

SÍNTESE VERDE DE NANOPARTÍCULAS METÁLICAS: REVISÃO NARRATIVA

Ana Paula Silva Vasques¹, Kayky Adaan Holanda de Freitas², Thais Alves de Magalhães³, Silvania da Conceição Furtado⁴, Alessandra Alves da Silva Magalhães⁵

¹Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Brasil (ana.vasques@ufam.edu.br)

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

Resumo: A síntese verde de nanopartículas (NPs) metálicas representa uma abordagem promissora, sustentável e ambientalmente amigável na nanotecnologia. Utilizando agentes biológicos como plantas, fungos e bactérias, esse método permite a produção de nanomateriais com elevada eficiência e menor toxicidade. O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão narrativa sobre a síntese verde de NPs metálicas, com ênfase em suas aplicações biomédicas. A partir da análise crítica de estudos selecionados, espera-se contribuir para o avanço científico e para a promoção de práticas sustentáveis no desenvolvimento de nanomateriais. **Palavras-chave:** Nanotecnologia, síntese biológica, nanopartículas metálicas

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os avanços na nanotecnologia impulsionaram transformações significativas no setor biomédico. Entre os nanomateriais mais investigados, destacam-se as nanopartículas metálicas especialmente as de ouro (AuNPs) e de cobre (CuNPs), amplamente exploradas devido às suas propriedades físico-químicas singulares, que as tornam altamente promissoras para aplicações biomédicas (Magdy et al., 2024; Magalhães et al., 2022).

As nanopartículas de ouro (AuNPs) ganham destaque por sua excelente biocompatibilidade, elevada estabilidade e marcantes propriedades ópticas e catalíticas (RAKSHIT, Soumen et al., 2024). Esses atributos têm favorecido seu uso em sistemas de liberação controlada de fármacos, técnicas de diagnóstico por imagem e terapias fototérmicas aplicadas ao tratamento do câncer (Singh et al., 2025). De forma semelhante, as nanopartículas de cobre (CuNPs) despertam crescente interesse graças às suas propriedades antimicrobianas, antifúngicas, condutoras e catalíticas, além do custo mais acessível quando comparadas às nanopartículas de metais nobres, características que as colocam como alternativas promissoras em diversas aplicações biomédicas (Ahuja; Singh; Batra, 2025).

Tradicionalmente, a síntese dessas nanopartículas é realizada por métodos físico-químicos que utilizam

reagentes tóxicos, temperaturas elevadas e solventes orgânicos, gerando preocupações ambientais e sanitárias. Esses processos dependem de agentes redutores potencialmente nocivos e condições agressivas ao meio ambiente, como o uso de solventes voláteis e altas demandas energéticas. Nesse cenário, a síntese verde surge como uma estratégia inovadora, sustentável e ecologicamente viável. Essa abordagem emprega extratos vegetais, microrganismos e outras matrizes biológicas como agentes redutores e estabilizantes, reduzindo substancialmente a toxicidade e os impactos ambientais associados à produção de nanopartículas (Ahmed et al., 2023).

A síntese verde se destaca pelo uso de recursos renováveis, pela menor demanda energética e pela redução significativa na geração de resíduos perigosos (Mayegowda, 2023). A seleção do agente biológico é um fator crucial, pois influencia diretamente características essenciais das nanopartículas, como tamanho, forma, estabilidade e propriedades funcionais. Essa variabilidade permite a produção de nanopartículas direcionadas a aplicações específicas, incluindo diferentes usos no campo biomédico (Magalhães et al., 2022).

Diante desse panorama, o presente projeto propõe a elaboração de uma revisão narrativa voltada para a sistematização dos principais avanços, metodologias empregadas e aplicações emergentes da síntese verde de nanopartículas metálicas. A revisão narrativa possibilita uma análise crítica e contextualizada da literatura



disponível, destacando lacunas, desafios e potenciais direções para futuras investigações (Shah et al., 2025).

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 da síntese verde. A metodologia será estruturada em três etapas sequenciais e interdependentes: (1) Seleção de estudos e Estratégia de busca; (2) Extração e organização dos dados; e (3) Análise e síntese dos resultados.

Etapas 1: Seleção de Estudos e Estratégia de Busca e Identificação de estudos relevantes

As revisões narrativas apresentam várias fontes de evidências como estudos primários, revisões sistemáticas, metanálises. Para a identificação dos estudos relevantes nesta pesquisa será utilizado as bases de dados: *PubMed*, *Scopus* e *Web of Science*.

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, utilizando palavras-chave como: *green synthesis*, *metallic nanoparticles*, *biological activity*, *antimicrobial*, *antioxidant*, *gold nanoparticles*, *copper nanoparticles*, *plant-mediated synthesis*.

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 síntese verde que abordem aplicações biomédicas. Serão excluídos trabalhos duplicados e estudos com nanopartículas metálicas obtidas exclusivamente por síntese química.

Primeira Fase

Para a primeira fase da pesquisa, foi utilizado um gerenciador de referências Rayyan. 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 foram resolvidas entre os revisores durante ambos os processos.

Segunda Fase

Os estudos pré-selecionados foram lidos na íntegra para uma leitura mais detalhada, considerando os critérios estabelecidos na revisão. Estudos que não apresentem boa qualidade metodológica ou que não consigam abordar a questão de pesquisa foram excluídos. Todo o processo de seleção, incluindo os motivos de exclusão de estudos, foi narrado para o fluxograma do processo de revisão. Para aumentar o rigor metodológico, a extração de dados será realizada por dois revisores independentes e cegos. Os resultados foram comparados para identificar diferenças nas avaliações entre os pesquisadores. Discordâncias sobre a inclusão de estudos serão resolvidas por consenso e, em caso de discordâncias persistentes, um terceiro revisor atuará como árbitro.

Extração de Dados

A extração de dados e síntese foi executada utilizando um formulário de extração de dados no *Microsoft Excel*. Para caracterizar e resumir os resultados, será criada tabela a partir dos dados extraídos dos artigos incluídos, considerando autor/ano, objetivo do estudo, tipo de estudo e resultados encontrados. Este processo será refinado durante o processo de revisão, e os resultados serão organizados com base nos achados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a estratégia de busca estabelecida na metodologia, os descritores MeSH e DeCS utilizados para representar os principais aspectos da pergunta de pesquisa, foram: *gold nanoparticles*, *copper nanoparticles biomedical applications*, *green synthesis*. Desse modo, os descritores e seus sinônimos foram utilizados em conjunto com os operadores booleanos “AND” e “OR” para realizar a pesquisa na base de dados.

Na pesquisa na base de dados *Pubmed*, *Web of Scienc*, e *Scopus* foram utilizados o filtro “Free Full Text”. A partir da estratégia de busca estabelecida na metodologia, foram encontrados nas bases de dados, inicialmente 1555 estudos. Com o uso gerenciador de referências “RAYYAN” foi possível remover 73 duplicadas e 1347 artigos que não atendiam a pergunta de pesquisa. A partir da leitura do título e resumo foi possível obter 135 estudos elegíveis (**Tabela 1**), sendo todo o processo de seleção resumido no fluxograma PRISMA de acordo com as recomendações da JBI (**Figura 1**).

Os estudos analisados destacam uma tendência crescente na síntese verde de

nanopartículas, com foco em ouro (AuNPs) e cobre (CuNPs), utilizando agentes biológicos como extratos de plantas, fungos e bactérias. (Narayana, M.S. et al., 2025;). No âmbito das aplicações biomédicas, essas nanoestruturas demonstram versatilidade, atuando como potentes agentes antimicrobianos capazes de combater patógenos multirresistentes e inibir a formação de biofilmes (Juyal, S. et al., 2025;).

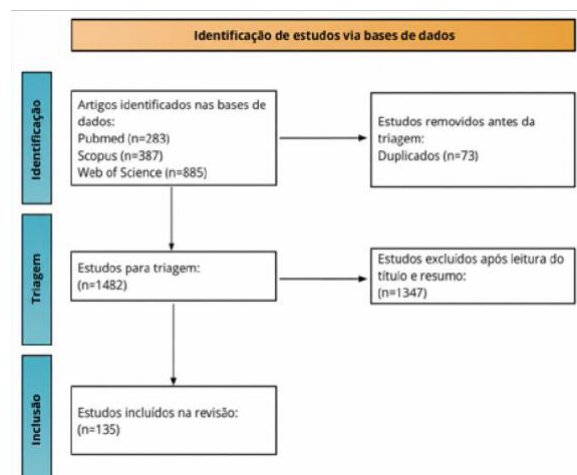


Figura 1: Fluxograma de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos sobre as nanopartículas de ouro e cobre e suas aplicações biomédicas.

Além disso, observa-se um forte direcionamento para a oncologia, onde as nanopartículas são empregadas em terapias fototérmicas e na indução de apoptose em diversas linhagens de células cancerígenas, como as de mama, pulmão e cólon (Mathew, A. et al., 2025; Alwis, W.H.S. et al., 2025;). Outras frentes de destaque incluem a aceleração da cicatrização de feridas, propriedades anti-inflamatórias e ação antidiabética (Narayana, M.S. et al., 2025).

A distribuição das publicações estudadas sobre síntese verde e nanopartículas de ouro e cobre aplicadas à biomedicina evidencia um interesse expressivo em pesquisas nessa área, especialmente entre os anos de 2023 à 2025, conforme indicado pelos dados bibliométricos analisados (Figura 2). Foi observado que a maioria dos artigos foi publicada na Ásia (85,93%), seguida pela África (7,41%), Américas (4,44%), Europa (1,48%) e Oceania (0,74%). Esse comportamento está fortemente associado ao elevado investimento asiático em nanotecnologia e ciências biomédicas, impulsionado por políticas públicas de fomento à pesquisa, infraestrutura tecnológica consolidada e elevado número de pesquisadores (KUMAR, A. et al., 2025).

A distribuição das publicações ao longo dos últimos cinco anos evidencia uma tendência de crescimento na produção científica, com variações pontuais entre os anos analisados. Em 2021 foram registrados 21 artigos (15,56%), seguidos por uma redução em 2022, com 11 publicações (8,15%). A partir de 2023, nota-se uma retomada consistente, com 18 artigos (13,33%), seguida por um aumento expressivo em 2024, totalizando 27 publicações (20,00%). O pico ocorre em 2025, com 58 artigos

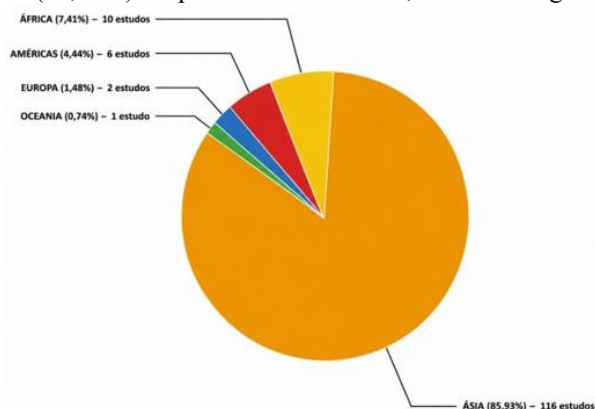


Figura 2: Distribuição geográfica dos estudos incluídos nesta revisão.

