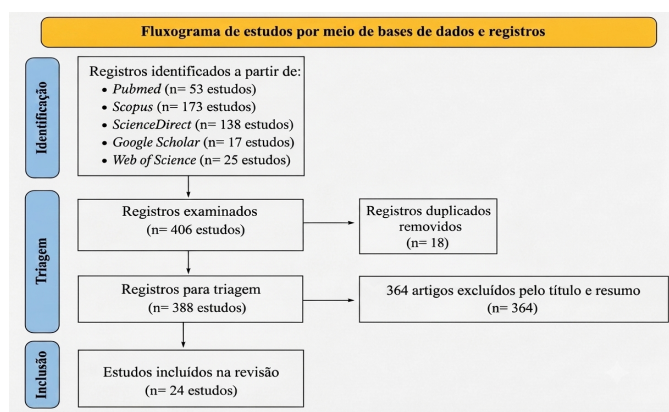
Foram incluídos nessa revisão de narrativa estudos experimentais, revisões sistemáticas sobre AgNPs obtidas por síntese verde e trabalhos que abordem aplicações biomédicas. Serão excluídos trabalhos duplicados e estudos com nanopartículas de prata obtidas exclusivamente por síntese química.

Primeira Fase

Para a primeira fase da pesquisa, foi utilizado um gerenciador de referências. Após a eliminação de duplicatas, uma seleção preliminar foi feita através da revisão dos títulos e resumos para escolher artigos elegíveis com base nos critérios de inclusão e exclusão definidos. Discrepâncias nos critérios de elegibilidade podem surgir tanto na primeira quanto na segunda fase, as quais serão resolvidas entre os revisores durante ambos os processos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da estratégia de busca estabelecida na metodologia foram encontrados nas bases de dados *PubMed*, *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar* e *Science of Direct*, inicialmente 406 estudos. Com o uso gerenciador de referências “RAYYAN” foi possível remover 36 duplicadas e 364 artigos que não atendiam a pergunta de pesquisa. A partir da leitura do título e resumo foi possível obter 24 estudos elegíveis (**Tabela 1**), sendo todo o processo de seleção resumido no fluxograma PRISMA de acordo com as recomendações da JBI (**Figura 1**). Esses resultados foram obtidos entre os meses de setembro de 2025 a dezembro de 2025.



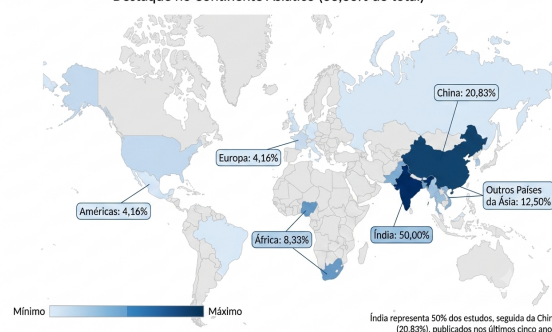
Fonte: Autoria própria, 2026.

Figura 1: Fluxograma de identificação, triagem e elegibilidade dos estudos sobre aplicações e avanços das nanopartículas de prata obtidas por síntese verde.

A análise da distribuição geográfica dos estudos revelou que a maioria das pesquisas foi realizada no continente asiático (83,33%), continente africano (8,33%), continente americano (4,16%) e continente europeu (4,16%). Observou-se que a Índia apresenta 50% dos estudos incluídos nesta revisão, seguido da China com 20,83% dos estudos publicados nos últimos cinco anos (**Figura 2**).

ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DOS ESTUDOS REVISADOS

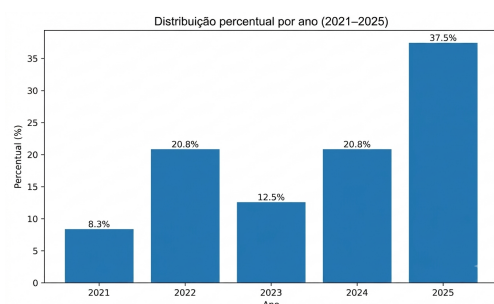
Destaque no Continente Asiático (83,33% do total)



Fonte: Autoria própria

Figura 2: análise da distribuição geográfica dos estudos revisados

A distribuição das publicações ao longo dos últimos cinco anos evidencia uma tendência de crescimento na produção científica. Dos estudos elegíveis cerca de 37,5 % dos artigos publicados eram de 2025, havendo um aumento de 29,1 % em relação a 2021, em que foram publicados 8,33% por cento dos artigos incluídos na pesquisa (**Figura 3**). Nos últimos 5 anos o estudo sobre AgNPs vem aumentando de forma significativa, e essa procura é impulsionada pelas suas propriedades únicas relacionadas à grande liberação de íons de suas superfícies, além da necessidade de se encontrar substâncias com grande poder antimicrobiano, de modo que seja aplicável de forma vasta em diversas áreas da biomedicina (Veeragoni et al, 2023).



Fonte: Autoria própria

Figura 3: Distribuição percentual de publicações por ano.

O uso das AgNPs biossintetizadas demonstraram uma diversidade de aplicações biomédicas, como em tratamento de feridas (10,7%), atividade antimicrobiana 53,6%, atividade anticâncer (10,7%) antimalárica (3,6%), antioxidante (3,6%), antiinflamatória (3,6%) antiviral (7,1%) contra diarreia (3,6%) e contra infecções sanguíneas (3,6%).

Nesta revisão foram encontrados 14 estudos *in vitro* e 10 estudos *in vitro* e *in vivo*. O teste mais frequente foi a determinação da concentração inibitória mínima (MIC), geralmente associada à Concentração bactericida mínima (MBC). Outros testes como o de difusão em disco, difusão em ágar e difusão em poços também estiverem presentes nos achados, porém em menor frequência (**Tabela 1**).

A análise desses estudos incluídos mostrou uma predileção por ensaios *in vitro*, enquanto estudos *in vivo* estiveram menos presentes. Essa distribuição se dá pelo fato de que os estudos *in vitro* constituem a primeira fase da investigação clínica, sendo possível analisar a atividade biológica das nanopartículas de prata em ambientes controlados antes da realização de testes em seres vivos. Em contrapartida, os estudos *in vivo* são eficazes para confirmar a eficácia terapêutica e possíveis efeitos

tóxicos em organismos vivos, de modo a contribuir para a confirmação do potencial de aplicações das nanopartículas de prata (Sharma et al, 2025).

Dentre os microrganismos mais investigados o *Escherichia coli* foi o mais utilizado (50%), seguido por *Staphylococcus aureus* (41,66%). A *E.coli* possui grande relevância clínica haja vista que é um patógeno oportunista responsável por diversos tipos de infecções. Assim, a utilização de bactérias gram negativas e gram positivas nos estudos encontrados mostra a capacidade das AgNPs em terem um amplo espectro de ação antimicrobiana (Yadav et al, 2024).

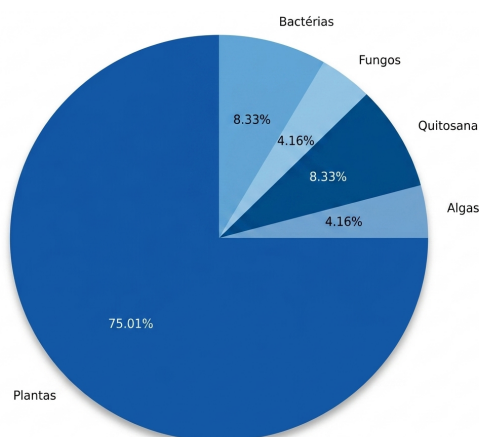
No estudo de Alharbi et al 2023, observou-se que além de sua atividade antimicrobiana, também foi analisado sua função anticancerígena, em que as AgNPs induzem a apoptose controlada, além de inibir a capacidade de divisão dessas células malignas impedindo um crescimento descontrolado do tumor. Sua citotoxicidade se mostra evidente ao liberar lactato desidrogenase, ocasionando a perda da integridade da membrana das células expostas (Khali et al, 2022).