(42,96%), representando quase metade de toda a produção do período analisado (Figura 3). Esse crescimento acentuado reflete o interesse da área científica em técnicas de síntese verde e caracterização de nanopartículas de ouro e cobre para aplicações biomédicas antibacterianas, antioxidantes, antiinflamatórias, anticânceres, antimicrobianas principalmente, impulsionando investimentos em pesquisa, colaborações internacionais e pela demanda por soluções inovadoras em diagnóstico e terapias avançadas. (Balkis, E. et al., 2025).

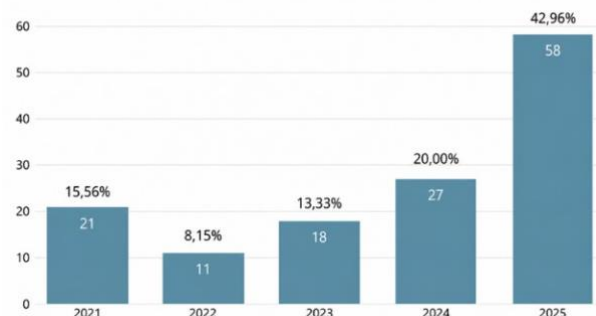


Figura 3: Distribuição das publicações ao longo do tempo.

A análise dos estudos revelou que as plantas (75,35%) constituíram a principal fonte biológica

utilizada para a síntese de nanopartículas (NPs), em

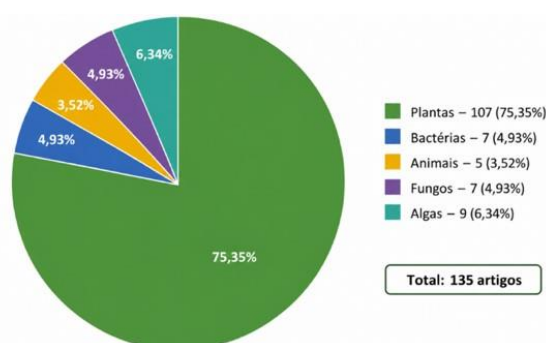
seguida as algas (6,34%), bactérias (4,93%), fungos (4,93%) e animais (3,52%) (**Figura 4**). Em relação as nanopartículas de ouro (AuNPs), os agentes mais

Figura 4: Distribuição percentual das fontes biológicas.

Nas nanopartículas de cobre (CuNPs), destacam-se a bactéria *Pseudomonas putida*, e plantas como *Moringa oleifera*, *Cucurbita maxima* e a flor de *Passiflora* (El-Sayed, O. et al., 2025;). O fungo *Pleurotus ostreatus* demonstra uma versatilidade notável, sendo empregado com sucesso na síntese biogênica de ambos os metais (Narayana, M.S. et al., 2025). Adicionalmente, polissacarídeos como a quitosana aparecem frequentemente como agentes redutores e estabilizantes fundamentais em diversas formulações (Fadhill, A.A. et al., 2025).

Esta revisão permitiu sistematizar e analisar a produção científica recente sobre a síntese verde de nanopartículas metálicas de cobre e ouro mostrando resultados promissores sobre seu uso principalmente em

utilizados incluem espécies do gênero *Allium*, como *A. sativum* e *A. tuberosum*, a *Punica granatum* (romã), o gengibre (*Zingiber officinale*) e macroalgas marinhas como a *Caulerpa sertularioides* (Sivakumar, V.S. et al., 2025).



atividades antimicrobianas, observada em 81 estudos (60,00%), seguida pela atividade anticâncer/citotóxica, presente em 73 artigos (54,07%), e pela atividade antioxidante, identificada em 53 estudos (39,26%).

Em menor frequência foram relatadas aplicações relacionadas ao carregamento e liberação de fármacos em 20 artigos (14,81%), atividade anti-inflamatória em 14 artigos (10,37%), cicatrização e regeneração tecidual em 12 artigos (8,89%) e atividade antidiabética em 10 artigos (7,41%). Aplicações mais específicas, como efeito fototérmico em 5 estudos (3,70%), atividade antiangiogênica em 5 (3,70%), larvicida/inseticida em 4 (2,96%) e neuroprotetora em 4 artigos (2,96%), foram as aplicações menos frequentes, representando menos de 4% dos estudos cada. Como um mesmo artigo pode apresentar mais de uma aplicação, as porcentagens não totalizam 100%. (**Figura 5**) (Parveen, S.T. et al., 2025).

CONCLUSÃO

A síntese verde de nanopartículas metálicas destaca-se como uma alternativa sustentável aos métodos convencionais, possibilitando a obtenção de nanomateriais com propriedades adequadas para diversas aplicações biomédicas. Os estudos analisados demonstraram que a escolha do agente biológico influencia diretamente as características das nanopartículas, refletindo em seu desempenho biológico.

Entre as aplicações identificadas, destacaram-se as atividades antimicrobiana, anticâncer/citotóxica e antioxidante, além do crescente interesse em áreas como liberação controlada de fármacos, regeneração tecidual e terapia fototérmica. Esses resultados evidenciam o potencial das AuNPs e CuNPs obtidas por síntese verde para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas.

Entretanto, a predominância de estudos *in vitro* e a ausência de protocolos padronizados ainda limitam a translação dos resultados para a prática



Figura 5: Distribuição percentual das atividades biológicas.

clínica. Aspectos como biodistribuição, toxicidade, estabilidade e segurança em longo prazo permanecem pouco explorados, reforçando a necessidade de estudos pré-clínicos e clínicos mais robustos.

Assim, esta revisão evidencia o potencial da síntese verde de AuNPs e CuNPs como uma estratégia sustentável para o desenvolvimento de nanomateriais com aplicações biomédicas, ao mesmo tempo em que destaca os desafios científicos que ainda precisam ser superados para sua efetiva incorporação à prática clínica.

REFERÊNCIAS

ADEBAYO, E. A. *et al.* Anopheles gambiae Control and Antibacterial Activity of Silver, Gold, and their Alloy Nanoparticles Synthesized Using Pleurotus



ostreatus. **Tropical Journal of Natural Product Research**, [S. l.], v. 9, n. 11, p. 5795-5803, 2025.

AHMAD, S. *et al.* Assessing the Potential of Aconitum Laeve Extract for Biogenic Silver and Gold Nanoparticle Synthesis and Their Biological and Catalytic Applications. **Molecules**, [S. l.], v. 29, n. 11, 2024.

AHMED, A. *et al.* Nature-inspired biogenic synthesis of silver nanoparticles for antibacterial applications. **Materials Today Chemistry**, [S. l.], v. 27, p. 101339, 2023.

AHUJA, D.; SINGH, A. K.; BATRA, P. Antibacterial efficacy of nanoparticles on orthodontic materials — A systematic review and meta-analysis. **International Orthodontics**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 100955, 2025.

AKBARI, A. *et al.* In-vitro investigation of curcumin coated gold nanoparticles effect on human colorectal adenocarcinoma cell line. **Nanomedicine Research Journal**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 66-72, 2022.

AKINNIYI, J. N. Synthesis and characterization of copper nanoparticles using Allium cepa (L.) outer peel at ambient temperature. **Tropical Journal of Natural Product Research**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 1144-1149, 2025.

ALBULAIHED, Y. *et al.* Biogenically synthesized gold nanocarrier ameliorated antiproliferative and apoptotic efficacy of doxorubicin against lung cancer. **Frontiers in Pharmacology**, [S. l.], v. 15, 2024.

ALI DHEYAB, M. *et al.* Durian seed-derived gold nanoparticles: sustainable anticancer and catalytic applications from agricultural waste. **International Journal of Materials Research**, [S. l.], v. 116, n. 11, p. 928-944, 2025.

ALI, S. *et al.* Green synthesis of silver and gold nanoparticles using Crataegus oxyacantha extract and their urease inhibitory activities. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, [S. l.], v. 68, n. 5, p. 9921002, 2021.

AL-RADADI, N. S. Biogenic proficient synthesis of (Au-NPs) via aqueous extract of Red Dragon Pulp and seed oil. **Saudi Journal of Biological Sciences**, [S. l.], v. 29, n. 4, p. 2836-2855, 2022.

ALSHAMMARI, S. O.; MAHMOUD, S. Y.; FARRAG, E. S. Synthesis of Green Copper Nanoparticles Using Medicinal Plant Krameria sp. Root Extract and Its Applications. **Molecules**, [S. l.], v. 28, n. 12, 2023.

ALTINSOY, Ş. *et al.* Evaluation of surface properties of modified Ti6Al4V alloy with copper nanoparticles organic nanostructure for biomedical applications. **Corrosion Reviews**, [S. l.], v. 43, n. 3, p. 361-380, 2025.

ALWIS, W. H. S. *et al.* Biofabrication of Terminalia ferdinandiana-conjugated gold nanoparticles and their anticancer properties. **Life**, [S. l.], v. 15, n. 12, 2025.

AMINI, S. M. *et al.* Investigating the *in vitro* photothermal effect of green synthesized apigenincoated gold nanoparticle on colorectal carcinoma. **IET Nanobiotechnology**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 329-337, 2021.

ANSARI, N.; LODHA, A.; PATEL, T. L. A Novel Microwave-Assisted Green Synthesis of Copper Nanoparticles Using Citrus limon and Its Application for Antibacterial and Antifungal Activity.

International Journal of Nanoscience, [S. l.], v. 21, n. 3, 2022.

ARROYO, G. *et al.* Green synthesis of antioxidant and low-toxicity gold and silver nanoparticles using floral extracts. **OpenNano**, [S. l.], v. 26, 2025.

ARULARASU, M. V. *et al.* A screen-printed carbon electrode modified with a green synthesized gold nanoparticle for selective detection of nitrite in drinking water sample. **Sensing and Bio-Sensing Research**, [S. l.], v. 48, 2025.

AVILA, S. R. R. *et al.* High antibacterial *in vitro* performance of gold nanoparticles synthesized by epigallocatechin 3-gallate. **Journal of Materials Research**, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 518-532, 2021.

AZIZ, N. *et al.* Green synthesis and antibacterial activity of silver and gold nanoparticles using crude flavonoids extracted from Bombax ceiba flowers. **Cellular and Molecular Biology**, [S. l.], v. 71, n. 2, p. 127-135, 2025.

BAKHET, S. *et al.* Virucidal Efficacy of LaserGenerated Copper Nanoparticle Coatings against Model Coronavirus and Herpesvirus. **ACS Applied Materials & Interfaces**, [S. l.], v. 17, n. 18, p. 2643126444, 2025.

BALKIS, E.; POLAT, M.; KAYA, B. Comparison of antimicrobial, anticancer and antioxidant properties of Fe, Cu, Ag nanoparticles synthesized from Salvia officinalis plant. **Pakistan Journal of Botany**, [S. l.], v. 57, n. 2, p. 501-514, 2025.

BARAN, A. Inhibitory effects of gold nanoparticles biosynthesized by redox reaction using Rheum ribes lam fruit peels on pathogen strains and cancer cells. **Particulate Science and Technology**, [S. l.], v. 41, n. 7, p. 978-989, 2023.

BARBU, I. A. *et al.* Antimicrobial effects produced by gold nanoparticles obtained with extracts of Allium sativum and Allium ursinum. **Studia Universitatis Babes-Bolyai Biologia**, [S. l.], v. 70, n. 1, p. 327-336, 2025.

BOTTEON, C. *et al.* Cytotoxic Potential of Biogenic Gold Nanoparticles Functionalized With Brazilian Red Propolis in Prostate Cancer Cell Models. **Applied Organometallic Chemistry**, [S. l.], v. 39, n. 9, 2025.

CHITHAMBHARAN, A. *et al.* Bioinspired Gold Nanoparticle Synthesis Using Terminalia bellerica Fruit Parts and Exploring Their Anti-bacterial Potency *In Vitro*. **Indian Journal of Microbiology**, [S. l.], v. 61, n. 3, p. 298-305, 2021.

CHONANANT, C. *et al.* Green Synthesis of Biocompatible Gold Nanoparticles Using Andrographis paniculata Leaves Extract. **ACS**



Organic & Inorganic Au, [S. l.], v. 5, n. 5, p. 328337, 2025.

DAS GUPTA, R.; BANERJEE, S.; BASAK, A. K. Bio-metallic copper nanoparticles synthesized from Cucurbita maxima: antimicrobial and cytotoxic potential. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, [S. l.], v. 778, 2025.

DAS, S. *et al.* Microwave-Based Rapid Green Synthesis of Gold Nanoparticles Utilizing a Notorious Weed (Mikania micrantha) Extract and Evaluation of their Biomedical Properties. **Waste and Biomass Valorization**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 1955-1972, 2025.

DEHGHANI, F. *et al.* Antiviral and antioxidant properties of green synthesized gold nanoparticles using Glaucium flavum leaf extract. **Applied**

Nanoscience, [S. l.], v. 13, n. 6, p. 4395-4405, 2023.

DELICANA, J. D. P. *et al.* Tailoring color and antibacterial properties of cotton fabric materials using gold nanoparticles synthesized from Mangifera indica peel extract. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2025.

DHAYALAN, M. *et al.* Evaluating the therapeutic importance of gold nanoparticles formed by the biogenic synthesis route of Madhuca longifolia reduction. **BioResources**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 823841, 2024.

DHEYAB, M. A. *et al.* Turning food waste-derived ultrasmall gold nanoparticles as a photothermal agent for breast cancer cell eradication. **Inorganic Chemistry Communications**, [S. l.], v. 169, 2024.

DONG, F. *et al.* Green Synthesis of Gold Nanoparticles (AuNPs) As Potential Drug Carrier for Treatment and Care of Cardiac Hypertrophy Agents. **Journal of Cluster Science**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 1129-1137, 2022.

EL-SAYED, O. *et al.* Characterization and optimization of biogenic copper nanoparticles synthesized by Pseudomonas putida with cytocompatibility investigation. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 15, n. 1, 2025.

ELUMALAI, M. *et al.* Evaluation of cytotoxic activity against A549 human lung cancer cells using green synthesized N-Cholyl D-Penicillamine encapsulated silver and gold nanoparticles. **Inorganic Chemistry Communications**, [S. l.], v. 153, 2023.

EUGENIO, P. J. G. *et al.* Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Aqueous Extract of Allium tuberosum Leaves. **Journal of Biomimetics, Biomaterials and Biomedical Engineering**, [S. l.], v. 64, p. 1-10, 2024.

FADHILL, A. A.; AHMED, M. E. Characterization of chitosan-based copper nanoparticles: synthesis approach, antimicrobial activity, and cytotoxicity assay investigation. **Microbial Biosystems**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 187-201, 2025.

FARHAN, S. A. *et al.* Evaluation of phytochemical, total phenolic and antioxidant activity of carica papaya seed for its use in biosynthesis of gold nanoparticles.

Egyptian Journal of Chemistry, [S. l.], v. 64, n. 8, p. 4301-4310, 2021.

FARJAM, H. *et al.* Green synthesis gold nanoparticle from Rosa damascena: antioxidant, antimicrobial, cytotoxic activities on nerve cells and inhibitory effects on Parkinson's disease. **Artificial Cells Nanomedicine and Biotechnology**, [S. l.], v. 53, n. 1, p. 543-556, 2025.

FOUDA, A. *et al.* Green synthesis of gold nanoparticles by aqueous extract of Zingiber officinale: characterization and insight into antimicrobial, antioxidant, and *in vitro* cytotoxic activities. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 12, n. 24, 12879, 2022.

GAWAS, G. *et al.* Process optimization for the bioinspired synthesis of gold nanoparticles using Cordyceps militaris, its characterization, and assessment of enhanced therapeutic efficacy.

Pharmaceuticals, [S. l.], v. 16, n. 9, 1311, 2023.

GULIANI, A.; KUMARI, A.; ACHARYA, A. Green synthesis of gold nanoparticles using aqueous leaf extract of Populus alba: characterization, antibacterial and dye degradation activity. **International Journal of Environmental Science and Technology**, [S. l.], v. 18, n. 12, p. 4007-4018, 2021.

HAMID, O. S.; MAHMOOD, S. S. The Synergistic Effect of Gold Nanoparticle Loaded with Ceftazidim Antibiotic Against Multidrug Resistance Pseudomonas Aeruginosa. **Iraqi Journal of Agricultural Sciences**, [S. l.], v. 52, n. 4, p. 828-835, 2021.

HAMIDA, R. S. *et al.* Microalgae-Mediated Synthesis of Functionalized Gold Nanoparticles with High Photothermal Stability. **ACS Sustainable Chemistry and Engineering**, [S. l.], v. 13, n. 45, p. 19599-19612, 2025.

HARIKRISHNAN, S. *et al.* Green synthesis and characterization of bisphosphonate conjugated gold nanoparticle with Asparagus racemosus root extract. **Bioinformation**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 160-164, 2022.

HE, R. Y. *et al.* Chlorella vulgaris Extract-Decorated Gold Nanoparticle Hybridized Antimicrobial Hydrogel as a Potential Dressing. **Gels**, [S. l.], v. 9, n. 1, 2023.

HELLANY, H. *et al.* Biogenic Synthesis of Gold Nanoparticles Using Scabiosa palaestina Extract: Characterization, Anticancer and Antioxidant Activities. **Nanomaterials**, [S. l.], v. 15, n. 17, 2025.

HUANG, M. Z. *et al.* Antibacterial Ability and Feature of Polyvinyl Alcohol/Chitosan/Montmorillonite/Copper Nanoparticle Composite Gel Beads. **Processes**, [S. l.], v. 13, n. 11, 2025.



- HUTAGALUNG, R. A. *et al.* Green Synthesis of Gold Nanoparticles with Manilkara zapota Leaf Extract and Its Application as Antibacterial Agent. **Research Journal of Pharmacy and Technology**, [S. l.], v. 17, n. 11, p. 5509-5514, 2024.
- HUYNH, P. T. *et al.* One-Pot, Surfactant-Free Synthesis of Gold Nanostars and Evaluation of Their Antibacterial Effects against Propionibacterium acnes. **Journal of Nanomaterials**, [S. l.], v. 2021, 2021.
- IBRAHIM, H. O. *et al.* Green Synthesis of Copper Nanoparticles Using Citrullus colocynthis Peel Extract and Antibacterial Activity for Biomedical Applications. **ECS Journal of Solid State Science and Technology**, [S. l.], v. 12, n. 10, 2023.
- JAHANGIR CHUGHTAI, M. F. *et al.* Green and Sustainable Synthesis of Silver and Gold Nanoparticles: A Stevia Leaf Extract Approach. **Food Science and Nutrition**, [S. l.], v. 13, n. 8, 2025.
- JUYAL, S. *et al.* The structure identification and antimicrobial prospective of copper nanoparticles derived via phyto-mediated synthesis using Eupatorium adenophorum. **Applied Nanoscience**, [S. l.], v. 15, n. 4, 2025.
- KAABOUR, B.; LABABIDI, G.; ALGHORAIBI, I. A novel green synthesis of gold nanoparticles using Syrian royal jelly with chemical profiling and biological evaluation. **Discover Materials**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2025.
- KAVAL, U.; HOŞGÖREN, H. Biosynthesis, Characterization, and Biomedical Applications of Gold Nanoparticles with Cucurbita moschata Duchesne Ex Poiret Peel Aqueous Extracts. **Molecules**, [S. l.], v. 29, n. 5, 2024.
- KHALID, A. *et al.* Green synthesis of silver and gold nanoparticles using seeds extract of Cichorium intybus and their comparative analysis with commercially available ointment for wound healing activity. **Journal of Molecular Histology**, [S. l.], v. 56, n. 3, 2025.
- KHAN, A. *et al.* Phytochemical-Mediated Green Synthesis of Silver, Copper, and Ag–Cu Bimetallic Nanoparticles Using Peganum harmala. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, [S. l.], v. 197, n. 6, p. 3630-3667, 2025.
- KHATAMI, M. *et al.* Simplification of gold nanoparticle synthesis with low cytotoxicity using a greener approach: opening up new possibilities. **RSC Advances**, [S. l.], v. 11, n. 6, p. 3288-3294, 2021.
- KIRUBAKARAN, D. *et al.* Biogenic synthesis of copper nanoparticle using Impatiens chinensis L: insights into antimicrobial, antioxidant and anticancer activity. **Journal of Molecular Structure**, [S. l.], v. 1317, 2024.
- KIRUBAKARAN, D. *et al.* In-vitro antioxidant, antidiabetic, anticholinergic activity of iron/copper nanoparticles synthesized using Strobilanthes cordifolia leaf extract. **OpenNano**, [S. l.], v. 14, 2023.
- KLATT, E. *et al.* Green Synthesis of Gold Nanoparticles using American Ginseng and Their Characterization. **Nanofabrication**, [S. l.], v. 10, 2025.
- KOK, A. M. *et al.* Evaluation of Lippia scaberrima Sond. and Aspalathus linearis (Burm.f.) R. Dahlgren extracts on human CYP enzymes and gold nanoparticle synthesis. **BMC Complementary Medicine and Therapies**, [S. l.], v. 24, n. 1, 2024.
- KRISHNARAJ, C. *et al.* Green synthesis of Ag and Au NPs decorated rGO nanocomposite for high impedimetric electrochemical sensor. **Arabian Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 17, n. 1, 2024.
- KUMAR, A. *et al.* Strategic Advancements in Green Synthesis of Metallic Nanoparticles: An Asian Perspective on Biomedical Innovation and Public Policy. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 15, n. 4, p. 53495370, 2025.
- KWAK, G.-Y. *et al.* Gold Nanoparticles GreenSynthesized by the Suaeda japonica Leaf Extract and Screening of Anti-Inflammatory Activities on RAW 267.4 Macrophages. **Coatings**, [S. l.], v. 12, n. 4, 2022.
- LABARAN, A. N. *et al.* Biosynthesis of copper nanoparticles using Alstonia scholaris leaves and its antimicrobial studies. **Scientific reports**, [S. l.], v. 14, n. 1, 2024.
- LAFTA, M. Z. *et al.* Green synthesis of silver and gold nanoparticles using quercetin extracted from Arctium lappa by HPLC. **Results in Chemistry**, [S. l.], v. 13, 2025.
- LE, A. V. T. *et al.* Green synthesis of chitosan–piperine gold nanoparticles with synergistic antibacterial activity for wound-healing applications. **Journal of the Indian Chemical Society**, [S. l.], v. 102, n. 12, 2025.
- LESTARI, S. A. *et al.* Phyto-fabrication of gold nanoparticles using Toona sureni (Blume) Merr. leaves extract. **Biomass Conversion and Biorefinery**, [S. l.], v. 15, n. 12, p. 18051-18064, 2025.
- LIU, H. *et al.* Auricularia Auricula PolysaccharideMediated Green Synthesis of Highly Stable Au NPs. **Polysaccharides**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 643-655, 2024.
- LIU, H. *et al.* HAuCl4-mediated green synthesis of highly stable Au NPs from natural active polysaccharides. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 265, 2024.
- MACHADO, S. *et al.* Toxicity in vitro and in Zebrafish Embryonic Development of Gold Nanoparticles Biosynthesized Using Cystoseira Macroalgae Extracts. **International journal of nanomedicine**, [S. l.], v. 16, p. 5017-5036, 2021.
- MAGALHÃES, A. A. S. *et al.* Biosynthesis of silver nanoparticles by Lentinus crinitus: characterization and antimicrobial activity. **Research, Society and**