Somam-se a isso avanços na cicatrização de feridas diabéticas por meio de hidrogéis de pectina cítrica (10,7%), e descobertas relevantes de Nurunnahar et al. (2024) sobre propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (3,6% cada), que atuam na eliminação de radicais livres e no bloqueio de mediadores de dor em edemas. No campo das doenças infecciosas, as AgNPs biossintetizadas apresentam potencial antiplasmódico contra a malária (3,6%) ao impedir a maturação de esquizontes de *P. falciparum*, além de demonstrarem eficácia antiviral (7,1%) e utilidade no tratamento de infecções sanguíneas e quadros diarreicos (3,6% cada), consolidando-se como uma alternativa biocompatível e multifuncional aos fármacos tradicionais.

Esses achados evidenciam a versatilidade de aplicações das AgNPs na área da saúde. Entretanto, grande parte dos estudos encontrados foi realizado apenas em modelos animais ou em laboratórios, limitando a expansão dos resultados para a prática clínica (Veeragoni et al, 2023). Além disso, a diversidade de métodos utilizados para a produção das AgNPs e nas características físico-químicas das nanopartículas dificultam a comparação dos dados, o que demonstra a necessidade de mais estudos, principalmente ensaios clínicos em humanos, que confirmem a veracidade de sua eficácia e segurança em humanos (Kerimkulova et al, 2025).

A análise dos estudos revelou que as plantas constituíram a principal fonte biológica utilizada para a síntese de AgNPs, estando presentes em 75,01% das publicações incluídas nesta revisão. O uso de fungo como fonte biológica se mostrou presente em 4,16% dos artigos, seguido de bactérias com 4,16%,

algas apareceram em 4,16% dos achados. Houve também a utilização de quitosana, um polissacarídeo que foi utilizado em 8,33% dos estudos (**Figura 4**).



Fonte: Autoria própria

Figura 4: Distribuição percentual das fontes biológicas

A forte predominância do uso de plantas como fonte biológica para a síntese das AgNPs deve-se a sua ampla disponibilidade bem como o baixo custo e a facilidade de obtenção (Yadav et al, 2024). Além disso, as plantas possuem componentes bioativos que agem na redução dos íons de prata e sua estabilidade. Esses pontos tornam a síntese vegetal um método mais fácil e sustentável. Em compensação, a menor quantidade de estudos utilizando fungos, bactérias, algas e quitosana evidencia que essas alternativas ainda não são tão exploradas, apesar de também apresentarem potencial para a produção de AgNPs (Wang et al, 2025).

CONCLUSÃO

Essa revisão permitiu observar que as AgNPs obtidas por síntese verde possuem um amplo potencial de aplicação na área biomédica. Entre as aplicações identificadas, a atividade antimicrobiana se mostrou mais frequente, apresentando resultados significativos contra diferentes microrganismos, especialmente frente a bactérias patogênicas e cepas multirresistentes, evidenciando o potencial das AgNPs como alternativa para tratamentos convencionais.

Nos últimos 5 anos houve um aumento progressivo de publicações, principalmente em países asiáticos. Entretanto, embora haja um avanço nas pesquisas, ainda existem desafios quanto à padronização dos métodos de síntese, a avaliação da toxicidade em longo prazo é a transposição dos resultados experimentais para aplicações clínicas seguras.

Dessa forma, as evidências encontradas nessa revisão demonstraram que as AgNPs produzidas por síntese verde possuem grande potencial para o desenvolvimento de novas abordagens terapêuticas e tecnologias biomédicas, apresentando uma área de pesquisa com grande expansão para os próximos anos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Federal do Amazonas (Ufam) pela oportunidade e a minha orientadora Alessandra Alves da Silva Magalhães pelo apoio recebido.

REFERÊNCIAS

- AKHTAR, Wasim et al. Phyto-synthesis, characterization of silver nanoparticles from mint leaf extract and its evaluation in antimicrobial and pharmacological applications. *BMC Plant Biology*, v.25, n. 1, p. 1072, 2025.
- ALHARBI, Njud S.; FELIMBAN, Afnan I. Cytotoxicity of silver nanoparticles green-synthesized using *Olea europaea* fruit extract on MCF7 and T47D cancer cell lines. *Journal of King Saud University-Science*, v. 35, n. 10, p. 102972, 2023.
- CHANG, Li et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Fructus Aurantii*-loaded Citrus pectin hydrogel for accelerated healing of MRSA-infected diabetic wounds. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 315, p. 144222, 2025.
- DE MEL, Shaveen et al. Green synthesis of silver nanoparticles using *Magnolia alba* leaf extracts and evaluating their antimicrobial, anticancer, antioxidant, and photocatalytic properties. *Scientific Reports*, v. 15, n. 1, p. 23709, 2025.
- EL DEEB, Bahig A.; FAHEEM, Gerges G.; BAKHIT, Mahmoud S. Biosynthesis of silver nanoparticles by *Talaromyces funiculosus* for therapeutic applications and safety evaluation. *Scientific Reports*, v. 15, n. 1, p. 13750, 2025.
- GALATAGE, S. T. et al. Synthesis of silver nanoparticles using *Emilia sonchifolia* plant for treatment of bloodstream diseases caused by *Escherichia coli*. In: *Annales pharmaceutiques francaises*. Elsevier Masson, 2023. p. 653-666.
- HABEEB RAHUMAN, Haajira Beevi et al. Medicinal plants mediated the green synthesis of silver nanoparticles and their biomedical



applications. IET nanobiotechnology, v. 16, n. 4, p. 115-144, 2022.

HUANG, Liting et al. Synthesis of phytonic silver nanoparticles as bacterial and ATP energy silencer. Journal of Inorganic Biochemistry, v. 231, p. 111802, 2022.

ISMAEL, Motasim; EDWIN, Madivoli; JULIAH, Khayeli. Biogenic synthesis of silver nanoparticles

using Sida cuneifolia leaf extract for enhanced antibacterial, cytotoxic, and anti-biofilm activities. Biotechnology Notes, 2025.

KAVITHA, A. et al. Synthesis and enhanced antibacterial using plant extracts with silver nanoparticles: therapeutic application. Inorganic Chemistry Communications, v. 134, p. 109045, 2021.

KHALIL, Maha A. et al. Biosynthesis of silver nanoparticles by marine actinobacterium Nocardia opacensis and exploring their therapeutic potentials. Frontiers in Microbiology, v. 12, p. 705673, 2022.

KERIMKULOVA, Aigul Zh et al. Microwave-assisted rapid biosynthesis of silver nanoparticles using Simarouba glauca leaf extract and its antimicrobial activity. Nano-Structures & Nano-Objects, v. 44, p. 101582, 2025.

KONA, Nurunnahar et al. Antiproliferative, Pharmacological and antibacterial activities of synthesized silver nanoparticles from the combined extract of pandanus foetidus and alangium salvifolium. Results in Chemistry, v. 7, p. 101547, 2024.

MAGALHÃES, Alessandra Alves et al. Biosynthesis of silver nanoparticles by Lentinus crinitus: characterization and antimicrobial activity. Research, Society and Development, v. 11, n. 14, p. e429111436261-e429111436261, 2022.

MAHAPATRA, Ananya Das et al. Green synthesis of AgNPs from aqueous extract of Oxalis corniculata and its antibiofilm and antimicrobial activity. Journal of the Indian Chemical Society, v. 99, n. 7, p. 100529, 2022.

MUDI, Anupam et al. Ambrosia Artemisiifolia (AA) mediated green synthesis of silver nanoparticles with their biomedical application and catalytic activity. Journal of Organometallic Chemistry, v. 1038, p. 123754, 2025.

RAJU, Rebekah; PRASAD, Arya S.; KUMAR, Rajesh. Anti-inflammatory and antioxidant activity of neem and kirita-induced silver nanoparticles against oral biofilm: an in vitro study. Cureus, v. 16, n. 8, 2024.