- Development**, [S. l.], v. 11, n. 14, p. e429111436261, 2022.
- MAGDY, G. *et al.* A comprehensive review on silver nanoparticles: Synthesis approaches, characterization techniques, and recent pharmaceutical, environmental, and antimicrobial applications. **Microchemical Journal**, [S. l.], v. 196, p. 109615, 2024.
- MAJEED, S. *et al.* Green Synthesis of Functionalized Gold Nanoparticles: Evaluation of Biopotential, Oxidative Stress, and Genotoxicity in Neuroglioblastoma Cells for Biomedical Applications. **ChemistrySelect**, [S. l.], v. 10, n. 44, 2025.
- MALIK, M. *et al.* Biosynthesis and Characterizations of Silver Nanoparticles from *Annona squamosa* Leaf and Fruit Extracts for Size-Dependent Biomedical Applications. **Nanomaterials**, [S. l.], v. 12, n. 4, 2022.
- MANSOORI, R. *et al.* Green Synthesis of Gold Nanoparticles using *Melissa Officinalis* L. Aqueous Extract. **Nanomedicine Research Journal**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 383-392, 2023.
- MARTINOV, B. *et al.* Structural Characterization, Cytotoxicity and Microbiological Activity of OneStep-Synthesized RGO/AuNPs Nanocomposites. **Materials**, [S. l.], v. 18, n. 19, 2025.
- MATHEW, A. *et al.* Evaluation of the catalytic and in-vitro anticancer potential of gold nanoparticles synthesized using clammy cherry (*Cordia obliqua* Willd). **International Journal of Nano Dimension**, [S. l.], v. 16, n. 4, 2025.
- MAYEGOWDA, S. *et al.* Eco-friendly synthesized nanoparticles as antimicrobial agents: an updated review. **Frontiers in Cellular and Infection Microbiology**, [S. l.], v. 13, p. 1224778, 2023.
- MERT SIVRI, F. Green synthesis of gold nanoparticles using *Prunus cerasus* L. leaves extract and study of their cytotoxic effect on liver cell line. **Ankara Universitesi Eczacilik Fakultesi Dergisi**, [S. l.], v. 49, n. 3, p. 870-877, 2025.
- MEYAPPAN, V. *et al.* Multifunctional Biogenic Gold Nanoparticles from *Cytobacillus Kochii* (Ck-AuNPs). **Plasmonics**, [S. l.], 2025.
- MIM, J. J. *et al.* Green synthesis, characterization, and *in vitro* biomedical applications of *Diospyros blancoi* synthesized copper and zinc oxide nanoparticles. **Results in Surfaces and Interfaces**, [S. l.], v. 21, 2025.
- MISHRA, P. *et al.* Sustainable synthesis of bakuchiol-mediated gold nanoparticles for drug delivery against bacterial strains and tumor microenvironments. **Frontiers in Molecular Biosciences**, [S. l.], v. 11, 2024.
- MOSTAFA, E. M. *et al.* Chitosan Silver and Gold Nanoparticle Formation Using Endophytic Fungi as Powerful Antimicrobial and Anti-Biofilm Potentialities. **Antibiotics**, [S. l.], v. 11, n. 5, 2022.
- MUNAS, S.; ALASADY, R. K. A. Antibacterial activity of green-synthesized gold nanoparticles produced by *Spirulina platensis* algae. **International Journal of Aquatic Biology**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 7584, 2025.
- MUNIYAPPAN, N. *et al.* Green synthesis of gold nanoparticles using *Curcuma pseudomontana* isolated curcumin. **Environmental Chemistry and Ecotoxicology**, [S. l.], v. 3, p. 117-124, 2021.
- NARAYANA, M. S. S. V. *et al.* Pleurotus ostreatus copper nanoparticles: *in vitro* and *in silico* evaluation of the antioxidant, antibacterial, and antidiabetic activities. **Chemistry and Biodiversity**, [S. l.], 2025.
- NGERNYUANG, N. *et al.* Green synthesized apigenin conjugated gold nanoparticles inhibit cholangiocarcinoma cell activity and endothelial cell angiogenesis *in vitro*. **Heliyon**, [S. l.], v. 8, n. 12, 2022.
- NGUNGUNI, Y. *et al.* Anticancer, Antioxidant, and Catalytic Activities of Green Synthesized Gold Nanoparticles Using Avocado Seed Aqueous Extract. **ACS Omega**, [S. l.], v. 8, n. 29, p. 26088-26101, 2023.
- NUSHIBA NASER, P. T.; THOPPIL, J. E. Synthesis, Characterisation, and Antimicrobial Efficacy of Gold and Silver Nanoparticles from Fruit Extracts of *Ficus drupacea* Thunb. var. pubescens. **BioNanoScience**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 405-412, 2023.
- PADALIA, H.; CHANDA, S. Antioxidant and Anticancer Activities of Gold Nanoparticles Synthesized Using Aqueous Leaf Extract of *Ziziphus nummularia*. **BioNanoScience**, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 281-294, 2021.
- PARK, S. Y. *et al.* D-Glucose-Mediated Gold Nanoparticle Fabrication for Colorimetric Detection of Foodborne Pathogens. **Biosensors**, [S. l.], v. 14, n. 6, 2024.
- PARK, S. Y. *et al.* Induction of Browning in White Adipocytes: Fucoidan Characterization and Gold Nanoparticle Synthesis from *Undaria pinnatifida* Sporophyll Extract. **Marine Drugs**, [S. l.], v. 21, n. 12, 2023.
- PARUA, P. *et al.* Effect of *Quillaja saponaria* Molina base gold nanoparticle on Russell's viper venom toxicity. **Indian Journal of Experimental Biology**, [S. l.], v. 63, n. 8, p. 682-689, 2025.
- PARVEEN, S. T.; RIAZUNNISA, K. Phytofabrication of copper nanoparticles using *Momordica cymbalaria* fruit extract and their antibacterial, antioxidant and anti-inflammatory properties. **Hybrid Advances**, [S. l.], 2025.
- PATIL, N. A. *et al.* Different Fruit Extracts Mediated Synthesis of Spherical Copper Nanoparticles for Methylene Blue Dye Degradation, Antimicrobial, and Antioxidant Properties. **ChemistrySelect**, [S. l.], v. 10, n. 29, 2025.
- PATIL, S. *et al.* Biosynthesis of gold nanoparticles using pomegranate (*Punica granatum* L.):



- optimization by 3^2 factorial design, and evaluation of *in vitro* antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory, and anticancer activities. **Journal of Pharmaceutical Innovation**, [S. l.], 2025.
- PATIL, T. P. *et al.* Green synthesis of gold nanoparticles via Capsicum annum fruit extract: Characterization, antiangiogenic, antioxidant and antiinflammatory activities. **Applied Surface Science Advances**, [S. l.], v. 13, 2023.
- PATRA, J. K. *et al.* Sustainable Utilization of Food Biowaste (Papaya Peel) Extract for Gold Nanoparticle Biosynthesis and Investigation of Its Multi-Functional Potentials. **Antioxidants**, [S. l.], v. 13, n. 5, 2024.
- PEARCE, K. *et al.* Green Nanotechnology as an innovative drug delivery approach for Typha capensis and Naringenin. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, [S. l.], v. 80, 2023.
- PECHYEN, C. *et al.* Waste fruit peel – Mediated green synthesis of biocompatible gold nanoparticles. **Journal of Materials Research and Technology**, [S. l.], v. 14, p. 2982-2991, 2021.
- PEI, R.; JING, C. Green synthesis of gold nanoparticles by engineered Escherichia coli for photodegradation of p-nitrophenol. **Materials Letters**, [S. l.], v. 352, 2023.
- PEREZ, K. S. M.; ABESAMIS, M. Synthesis of Gold Nanoparticle Using Coconut for Encapsulation of Curcumin. **Oriental Journal of Chemistry**, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 116-119, 2021.
- PERVEEN, K. *et al.* Microwave-Assisted Rapid Green Synthesis of Gold Nanoparticles Using Seed Extract of Trachyspermum ammi. **Biomolecules**, [S. l.], v. 11, n. 2, 2021.
- PHILIP, R. R. *et al.* Biogenic synthesis and characterization of copper nanoparticles using Crossandra infundibuliformis leaves and evaluation of antimicrobial, antioxidant, cytotoxic analysis and wound healing activity on HaCaT cells. **3 Biotech**, [S. l.], v. 15, n. 6, 2025.
- QIAN, D. *et al.* Moringa oleifera mediated green synthesis of gold nanoparticles and their anti-cancer activity against A549 cell line of lung cancer through ROS/mitochondrial damage. **Frontiers in Chemistry**, [S. l.], v. 13, 2025.
- QIU, R. J. *et al.* A biosynthesized gold nanoparticle from Staphylococcus aureus-as a functional factor in muscle tissue engineering. **Applied Materials Today**, [S. l.], v. 22, 2021.
- QUEEN, J. E. *et al.* Optimized green synthesis of gold nanoparticles from cranberry fruit extract using response surface methodology. **Bioorganic Chemistry**, [S. l.], v. 161, 2025.
- RADHIKA, S. *et al.* Comparative antibacterial study of flavonoid-based silver and gold nanoparticles synthesized via green nanotechnology using Hibiscus rosa-sinensis. **Journal of Experimental Zoology India**, [S. l.], v. 28, n. 2, p. 1693-1702, 2025.
- RAJESHKUMAR, S. *et al.* Employing sulphated polysaccharide (fucoidan) as medium for gold nanoparticles preparation and its anticancer study against HepG2 cell lines. **Materials Today Communications**, [S. l.], v. 26, 2021.
- RAJPUT, H.; KEDIA, A.; SHAH, D. Environmentally sustainable synthesis of metal nanoparticle clusters and their prospective applications in biomedical and surface enhanced Raman scattering. **Physica Scripta**, [S. l.], v. 100, n. 1, 2025.
- RAKSHIT, S. *et al.* A Comprehensive Review on the Importance of Sustainable Synthesized Coinage Metal Nanomaterials and Their Diverse Biomedical Applications. **Biological Trace Element Research**, [S. l.], v. 203, n. 5, p. 2872-2898, 2025.
- RAKSHIT, S. *et al.* Modulating the structural and optical properties of CuO nanoparticles through experimental and computational study towards antioxidant and antibacterial applications. **Journal of Molecular Structure**, [S. l.], v. 1295, p. 136691, 2024.
- RATHNAM, S. R. *et al.* Development and Characterization of Copper Nanoparticle-Embedded pH-responsive Polymeric Microbeads. **ChemistrySelect**, [S. l.], v. 8, n. 32, 2023.
- REYES-GALVIS, M. L. *et al.* Optimizing Cyanobacterial Strain Selection for Antimicrobial Nanoparticle Synthesis: A Comprehensive Analysis. **Sci**, [S. l.], v. 6, n. 4, 2024.
- ROSYIDAH, A. *et al.* Eco-friendly synthesis of gold nanoparticles by marine microalgae Synechococcus moorigangae. **Kuwait Journal of Science**, [S. l.], v. 51, n. 2, 2024.
- ROYA ALIZADEH, S. *et al.* Scrophularia striata extract mediated synthesis of gold nanoparticles; their antibacterial, antileishmanial, antioxidant, and photocatalytic activities. **Inorganic Chemistry Communications**, [S. l.], v. 156, 2023.
- SABIRA, O.; AJAYKUMAR, A. P. Harnessing Luprops tristis for gold nanoparticle synthesis and its remarkable biological uses. **Next Nanotechnology**, [S. l.], v. 8, 2025.
- SADALAGE, P. S. *et al.* Optimally biosynthesized, PEGylated gold nanoparticles functionalized with quercetin and camptothecin enhance potential antiinflammatory, anti-cancer and anti-angiogenic activities. **Journal of Nanobiotechnology**, [S. l.], v. 19, n. 1, 2021.
- SADEGHI-ALIABADI, H. *et al.* Gold nanoparticles from Artemisia absinthium, Morus nigra, and Peganum harmala: biosynthesis, characterization, and their biological evaluations against cancer cells. **Research in Pharmaceutical Sciences**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 485-497, 2025.