RATHER, Muzamil Ahmad et al. Ecofriendly phytofabrication of silver nanoparticles using aqueous extract of Cuphea carthagenensis and their antioxidant potential and antibacterial activity against clinically important human pathogens. Chemosphere, v. 300, p. 134497, 2022.

SADDIK, Mohammed S. et al. Formulation and evaluation of azithromycin-loaded silver nanoparticles for the treatment of infected wounds. International Journal of Pharmaceutics: X, v. 7, p. 100245, 2024.

SINGH, Priyanka; MIJAKOVIC, Ivan. Strong antimicrobial activity of silver nanoparticles obtained by the green synthesis in Viridibacillus sp. extracts. Frontiers in microbiology, v. 13, p. 820048, 2022.

SHARMA, Susrita et al. Cyperus rotundus mediated green synthesis of silver nanoparticles for antibacterial wound dressing applications. Scientific Reports, v. 15, n. 1, p. 18394, 2025.

VEERAGONI, Dileepkumar et al. In vitro and in vivo antimalarial activity of green synthesized silver nanoparticles using Sargassum tenerrimum-a marine seaweed. Acta Tropica, v. 245, p. 106982, 2023.

WANG, Xiaoyu et al. Green synthesis of AgNPs and their application in chitosan/polyvinyl alcohol/AgNPs composite sponges with efficient antibacterial activity for wound healing. International Journal of Biological Macromolecules, v. 309, p. 142935, 2025.

YADAV, Vinayak et al. Green synthesis of silver nanoparticles from clematis gouriana leaf extract: physicochemical characterization and antibacterial activity determination for treatment of bloodstream infections. The Microbe, v. 5, p. 100197, 2024.

YOU, Yuxin et al. Biocompatible chitosan-assisted green-synthesized AgNPs-PSPAE nanopatform for synergistic antimicrobial and anti-inflammatory therapy in infected wound healing. Chemical Engineering Journal, p. 168463, 2025.



Tabela 1 Distribuição dos artigos segundo autor, país, ano, objetivo, aplicação biomédica, teste antimicrobiano, microrganismo testados, resultados e tipos de estudos.

AUTOR/A NO	OBJETIVOS	APLICAÇÃO BIOMEDICINAL	TESTE ANTIMICROBIANO	MICRORGANISMOS TESTADOS	RESULTADOS	DESENHO DE ESTUDO
Veeragoni et al., 2023 Índia	Analisar atividade antimalárica <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i> das AgNPs utilizando <i>Sargassum tenerrimum</i>	Atividade Antimalárica	Cultura contínua	<i>Plasmodium falciparum</i>	Inibição da proliferação de parasitas	Estudo <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>
Khalil et al., 2021, Arábia Saudita	Analisar potencial terapêutico das AgNPs pela actinobactéria marinha <i>Nocardia</i>	Citotoxicidade, Efeito antimicrobiano por degradação do DNA microbiano	Método de difusão em poço, MIC, teste de Suscetibilidade por Disco-Difusão	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>S. coagulase-negativo</i> (CoNs), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Salmonella</i> sp., <i>Klebsiella pneumoniae</i> e <i>Proteus mirabilis</i> , <i>Aspergillus niger</i> e <i>Candida albicans</i>	Aumento da atividade antibiótica contra bactérias resistentes	Estudo <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>
Kerimkulo va et al, 2025 Cazaquistã o	Avaliar o potencial das NPs como agentes antibacterianos, comprovando sua eficácia contra oito tipos de bactérias incluindo patógenos comuns como <i>E. coli</i> e <i>Vibrio cholerae</i> .	Atividade antimicrobiana	Método de diluição em caldo	<i>Vibrio cholerae</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Shigella flexneri</i> , <i>Shigella boydii</i> , <i>Salmonella enterica</i> e <i>Pseudomonas fluorescens</i> ; <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Bacillus licheniformis</i>	Atividade antibacteriana significativa em 4 horas contra todos os patógenos testados.	Estudo <i>in vitro</i>
Mudi et al, 2025, Índia	Verificar atividade catalítica mediada por <i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Efeito anticancerígeno e Antioxidante, carreadoras de fármacos	Verificação da afinidade de ligação ao DNA e às proteínas das NPs desenvolvidas	Linagens de câncer cervical humano Hela e HEK	Propriedades anticancerígenas com baixa toxicidade para células normais (IC50 > 100µM). AgNPs exibem 75,48% de atividade antioxidante	Estudo <i>in vitro</i>



Raju et al, 2024, Índia	Atividade anti-inflamatória e antioxidante de AgNPs induzidas por neem e kirata contra biofilme oral	Agentes Antiinflamatórios e antioxidantes	Não foi realizado	Não foi testado em microrganismos	AgNPs derivadas de <i>Neem e Kirata</i> possuem anti-inflamatórias e antioxidantes	Estudo <i>in vitro</i>
De Mel et al, 2025 EU	Avaliação das propriedades antimicrobianas, anticancerígenas, antioxidantes e fotocatalíticas	Atividade antibacteriana contra cepas bacterianas resistentes	Método de difusão em poços em placas de ágar <i>Mueller-Hinton</i>	<i>Escherichia coli</i> , <i>Klebsiella pneumoniae</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Enterococcus faecalis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i>	Atividade antibacteriana, antifúngicas e antiviral	Estudo <i>in vitro</i>
Wang et al, 2024 China	Investigação da aplicação terapêutica na diarreia	Aplicação terapêutica na diarreia	Não foi realizado	Não foi testado em microrganismos	Atenuou os sintomas da diarreia e danos à estrutura intestinal.	Estudo <i>in vitro e in vivo</i>
Rahuman et al, 2022 Índia	Analisar as diversas características biomédicas das AgNPs e seus respectivos mecanismos de ação	Atividade antimicrobiana	Inibição de fatores virulência	<i>S. marcescens</i> e <i>P. mirabilis</i> <i>Serratia marcescens</i>	As AgNPs interagem com pequenos RNAs regulatórios e proteínas extracelulares para prevenir a formação do biofilme	Estudo <i>in vitro</i>
Sharma et al, 2025 Índia	Desenvolver hidrogel biocompatível para cicatrização de feridas	Curativo para feridas	Ensaio de cicatrização de feridas por arranhões, teste de tolerância cutânea	<i>Escherichia coli</i> e <i>Staphylococcus epidermidis</i>	O hidrogel exibiu eficácia antibacteriana significativa, reduziu a inflamação e acelerou a cicatrização de feridas	Estudo <i>in vitro e in vivo</i>
El Deeb et al, 2025 Índia.	Investigar capacidade de biossíntese por fungo e avaliar segurança	Atividade anticancerígena, anti-inflamatórias e antioxidantes	Teste de difusão em ágar	<i>E. coli</i> , <i>P. Aeruginosa</i> , <i>Candida tropicallis</i>	AgNPs demonstraram ação contra diversos patógenos, sendo mais eficazes contra a bactérias <i>Escherichia coli</i>	Estudo <i>in vitro</i>
Das Mahapatra et. al, 2022	Analisar atividade antibiofilme, antimicrobiana e antiviral	Antiviral (HSV-1) e combate a bactérias multirresistentes	Método de difusão em disco	<i>S. aureus</i> , <i>Spyogenes</i> , <i>E. Coli</i> , <i>K. pneumoniae</i> , <i>S. typhi</i> , <i>P. aeruginosa</i>	Nanomateriais altamente eficazes contra bactérias que já possuem resistência a antibióticos	Estudo <i>in vitro</i>
Priyanka et al, 2022 Dinamarca	Avaliar sua eficácia contra patógenos humanos	Agente antimicrobiano combate a bactérias multirresistentes	Difusão em ágar. MIC, MBC. Análise morfológica de danos celulares	<i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella enterica</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus anthracis</i> , <i>Bacillus cereus</i> e <i>Candida albicans</i> .	Atividade contra todos os patógenos testados, sendo os resultados mais significativos contra <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Salmonella enterica</i> e <i>Candida albicans</i>	Estudo <i>in vitro</i>