- SAHIB, O. H. *et al.* Biosynthesis of copper nanoparticles using Passiflora flower extract and study their antimicrobial, antioxidant and anticancer activity. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**, [S. l.], v. 26, n. 8, p. 2953-2963, 2025.
- SANKARA NARAYANAN, V. P. *et al.* Emilia sonchifolia leaf extract-mediated green synthesis, characterization, *in vitro* biological activities, photocatalytic degradation and *in vivo* Danio rerio embryo toxicity of copper nanoparticles. **RSC Advances**, [S. l.], v. 13, n. 24, p. 16724-16740, 2023.
- SARITHA, P. *et al.* Synthesis of luminescent copper nanoparticles using Couroupita guianensis flower extract: evaluation of antibacterial and anticancer activities. **Luminescence**, [S. l.], v. 39, n. 10, 2024.
- SATHIYARAJ, M. *et al.* Biosynthesis, characterization, and multifaceted applications of Elytraria acaulis synthesized silver and gold nanoparticles. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, [S. l.], v. 263, 2025.
- SEHREE, M. M. *et al.* Synthesis of Gold Nanoparticles Using Hordeum vulgare Leaf Extract and Their antibacterial Activity. **Karbala International Journal of Modern Science**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 363-373, 2025.
- SELVAM, M. S. *et al.* Eco-friendly fabrication and characterization of copper nanoparticles via Cymodocea serrulata extract: evaluation of antioxidant and antibacterial activities. **Next Materials**, [S. l.], v. 9, 2025.
- SHAH, Z. *et al.* Ethical considerations in the use of ai for academic research and scientific discovery: a narrative review. **Insights-Journal of Life and Social Sciences**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 183-189, 2025.
- SHAHZAD, A.; IQTEDAR, M. Myco-engineered Gold Nanoparticles and Their Employment as Biomedical Agents and Upscaling. **Plasmonics**, [S. l.], v. 20, n. 10, p. 8509-8524, 2025.
- SHANMUGAPRIYA, S. *et al.* Green synthesis of gold nanoparticles obtained from Punica granatum flower extract for phytochemical determination and antibacterial activity. **Research Journal of Biotechnology**, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 77-84, 2024.
- SHARMA, J. R. *et al.* Anticancer and drug-sensitizing activities of gold nanoparticles synthesized from Cyclopia genistoides (Honeybush) extracts. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 13, n. 6, 2023.
- SHER, N.; AHMED, M.; MUSHTAQ, N. Heliotropium eichwaldi-functionalized gold nanoparticles synthesis, characterization, and biological activities. **Applied Organometallic Chemistry**, [S. l.], v. 38, n. 4, 2024.
- SHERIN, C. T. S. *et al.* Synthesis of gold nanoparticles using leaf extracts of Pterospermum Canescens and Vernonia Elaeagnifolia. **ChemistrySelect**, [S. l.], v. 9, n. 38, 2024.
- SINGH, A. *et al.* Modulation of calcium-influx by carboxymethyl tamarind-gold nanoparticles promotes biomineralization for tissue regeneration. **International Journal of Biological Macromolecules**, [S. l.], v. 264, 2024.
- SIVAKUMAR, V. S. *et al.* Biogenic gold nanoparticles synthesized from Caulerpa sertularioides: a green approach for antioxidant, antibacterial and anticancer applications. **Bioorganic Chemistry**, [S. l.], v. 165, 2025.
- SKIBA, M.; VOROBYOVA, V. Green alginatemediated synthesis of gold nanoparticles by liquidphase plasma for biomedical and environmental applications. **Nanotechnology for Environmental Engineering**, [S. l.], v. 10, n. 2, 2025.
- SONAIMUTHU, S. *et al.* In situ synthesis and characterization of colloidal AuNPs capped nanochitosan containing poly(2,5-dimethoxyaniline) nanocomposites for biomedical applications. **Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition**, [S. l.], v. 33, n. 9, p. 1083-1101, 2022.
- STALIN, N. *et al.* Green synthesis-driven gold nanoparticles using Lilium wallichianum leaf extract for biomedical applications. **Inorganic Chemistry Communications**, [S. l.], v. 178, 2025.
- SUKWEENADHI, J. *et al.* Gold Nanoparticles of Lactobacillus kimchicus DCY51T Suppressed Lipopolysaccharide-Stimulated Inflammatory Reactions in RAW264.7 Macrophage Cells. **Biosaintifika**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 437-448, 2024.
- SUMAN, T. Y. *et al.* Biofabricated gold nanoparticles from Ammannia baccifera as potential antimicrobial, mosquito larvicidal activity, and alter immune response in zebrafish embryo. **Biomass Conversion and Biorefinery**, [S. l.], v. 14, n. 18, p. 22967-22976, 2024.
- TALAAAT, M. Biologically synthesized nanoparticles: barley-mediated silver and gold nanoparticles and caged gold nanoplatfrom for advanced drug delivery system engineering in medicine. **Discover nano**, [S. l.], v. 19, n. 1, p. 167, 2024.
- THIRUNAVUKKARASU, T. *et al.* Green synthesis of gold nanoparticles using Halymenia pseudofloresii extracts and their antioxidant, antimicrobial, and anticancer activities. **Biomass Conversion and Biorefinery**, [S. l.], v. 15, n. 15, p. 21733-21744, 2025.
- TOPPO, A. L. *et al.* Synthesis and characterization of gold nanoparticle-mediated bamboo biochar nanocomposite-based electrode and analysis of its electrochemical behavior. **Indian Journal of Biochemistry & Biophysics**, [S. l.], v. 62, n. 2, p. 169177, 2025.



TRABBIC, K. R. *et al.* Stable Gold-Nanoparticle-Based Vaccine for the Targeted Delivery of Tumor-Associated Glycopeptide Antigens. **ACS Bio & Med Chem Au**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 31-43, 2021.
VAKILI, N. *et al.* Eco-friendly synthesis of copper nanoparticles by using *Ralstonia* sp. and their antibacterial, anti-biofilm, and antivirulence activities. **Biochemistry and Biophysics Reports**, [S. l.], v. 42, 2025.

YABALAK, E. *et al.* From cornfield to catalyst Darkfield Microscopic Observation of Nanoparticle support: Eco-friendly synthesis of Cu/CuO Aggregation. **Analytical Sciences**, [S. l.], v. 37, n. 3, nanoparticles. **Chemosphere**, [S. l.], v. 365, 2024. p. 507-511, 2021.

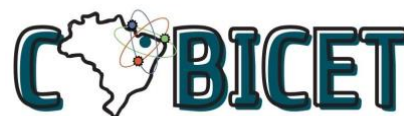
YOSHIMURA, K. *et al.* Protein-Functionalized Gold Nanoparticles for Antibody Detection Using the

VIJAYAKUMAR, S. *et al.* Locust bean gum capped gold nanoparticles: synthesis, characterization, and their biomedical applications. **Inorganic Chemistry Communications**, [S. l.], v. 181, 2025.
WANG, M. *et al.* Green synthesized gold nanoparticles using *Viola betonicifolia* leaves extract: characterization, antimicrobial, antioxidant, and cytobiocompatible activities. **International Journal of Nanomedicine**, [S. l.], v. 16, p. 7319-7337, 2021.