Li Chang et al, 2025 China.	Desenvolver um hidrogel natural e multibioativo sintetizadas de <i>Fructus Aurantii</i> para tratar feridas diabéticas infectadas	Curativo regenerativo para feridas diabéticas crônicas, com propriedades antibacterianas, antioxidantes, anti-inflamatórias e pró-angiogênicas.	Difusão em disco, MIC, Contagem em placa, ensaio de abolição e biofilme	<i>Staphylococcus aureus</i> resistente à metilicina (MRSA – cepa ATCC 33591).	Ruptura física da membrana bacteriana, resultando no vazamento de conteúdo citoplasmático e na interrupção da produção de energia.	Estudo <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>
Yadav et al, 2024, Índia.	realizar a síntese verde de AgNPs utilizando o extrato das folhas da planta <i>Clematis gouriana</i>	Tratamento infecções Recorrentes sanguíneas	Difusão em disco, MIC, contagem em placa, ensaio de abolição e biofilme	<i>Staphylococcus Aureus, Escherichia coli</i>	AgNPs matam as bactérias induzindo a produção de Espécies Reativas de Oxigênio (ROS), causando um estresse oxidativo fatal para o microrganismo.	Estudo <i>in vitro</i> e <i>in vivo</i>
Galatage et al, 2023 Índia	avaliar a eficácia das AgNPs no tratamento de infecções da corrente sanguínea	Agente antibacteriano e antibiofilme	MIC, MBC, ensaio de cinética de morte bacteriana, ensaio de biofilme,	<i>Escherichia coli Pseudomonas aeruginosa</i>	As ES-AgNPs mostraram-se letais para a bactéria <i>Escherichia coli</i> em doses muito baixas. Inibição de biofilme	Estudo <i>in vitro</i>
Huang et al, 2022 China	Investigar o mecanismo de ação das AgNPs sintetizadas a partir do extrato do tubérculo da planta <i>Dioscorea cirrhosa</i> .	Agente Antibacteriano de amplo espectro, curativos para feridas e revestimentos de dispositivos médicos	MIC, MBC, ensaio de cinética de morte bacteriana, ensaio de biofilme	<i>Staphylococcus aureus Escherichia coli</i>	AgNPs inibem a enzima Na ⁺ /K ⁺ -ATPase. Isso corta a conversão de energia da bactéria, levando-a à morte por falta de ATP	Estudo <i>in vitro</i>
Motassim et al, 2025 Quenia	Investigar a síntese verde de AgNPs usando extrato de <i>S. cuneifolia</i> .	Agente antimicrobiano alternativo para combate à resistência antibacteriana	MIC, MBC ensaio de difusão em disco	<i>Escherichia coli e Shigella flexneri.</i>	Forte atividade contra todas as cepas, redução de biofilme	Estudo <i>in vitro</i>
Muzamil et al, 2022 Índia	Caracterizar a biossíntese de AgNPs usando extrato de <i>C. carthagenensis</i> , avaliar atividades antibacteriana e antioxidante.	Tratamento de feridas, roupas cirúrgicas, hidrogéis, agentes antioxidantes	Método de difusão em ágar, ensaio de curva de crescimento e cinética de morte bacteriana	<i>L. monocytogenes, S. aureus, B. cereus, B. subtilis, M. smegmatis. K. pneumoniae, P. aeruginosa, P. diminuta</i>	Potente atividade contra todas as cepas (maior eficácia contra <i>S. typhimurium</i>). Propriedade antioxidante significativa	Estudo <i>in vitro</i>