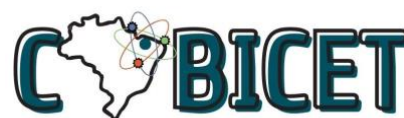


Tabela 1: Características dos estudos incluídos

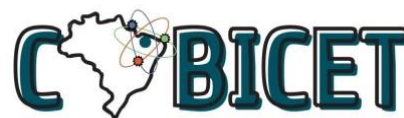
AUTOR/ANO	PAÍS	OBJETIVOS PRINCIPAIS	APLICAÇÕES BIOMÉDICAS	RESULTADOS
El-Sayed, O. et al., 2025	Egito	Síntese verde e otimização de nanopartículas de cobre (CuNPs) usando a bactéria <i>Pseudomonas putida</i> .	Farmacêutica e agrícola.	CuNPs estáveis (~91 nm) com alta segurança citocompatível em linhagens celulares Wi38.
Mim, J.J. et al., 2025	Bangladesh	Síntese verde de nanopartículas de Cu e ZnO usando extrato de folha de <i>Diospyros blancoi</i> .	Antibacteriana e biomédica.	CuO NPs foram mais eficazes contra <i>S. aureus</i> do que ZnO.
Selvam, M.S. et al., 2025	Índia	Fabricação eco-amigável de CuNPs via extrato de <i>Cymodocea serrulata</i> .	Antioxidante e antibacteriana.	Partículas de 23 nm com forte atividade contra <i>Proteus mirabilis</i> e radicais DPPH.
das Gupta, R. et al., 2025	Índia	Síntese de CuNPs a partir de <i>Cucurbita</i> máxima e análise de interação com receptores EGFR/VEGFR.	Anticâncer e antimicrobiana.	Citotoxicidade significativa contra células de câncer de mama (MCF-7) e inibição bacteriana dose-dependente.
Juyal, S. et al., 2025	Índia	Biossíntese de CuNPs usando extratos de <i>Eupatorium adenophorum</i> .	Antimicrobiana e ambiental.	Potente atividade contra <i>E. coli</i> e <i>S. aureus</i> ; reaproveitamento sustentável de espécie invasora.
Patil, N.A. et al., 2025	Índia	Síntese mediada por quatro extratos de frutas para degradação de corantes e atividade biológica.	Fotocatálise e antimicrobiana.	Degradação de 76% do azul de metileno em 60 min; NPs esféricas de ~20 nm.
Vakili, N. et al., 2025	Irã	Exploração de Cu-NPs biogênicas (via <i>Ralstonia</i> sp.) para combater resistência antimicrobiana.	Antibiofilme, antivirulência e sinergia com antibióticos.	Inibição de efluxo em <i>S. aureus</i> e aumento da eficácia de penicilina e cefixima.
Parveen, S.T. et al., 2025	Índia	Fitofabricação de CuNPs usando <i>Momordica cymbalaria</i> e avaliação anti-inflamatória.	Antibacteriana, antioxidante e anti-inflamatória.	NPs de 14 nm com alta inibição de desnaturação proteica e atividade contra <i>P. vulgaris</i> .
Khan, A. et al., 2025	Paquistão	Síntese de NPs de Ag, Cu e bimetálicas Ag-Cu usando <i>Peganum harmala</i> .	Catálise avançada e remediação ambiental.	NPs bimetálicas degradaram 95% de corantes e mostraram maior capacidade antioxidante.
Altinsoy, Ş. et al., 2025	Turquia	Modificação de superfície de liga Ti6Al4V com CuNPs para implantes utilizando extrato de <i>Moringa</i> .	Anticorrosiva e biocompatibilidade em dispositivos médicos.	Aumento de 49% na resistência à biocorrosão e melhoria da ação antibacteriana da liga.
Fadhill, A.A. et al., 2025	Iraque	Síntese de NPs de cobre baseadas em quitosana (Chi-CuNPs).	Controle de infecções e engenharia de tecidos.	Atividade contra patógenos multirresistentes e linhagens de câncer de ovário.
Philip, R.R. et al., 2025	Índia	Avaliação do potencial de cicatrização de feridas de CuNPs de <i>Crossandra infundibuliformis</i> .	Cicatrização de feridas e engenharia de tecidos.	Aceleração da migração celular em queratinócitos HaCaT e fechamento de feridas in vitro.
Narayana, M.S. et al., 2025	Índia	Síntese de CuNPs via fungo <i>Pleurotus ostreatus</i> e avaliação antidiabética.	Antidiabética e manejo de estresse oxidativo.	Inibição significativa de α -amilase (82%) e β -glicosidase (86%).
Balkis, E. et al., 2025	Turquia	Comparação de NPs de Fe, Cu e Ag sintetizadas de <i>Salvia officinalis</i> .	Anticâncer e antimicrobiana.	CuNPs reduziram a viabilidade de células de câncer de pulmão (A549) em ~96%.
Akinniyi, J.N., 2025	Nigéria	Síntese de CuNPs usando casca de cebola (<i>Allium cepa</i>) em temperatura ambiente.	Nanotecnologia sustentável e ambiental.	Método eficiente e de baixo custo que produziu NPs cristalinas sem reagentes tóxicos.
Kirubakaran, D. et al., 2024	Índia	Síntese biogênica de CuNP usando <i>Impatiens chinensis</i> L.	Agente multifuncional (anticâncer e antioxidante).	Inibição de 65% em células MCF-7 e estabilidade confirmada por potencial zeta (-27 mV).
Reyes-Galvis, M. et al., 2024	Colômbia	Otimização da seleção de cepas cianobacterianas para síntese de NPs metálicas.	Antimicrobiana em biomedicina.	Exopolissacarídeos (EPS) mostraram-se excelentes agentes redutores e estabilizadores.
Saritha, P. et al., 2025	Índia	Síntese de CuNPs luminescentes usando flor de <i>Couroupita guianensis</i> .	Diagnóstico por imagem e terapia de câncer.	Redução de 91% na viabilidade de células de câncer de pulmão A549 sob luz visível.
Yabalak, E. et al., 2024	Turquia	Imobilização de CuNPs em fibras de resíduo de palha de milho para catálise.	Remediação ambiental e antibiofilme.	Eficiência fotocatalítica superior a 95% e inibição de biofilmes de <i>S. aureus</i> .
Kirubakaran, D. et al., 2023	Índia	Síntese de NPs de Fe/Cu usando <i>Strobilanthes cordifolia</i> e efeito larvicida.	Anticolinérgica (Alzheimer) e controle de vetores.	Mortalidade de 93-95% em larvas de mosquitos e inibição de enzimas AChE e BChE.
Ibrahim, H.O. et al., 2023	Iraque	Desenvolvimento de método rápido via casca de <i>Citrullus colocynthis</i> .	Biomédica e antibacteriana.	NPs esféricas de apenas 9 nm com forte ação contra <i>P. aeruginosa</i> e <i>E. coli</i> .
Sankara, V.P. et al., 2023	Índia	Estudo de toxicidade in vivo (Zebrafish) de CuNPs de <i>Emilia sonchifolia</i> .	Administração de fármacos e anti-inflamatória.	NPs mostraram toxicidade significativamente baixa em embriões de peixe-zebra.
Alshammari, S.O. et al., 2023	Arábia Saudita	Síntese via raiz de <i>Krameria</i> sp. para aplicações agrícolas e médicas.	Antimicrobiana contra fungos e bactérias resistentes.	Capacidade antioxidante de 83% e eficácia contra patógenos multirresistentes.
Ansari, N. et al., 2022	Índia	Síntese de CuNPs assistida por micro-ondas usando <i>Citrus limon</i> .	Tecidos têxteis antimicrobianos.	Algodão tratado com CuNPs exibiu alta eficiência contra <i>E. coli</i> para uso em roupas hospitalares.
Kaabor, B. et al., 2025	Síria	Primeira síntese de AuNPs (ouro) usando <i>Geleia Real</i> Síria.	Cicatrização de feridas e cosméticos anti-idade.	AuNPs esféricas uniformes com excelente biocompatibilidade em fibroblastos humanos.
Alwis, W.H.S. et al., 2025	Austrália	Uso de Ameixa Kakadu (<i>Terminalia ferdinandiana</i>) para sintetizar AuNPs.	Terapia contra câncer cervical (HeLa) e de mama.	AuNPs inibiram a proliferação de células HeLa sem prejudicar células normais.
Adebayo, E.A. et al., 2025	Nigéria	Biopesticidas via <i>Pleurotus ostreatus</i> para controle do vetor da Malária.	Controle de mosquitos (Anopheles) e antibacteriana.	Mortalidade larval eficaz e potencial como alternativa a inseticidas sintéticos.
Ali Dheyab, M. et al., 2025	Malásia	Produção sustentável de AuNPs a partir de sementes de <i>Durian</i> (resíduo agrícola).	Anticâncer e remediação ambiental.	Redução de viabilidade de células MCF-7 para 31% e remoção de corantes em 3 min.
Le, A.V.T. et al., 2025	Vietnã	Síntese de AuNPs com quitosana-piperina para efeito sinérgico.	Curativos avançados para feridas infeccionadas.	Danos extensos na parede celular bacteriana de <i>K. pneumoniae</i> e <i>E. coli</i> .
Patil, S. et al., 2025	Índia	Otimização via DoE de AuNPs de casca de romã (<i>Punica granatum</i>).	Tratamento de doenças periodontais e glioblastoma.	AuNPs demonstraram citotoxicidade contra células de melanoma e patógenos orais.
Delicana, J.D. et al., 2025	Filipinas	Tingimento funcional de fios de algodão com AuNPs de casca de manga.	Têxteis biomédicos e produtos de saúde versáteis.	Fios com AuNPs mostraram resistência ao desbotamento e atividade antibacteriana duradoura.
Majeed, S. et al., 2025	Malásia	Avaliação de genotoxicidade e estresse oxidativo de AuNPs de <i>Averrhoa bilimbi</i> .	Terapia de neuroglioblastoma.	Indução de apoptose via ativação de caspases 3/8 e dano à membrana mitocondrial.
Hamida, R.S. et al., 2025	Arábia Saudita	Uso de microalgas (<i>Arthrospira</i> sp.) para AuNPs com alta estabilidade fototérmica.	Terapia fototérmica contra câncer.	Morte de ~70% das células HeLa sob irradiação laser verde (hipertermia).
Arroyo, G. et al., 2025	Equador	Síntese de Au e Ag NPs usando extratos florais (<i>Hibiscus sabdariffa</i>).	Cosméticos e biomedicina de baixa toxicidade.	AuNPs até aumentaram a viabilidade de células saudáveis, sendo extremamente seguras.