Mohamed et al, 2024 Egito	Desenvolver e avaliar a eficácia de AgNPs sintetizadas e carregadas com azitromicina para o tratamento de feridas infectadas.	Tratamento tópico de feridas infectadas para acelerar a cicatrização e combater bactérias resistentes.	Ensaio de difusão em ágar e determinação da MIC	<i>Staphylococcus aureus</i> resistente à meticilina (MRSA) e <i>Escherichia coli</i> .	<i>In vivo</i> , houve redução de 67,1% na contagem bacteriana, cicatrização acelerada, epitelização superior e maior deposição de colágeno em modelos animais.	Estudo <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>
Yuxin et al, 2025 China	Desenvolver uma nanoplateforma multifuncional via síntese verde para superar as limitações das AgNPs e extratos naturais, visando o tratamento de feridas infectadas.	Cicatrização de feridas, tratamento de infecções por bactérias multirresistentes (MDR), erradicação de biofilmes bacterianos e terapias antioxidantes/anti-inflamatórias tópicas.	MIC, contagem de unidades formadoras de colônias (UFC), teste de coloração com resazurina, curva de crescimento bacteriano e teste de remoção e radicação de biofilme.	<i>Escherichia coli</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> e <i>Staphylococcus aureus</i> resistente à meticilina (MRSA).	Eficácia bactericida total a 128 µg/mL (<i>E.coli</i> e <i>S. aureus</i>). Erradicação de 83-90% dos biofilmes. Redução de 4,8 vezes na carga bacteriana <i>in vivo</i> . Aceleração da cicatrização em 76% com redução de citocinas inflamatórias.	Estudo <i>in vivo</i> e <i>In vitro</i>
Nurunnahar et al, 2024 Bangladesh	Sintetizar tratamento de AgNPs através de uma rota "verde" e avaliar seu potencial anticancerígeno, antimicrobiano, antioxidante e farmacológico.	Tratamento de câncer, controle de infecções bacterianas, terapia antioxidante e manejo de dor e inflamação	Método padrão de diluição em caldo utilizando placas de microtitulação de 96 poços	<i>Shigella boydii</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Bacillus cereus</i> e <i>Escherichia coli</i> .	Inibição de até 77,7% das células de tumor EAC (2 mg/kg). Potencial antimicrobiano e farmacológico, com redução de contorções e edema	Estudo <i>in vivo</i> e <i>in vitro</i>
Alhabi et al, 2023 Arábia Saudita	Estabelecer um protocolo de biossíntese de AgNPs utilizando o extrato do fruto de <i>O. europaea</i> e avaliar seu potencial citotóxico contra linhagens de câncer de mama.	Tratamento anticancerígeno, administração de fármacos, propriedades antioxidantes e combate a patógenos	Atividade anticancerígena via ensaio MTT, citometria de fluxo e fragmentação de DNA.	Linhagens celulares de Adenocarcinoma mamário humano: MCF7 e T47D	AgNPs reduziram a viabilidade das células T47D	Estudo <i>in vitro</i>



Kavitha et al, 2021 Índia	Formular e sintetizar AgNPs utilizando extratos vegetais e avaliar suas propriedades antibacterianas, terapêuticas e de controle de pragas	Desenvolvimento de agentes antimicrobianos, fármacos, nutracêuticos, materiais odontológicos, cosméticos, biossensores e sistemas de distribuição de medicamentos	Método de difusão em ágar, MIC por microdiluição em caldo e ensaios de atividade antifúngica.	<i>Bactérias Gram-positivas: B. subtilis, B. pumilis, S. aureus, S. pyogenes. K. Pneumoniae P. vulgaris, E. Coli, P. Aeuriginosa</i>	As formulações de AgNPs e extratos de TSN podem melhorar as atividades funcionais antimicrobianas dos extratos.	Estudo <i>in vitro</i>
Wang et al, 2025 China	Sintetizar AgNPs de forma ecológica usando o flavonoide Diosmetina e incorporá-las em esponjas de quitosana/PVA para criar um curativo eficaz na cicatrização de feridas infectadas.	curativos médicos para o tratamento de feridas cutâneas infectadas, hemostasia, barreira antibacteriana e regeneração tecidual acelerada.	Difusão em disco. MIC e CBM	<i>Staphylococcus aureus</i>	Promoveu cicatrização completa reduzindo inflamação aumentando-se a vascularização	Estudo <i>in vitro e in vivo</i>