AUTOR/ANO	PAÍS	OBJETIVOS PRINCIPAIS	APLICAÇÕES BIOMÉDICAS	RESULTADOS
Sher, N. et al., 2024	Paquistão	Funcionalização com Heliotropium eichwaldi.	Agentes anti-Alzheimer e antidiabéticos.	AuNPs mostraram inibição de α -amilase e da enzima AChE (ligada ao Alzheimer).
Rosyidah, A. et al., 2024	Indonésia	AuNPs via microalgas marinhas Synechococcus mooringgae.	Nanomedicina e estabilidade fisiológica.	NPs esféricas de 8,2 nm estáveis e prontas para escalonamento industrial.
Dhayalan, M. et al., 2024	Arábia Saudita	Avaliação da importância terapêutica de AuNPs de Madhuca longifolia.	Formulação de nanomedicamentos.	MIC de 0,29 g/mL contra Proteus vulgaris, superior ao triclosan.
Hutagalung, R. et al., 2024	Indonésia	Uso de folha de Sapoti (Manilkara zapota).	Tratamento de infecções por MRSA.	AuNPs danificaram paredes celulares bacterianas e interromperam metabolismo.
Albulaihed, Y. et al., 2024	Arábia Saudita	Conjugação de AuNPs com Doxorubicina via Cannabis sativa.	Redução de efeitos colaterais da quimioterapia.	Nanocarreadores melhoraram a eficácia da Doxorubicina contra câncer de pulmão A549.
Eugenio, P.J.G. et al., 2024	Filipinas	Uso de extrato foliar de Allium tuberosum.	Entrega direcionada e imagem não invasiva.	Saponinas do extrato foram fundamentais para a estabilização das NPs.
Pei, R. et al., 2023	China	Produção via E. coli geneticamente modificada (GoIR).	Fotodegradação de p-nitrofenol e energia.	As bactérias suportaram a toxicidade do ouro e as NPs puderam ser recicladas 10 vezes.
Mansoori, R. et al., 2023	Irã	Otimização de parâmetros (pH, temperatura) para AuNPs de Erva-Cidreira.	Viabilidade em cardiomiócitos (células do coração).	Alta estabilidade (-31 mV) e segurança confirmada em linhagens H9C2.
Roya Alizadeh et al., 2023	Irã	Atividades antileishmania de AuNPs mediadas por Scrophularia striata.	Tratamento de Leishmaniose (promastigotas).	IC50 de 0,12 μ g/mL contra formas promastigotas da doença.
Gawas, G. et al., 2023	Índia	Síntese via cogumelo comestível Cordyceps militaris.	Terapia antidiabética via inibição enzimática.	Método "Quality by Design" produziu NPs cristalinas com ação dose-dependente.
Ngungeni, Y. et al., 2023	África do Sul	Upcycle de sementes de abacate (resíduo orgânico) para AuNPs.	Redução de poluentes 4-NP em 4-aminofenol.	Demonstração de estabilidade e reciclabilidade como nanocatalisador metálico.
Nushiba Naser et al., 2023	Índia	Uso de frutos maduros de Ficus drupacea.	Transporte de drogas e cosméticos.	NPs de prata foram mais eficazes que as de ouro produzidas do mesmo extrato.
Dehghani, F. et al., 2023	Irã	Avaliação de atividade antiviral contra o vírus Influenza usando NPs de extrato de folha de Glaucium flavum.	Antiviral e diagnóstico de viroses.	Resultados exibiram inibição efetiva da replicação viral por ensaios de PCR.
Sharma, J.R. et al., 2023	África do Sul	Uso de Honeybush (Cyclopia genistoides) e Doxorubicina.	Potencialização de quimioterápicos em câncer de cólon.	Co-tratamento reduziu doses necessárias de quimioterapia para efeito tóxico em células Caco-2.
Patil, T.P. et al., 2023	Índia	Uso de extrato de pimentão seco (Capsicum annum).	Antiangiogênica (inibição de vasos sanguíneos).	Eficiência significativa na inibição de novos vasos sanguíneos em ensaios CAM.
Pearce, K. et al., 2023	África do Sul	Entrega de Naringenina via AuNPs para câncer de próstata.	Superação da baixa biodisponibilidade oral.	Primeira síntese bem-sucedida de AuNPs autoestabilizadas com naringenina isolada.
Baran, A., 2023	Turquia	Uso de cascas de Rheum ribes (Banana Curda).	Antifúngica e citotóxica em células saudáveis.	NPs estáveis com MIC baixíssimos (0,03 μ g/mL) contra patógenos.
Fouda, A. et al., 2022	Egito	Síntese via rizoma de Gengibre (Zingiber officinale).	Atividade contra fungos multicelulares (Aspergillus).	AuNPs mostraram efeito alvo-orientado para linhagens de câncer HepG2 e MCF7.
Ngernyuang, N. 2022	Tailândia	Conjugação de AuNPs com Apigenina para Colangiocarcinoma (CCA).	Inibição de angiogênese endotelial.	Indução de apoptose via regulação positiva de genes Bax, Bid e Caspase 3.
Dong, F. et al., 2022	China	Avaliação da eficácia em hipertrofia de cardiomioblastos usando extrato de Imperata cylindrica.	Tratamento de doenças cardiovasculares.	AuNPs atenuaram a hipertrofia induzida por isoproterenol em células H9c2.
Kwak, G.Y. et al., 2022	Coreia do Sul	Uso de Suaeda japonica para inibir inflamação em macrófagos.	Supressão de doenças mediadas por inflamação.	NPs reprimiram genes COX-2 e iNOS induzidos por LPS.
Al-Radadi, N., 2022	Arábia Saudita	Síntese via polpa e óleo de semente de Pitaya Vermelha.	Anti-Alzheimer e antidiabética.	Au-NPs apresentaram excelente biocompatibilidade sanguínea e estabilidade fisiológica.
Akbari, A. et al., 2022	Irã	AuNPs revestidas com Curcumina contra adenocarcinoma colorretal.	Quimioterapia e prevenção de metástase.	Tratamento de 24h erradicou mais de 30% das células cancerosas HT29.
Sonaimuthu, S. et al., 2022	Coreia do Sul	Nanocompósito quitosana/polianilina/AuNPs in situ.	Antioxidante e inibição de radicais livres.	Quitosana desempenhou o papel de redutor e estabilizador simultaneamente.
Sadalage, P.S. et al., 2021	Índia	AuNPs peguiliadas (PEG) funcionalizadas com Quercetina.	Sistemas inteligentes de entrega de drogas (SDR).	PEGylation aumentou a estabilidade molecular e a eficácia antiangiogênica.
Guliani, A. et al., 2021	Índia	Comparação entre Populus alba, Lantana camara e Hibiscus.	Sondas ópticas e sensores.	NPs uniformes de 16 nm obtidas com 5% de extrato a 65°C.
Ali, S. et al., 2021	Paquistão	Atividade inibitória da urease via Crataegus oxyacantha.	Indústria homeopática e farmacêutica.	NPs exibiram inibição de 99,25% da enzima urease, comparável ao padrão.
Pechyen, C. et al., 2021	Tailândia	Uso de resíduos de casca de abacaxi e maracujá.	Biomedicina não tóxica.	AuNPs sem citotoxicidade mesmo em altas concentrações (400 μ g/mL).
Farhan, S.A. et al., 2021	Iraque	Síntese via semente de Mamão (Carica papaya).	Farmacêutica e bio-aplicações.	NPs esféricas de ~75 nm com alto teor de compostos fenólicos totais.
Padalia, H. et al., 2021	Índia	Sistema "3 em 1" (antioxidante, citotóxico e genotóxico) usando extrato de folha aquosa de Ziziphus nummularia.	Tratamento futuro de câncer cervical.	AuNPs foram não tóxicas para linhagens normais de fibroblastos.
Rajeshkumar, S. et al., 2021	Arábia Saudita	Uso de Fucoidan (polissacarídeo sulfatado encontrado em algas marinhas marrons) como meio.	Alvos celulares de câncer hepático.	Formação de NPs puras cristalinas em estrutura FCC (Cúbica de Face Centrada).
Wang, M. 2021	China	Uso de metabólitos secundários de Viola betonicifolia.	Biofilme e regeneração (células-tronco hMSCs).	Desempenho superior em inibição de biofilme comparado a NPs químicas.
Muniyappan, N. et al., 2021	Índia	Co-funcionalização com curcumina isolada de cúrcuma da colina.	Anti-inflamatória em glóbulos vermelhos humanos.	Inibição inflamatória máxima de 94% pelo método RBC.
Huynh, P.T. et al., 2021	Vietnã	Síntese de "Nanostars" (estrelas) de ouro sem surfactantes.	Substituição de antibióticos no tratamento de Acne.	Nanostars exibiram forte ação contra P. acnes, enquanto esferas falharam.



AUTOR/ANO	PAÍS	OBJETIVOS PRINCIPAIS	APLICAÇÕES BIOMÉDICAS	RESULTADOS
Vijayakumar, S. et al.,2025	China	Estabilização de AuNPs com goma de alfarroba (LBG) para avaliação biológica.	Anticâncer e diagnóstico clínico.	Morfologia tipo "ouriço" (spike-urchin) e atividade contra câncer de ovário A2780.
Mathew, A. et al.,2025	Índia	Abordagem rápida via micro-ondas e extrato de Cordia Obliqua.	Apoptose seletiva de células cancerosas e ecologia.	AuNPs altamente monodispersas eficazes contra células de linfoma de Dalton.
Sivakumar, V.S. et al.,2025	Índia	Uso da alga marinha Caulerpa sertularioides para fabricação de AuNPs.	Tratamento de câncer colorretal (HT-29).	IC50 de 15,44 µg/mL contra HT-29 e nenhuma toxicidade em embriões de peixe.
Shahzad, A. et al.,2025	Paquistão	Escalonamento (upscaling) de AuNPs micogereadas (Aspergillus fumigatus).	Terapias combinadas com Cisplatina.	Produção escalada para 2 litros e aumento da morte celular em terapia sinérgica.
Mert Sivri, F.,2025	Turquia	Síntese via folhas de Prunus cerasus (cereja ácida).	Tratamento de doenças do fígado (HepG2).	Atividade antiproliferativa 3x maior que o extrato puro da planta.
Hellany, H. et al.,2025	Líbano	Caracterização de AuNPs de Scabiosa palaestina.	Anticâncer e antioxidante.	Redução de viabilidade celular para 16% em linhagens de câncer de próstata (22Rv1).
Botteon, C. et al.,2025	Brasil	Funcionalização de AuNPs com Própolis Vermelha Brasileira (BRP).	Modelos de câncer de próstata 3D (esferoides).	Maior internalização celular e efeito citotóxico em modelos 3D que em 2D.
Thirunavukkarasu et al.,2025	Índia	Síntese via alga vermelha Halymenia pseudofloresii.	Inibição de colônias de câncer de pulmão.	Controle efetivo da formação de colônias em concentração de 30 µg/mL.
Jahangir, M.F. et al.,2025	Paquistão	Síntese sustentável usando extratos de folha de Stevia.	Antimicrobiana e substituição de métodos químicos.	Extratos de Stevia serviram como redutores e estabilizadores eficientes.
Stalin, N. et al.,2025	Índia	Síntese de AuNPs via Lilium wallichianum para regeneração tecidual.	Entrega de fármacos e regeneração de plantas/tecidos.	Estímulo à proliferação celular (índice mitótico de 73%) em pontas de raiz de Allium cepa.
Sadeghi-Aliabadi et al.,2025	Irã	Desenvolvimento de 3 tipos de AuNPs (Artemisia, Morus, Peganum).	Terapia contra câncer de colo de útero e ovário.	AuNPs de Peganum harmala foram as mais potentes contra HeLa e MCF-7.
Radhika, S. et al.,2025	Índia	Estudo comparativo de NPs baseadas em flavonoides de Hibiscus.	Alternativa a antibióticos tradicionais.	Melhor resposta inibitória observada contra Bacillus subtilis.
Queen, J.E. et al.,2025	Índia	Otimização via RSM de AuNPs de Cranberry.	Citotoxicidade contra MCF-7 e degradação de azo-corantes.	Citotoxicidade de 90,43% contra câncer de mama na maior concentração.
Barbu, I.A. et al., 2025	Romênia	Estudo do gênero Allium (A. sativum e A. ursinum) na formação de AuNPs.	Antifúngica contra espécies de Candida.	AuNPs funcionalizadas com alicina mostraram eficácia superior contra leveduras.
Lestari, S.A. et al.,2025	Indonésia	Fitofabricação via Toona sureni para atividade anti-inflamatória.	Tratamento de acne e infecções por MRSA.	Atividade contra patógenos da acne (P. acnes) e baixa toxicidade em larvas de artêmia.
Muonas, S. et al.,2025	Iraque	Efeito da alga Spirulina platensis como biorredutor.	Combate à resistência antimicrobiana.	Zonas de inibição de até 20 mm contra Acinetobacter baumannii.
Khalid, A. et al.,2025	Paquistão	Comparação de AuNPs de Cichorium intybus com pomadas comerciais.	Cicatrização acelerada de feridas em camundongos.	Fechamento de feridas mais rápido que o extrato simples e pomadas padrão (Polyfax).
Arularasu, M.V. et al.,2025	Índia	Modificação de eletrodos de carbono com AuNPs de Acacia nilotica.	Deteção seletiva de nitrito em água potável.	Sensor com excelente repetibilidade e limite de detecção de 0,03 µM.
Das, S. et al.,2025	Índia	Valoração de erva daninha (Mikania micrantha) para AuNPs.	Barreira hematoencefálica e antioxidante.	AuNPs não afetaram a contagem locomotora em camundongos (segurança neurológica).
Aziz, N. et al.,2025	Arábia Saudita	Síntese via flor de Bombax ceiba (algodão de seda).	Antimicrobiana comparável a antibióticos padrão.	Eficácia comparável à Azitromicina para bactérias Gram-positivas.
Sathiyaraj, M. et al.,2025	Índia	Multifacetadas de Au e Ag NPs de Elytraria acaulis.	Larvicida contra o mosquito Aedes aegypti.	NPs causaram danos histopatológicos severos no intestino médio de larvas de mosquito.
Lafta, M.Z. et al.,2025	Iraque	Uso de quercetina extraída de Arctium lappa para AuNPs.	Terapia antioxidante e anti-inflamatória.	AgNPs mostraram capacidade antioxidante superior (89%) em relação às AuNPs.
Meyappan, V. et al.,2025	Índia	Biossíntese via bactéria marinha Cytophila kochii.	Controle de virulência bacteriana e antibiofilme.	Inibição da enzima gelatinase, reduzindo a virulência de patógenos.
Klatt, E. et al.,2025	EUA	Uso de Ginseng Americano (Panax quinquefolium) para AuNPs.	Entrega de fármacos e bioimagem.	Extrato da folha foi mais eficaz que raiz/caule; viabilidade celular permaneceu >99%.
Sehree, M.M. et al.,2025	Iraque	AuNPs de folha de cevada contra patógenos multiresistentes.	Combate a Acinetobacter baumannii clínico.	Zonas de inibição de 17 mm para bactérias clínicas resistentes.
Sukweenadhi, J. et al.,2024	Indonésia	AuNPs via probiótico do Kimchi (Lactobacillus kimchicus).	Modulação de inflamação via NF-κB/MAPK.	Redução significativa de mediadores como NO, PGE2, IL-6 e TNF-α.
Liu, H. et al.,2024	China	Síntese mediada por polissacarídeo de Auricularia auricula.	Biomedicina e estabilidade química.	AuNPs altamente estáveis em ampla faixa de pH (5-11) e temperatura.
Altinsoy, Ş. et al.,2024	Turquia	Revestimento de polímero PEEK com NPs verdes usando extrato de Equisetum telmateia Ehrh para implantes ósseos.	Implantes resistentes a infecções.	Revestimentos por spray melhoraram a rugosidade e bioatividade do PEEK.
Dheyab, M.A. et al.,2024	Malásia	AuNPs ultrapequenas (USAuNPs) de casca de mangostão.	Ablação fototérmica de células de câncer de mama.	Alcance de 66% de ablação celular sob laser infravermelho em 15 min.
Sherin, C.T.S. et al.,2024	Taiwan	Comparação de NPs de Pterispermum canescens e Vernonia elaeagnifolia.	Atividade antiplaquetária e tratamento de glioma.	AuNPs de V. elaeagnifolia reduziram agregação plaquetária para menos de 10%.
Suman, T.Y. et al.,2024	China	AuNPs de Ammannia baccifera e resposta imune em peixe-zebra.	Modulação do sistema imune e larvicida.	Expressão de genes imunes foi dramaticamente ativada após exposição às AuNPs.
Shanmugapriya et al.,2024	Índia	Investigação do efeito inibitório em fungos patogênicos usando extrato de flor de Punica granatum.	Antifúngica contra Malassezia furfur.	Inibição eficaz de patógenos que causam caspa e infecções cutâneas.
Liu, H. et al.,2024	China	Mecanismo de redução via polissacarídeos ativos naturais (Auricularia auricula).	Redução de dano oxidativo celular.	AuNPs reduziram níveis intracelulares de ROS em até 75% comparado ao H ₂ O ₂ .
Singh, A. et al.,2024	Índia	Modulação de influxo de Cálcio via AuNPs de Tamarindo.	Biomineralização e regeneração de tecido ósseo.	Promoção da diferenciação e mineralização de células osteoblásticas.



AUTOR/ANO	PAÍS	OBJETIVOS PRINCIPAIS	APLICAÇÕES BIOMÉDICAS	RESULTADOS
Avila, S.R. et al.,2021	Brasil	Potencialização da EGCG (chá verde) via AuNPs.	Tratamento de infecções de pele por <i>P. aeruginosa</i> .	Deformações morfológicas induziram lise bacteriana rápida e morte celular.
Huang, M.Z. et al.,2025	China	Grânulos de gel compósito PVA/Quitosana/Montmorilonita usando extrato de <i>Rosa roxburghii</i> (RRT) e filtrado celular livre de micélio de <i>Trichoderma harzianum</i> .	Tratamento e purificação de água contaminada.	Taxa de inibição de 100% de patógenos em 4 horas de tratamento.
Rathnam, S.R. et al.,2023	Índia	Microesferas poliméricas responsivas a pH usando um extrato de folha de <i>Phyllanthus virgatus</i> .	Entrega controlada de Metronidazol.	Cinética de liberação otimizada para ambientes de pH 2.0 e 7.4.
Perez, K.S.M. et al.,2021	Filipinas	Encapsulamento de Curcumina com AuNPs de Coco.	Melhoria da biodisponibilidade de ativos naturais.	Confirmação de redução da toxicidade do ouro via extrato de coco.
Sabira, O. et al.,2025	Índia	Biossíntese de AuNPs usando o inseto <i>Luprops tristis</i> .	Biossensores de glicose e terapia de linfoma.	Deteção de glicose com limite de 7 mM e ação contra células DLA.
He, R.Y. et al.,2023	China	Hidrogel híbrido injetável com extrato de <i>Chlorella</i> .	Curativos hidratantes e antimicrobianos.	Estabilidade do hidrogel aumentada pela adição de glicerol e AuNPs.
Harikrishnan et al.,2022	Índia	AuNPs conjugadas com Bisfosfonato via <i>Asparagus racemosus</i> .	Ancoragem ortodôntica direcionada.	Estudo inédito sobre aplicação dentária de nanopartículas verdes.
Trabbic, K.R. et al.,2021	EUA	Vacina baseada em AuNPs derivadas de leveduras para antígenos tumorais.	Imunoterapia contra câncer pancreático.	Produção de anticorpos de alto título e ativação de células T em camundongos.
Parua, P. et al.,2025	Índia	Neutralização de veneno da Víbora de Russell via AuNPs de Saponina.	Antídoto para picadas de cobra.	AuNPs inibiram a subida de biomarcadores inflamatórios TNF- α induzida pelo veneno.
Hamid, O.S. et al.,2021	Iraque	Sinergia AuNPs de Aloe Vera + Cefotaxima.	Combate à <i>Pseudomonas aeruginosa</i> multiresistente.	Nanopartículas carregadas foram superiores ao antibiótico isolado.
Yoshimura, K. et al.,2021	Japão	Deteção de anticorpos via agregação de AuNPs de albumina bovina.	Bioanálise diagnóstica por microscopia de campo escuro.	Deteção bem-sucedida de anticorpos em concentrações de até 20 nM.
Qiu, R.J. et al.,2021	China	Uso de AuNPs de <i>S. aureus</i> purificadas por centrifugação.	Engenharia de tecido muscular e remendo cardíaco.	Melhora da função cardíaca e redução de área de infarto in vivo.
Mostafa, E.M. et al.,2022	Egito	Conjugação de Au/Ag NPs de fungos marinhos com quitosana.	Inibidores de formação de biofilme.	Quitosana-AgNP mostrou superioridade como agente antibacteriano.
Amini, S.M. et al.,2021	Irã	Efeito fototérmico da Apigenina-AuNPs em carcinoma colorretal.	Erradicação de células cancerosas via apoptose.	Técnica preferível aos métodos comuns que causam necrose celular indesejada.
Khatami, M. et al.,2021	Irã	Uso de extrato de Pólen rico em antioxidantes.	Produção em larga escala com recursos locais.	NPs estáveis por 2 meses sem sedimentação ou alteração óptica.
Park, S.Y. et al.,2023	Coreia do Sul	Indução de "escurecimento" (browning) em adipócitos brancos usando extrato de esporófila de <i>Undaria pinnatifida</i> .	Tratamento de obesidade e gasto energético.	UPS-AuNPs promoveram browning e produção de mitocôndrias ativas em gordura bege.
Chithambharan et al.,2021	Índia	Uso de partes secas de frutos de <i>Terminalia bellerica</i> .	Destruição de patógenos clínicos.	Extratos e AuNPs foram capazes de destruir espécies de <i>Enterococcus faecalis</i> .
Toppo, A.L. et al.,2025	Índia	Nanocompósito AuNPs/Biochar de Bambu para eletrodos.	Células a combustível microbianas (Bio-eletrorquímica).	Eletrodos modificados exibiram condutividade superior aos convencionais.
Patra, J.K. et al., 2024	Coreia do Sul	Utilização de casca de mamão vegetal (estágio verde).	Inibição de tirosinase (cosméticos/clareamento).	AuNPs apresentaram inibição de 95% da α -glicosidase.
Ahmad, S. et al.,2024	China	Uso de extrato bruto de <i>Aconitum Laeve</i> .	Remediação de poluentes Rodamina B.	AuNPs efetivamente sequestraram radicais ABTS com baixos valores de IC50.
Farjam, H. et al.,2025	Irã	Uso de <i>Rosa damascena</i> contra proteínas do Parkinson.	Neuroproteção e integridade neuronal.	Docking molecular revelou afinidade favorável da Quercetina-AuNPs com proteínas cerebrais.
Al-Radadi N.,2022	Arábia Saudita	Uso de Mirra Saudita (<i>Commiphora myrrh</i>).	Inibição de enzimas inflamatórias COX-1 e COX-2.	Estudo evidenciou afinidade de ligação excelente ao domínio VEGFR-2.
Kok, A.M. et al.,2024	África do Sul	Avaliação de enzimas CYP humanas e metabolismo de drogas usando NPs sintetizadas a partir de <i>Lippia scaberrima</i> .	Adjuvantes no tratamento de Tuberculose.	Citotoxicidade das NPs foi 2x menor que o extrato puro da planta.
Qian, D. et al.,2025	China	Uso de <i>Moringa oleifera</i> contra linhagem A549.	Dano mitocondrial induzido por ROS.	IC50 de 50 μ g/mL; morte celular confirmada por coloração DAPI.
Malik, M. et al.,2022	Paquistão	AgNPs de <i>Annona squamosa</i> (Fruta-do-conde).	Tratamento de múltiplas doenças via bandgap óptico.	Diferença de tamanho dependente do uso de folha vs. fruta (15-90 nm).
Perveen, K. et al.,2021	Arábia Saudita	Uso de semente de <i>Trachyspermum ammi</i> via micro-ondas.	Obliteração de biofilmes maduros.	Inibição de 81% de biofilmes de <i>Serratia marcescens</i> .
Mishra, P. et al.,2024	Índia	Síntese mediada por Bakuchiol para entrega de drogas.	Alvos proteicos GNAI3 em tumores.	Bak-AuNPs mostraram eficácia superior contra câncer de fígado (HepG2).
Kaval, U. et al.,2024	Turquia	AuNPs de <i>Cucurbita moschata</i> (Abóbora).	Indústria de alimentos e cosméticos.	Alta inibição do crescimento de microrganismos patogênicos em doses baixas.
Labaran, A.N. et al.,2024	Índia	Uso de folhas de <i>Alstonia scholaris</i> e solventes variados.	Nanotecnologia eco-amigável.	Extrato metanólico apresentou o efeito inibitório mais potente.
Talaat, M.,2024	Egito	Nanoplateforma de ouro enclausurada mediada por cevada.	Engenharia de sistemas avançados de entrega.	Integração de síntese verde com aplicações de nanopartículas de próxima geração.
Sahib, O.H. et al.,2025	Iraque	CuNPs via flor de <i>Passiflora</i> .	Nanomedicina seletiva para câncer de mama.	CuNPs preservaram células normais HFF enquanto mataram células MCF7.
Machado, S. et al.,2021	Portugal	Comparação de duas espécies de macroalgas <i>Cystoseira</i> .	Cicatrização e bioatividade marinha.	Espécie <i>C. tamariscifolia</i> (Au@CT) mostrou-se geralmente não tóxica em testes FET.
Chonanant, C. et al.,2025	Tailândia	Deteção direcionada de câncer HER2-positivo usando extrato de folhas de <i>Andrographis paniculata</i> .	Sondas colorimétricas para diagnóstico precoce.	Sucesso na detecção de células HER2+ via ensaio TMB usando AuNPs de <i>Andrographis</i> .