



SÍNTESE VERDE DE NANOPARTÍCULAS DE PRATA UTILIZANDO O EXTRATO VEGETAL DA PIMENTA DE MACACO

Álvaro Balles¹ ; Waléria Rodovalho¹; Francylli Mariana dos Santos Mello Andrade³; Carlos de Melo e Silva Neto²; Lidiaine Maria dos Santos¹, Fabiana Gomes¹; Monise Cristina Ribeiro Casanova Coltro⁴; Deangelis Damasceno⁴

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/Campus Goiânia-GO. -74055-110

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/ Reitoria-GO. -74270-040

3 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/Campus Luziânia-GO. -72811-580

4 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás/Campus Senador Canedo-GO. -75264-899

alvaro.balles@estudantes.ifg.edu.br

Palavras-Chave: Biossíntese, Cerrado, *Xylopia aromatica*

Introdução

A nanotecnologia é uma área de grande interesse por grupos de pesquisa devido a sua variedade de aplicações em diferentes áreas do conhecimento, além de despertar interesse no estudo de novas tecnologias que possam contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico. Com isso, os nanomateriais tem ganhado relevância em áreas como medicina, farmácia, física, química, biologia, engenharia, entre outros, devido as suas diversas aplicações. Segundo (Mao, 2021), são classificados como nanomateriais qualquer material que possua uma de suas dimensões; altura, largura ou comprimento; compreendidas na escala de 1 a 100 nm. Nesse viés, é possível destacar as nanopartículas metálicas como um promissor nanomaterial, as nanopartículas de prata (AgNPs)

A forma de síntese destes materiais consiste em três diferentes rotas: física, química e biológica. O processo físico tem como fundamento a abordagem “*top-down*”, o qual baseia na formação de estruturas nanométricas a partir de estruturas em macro escala. Isso ocorre pois os átomos do metal passam por uma etapa de evaporação, seguida de condensação. Essa técnica faz com que os átomos se reorganizem e se agreguem com o intuito de formar pequenos aglomerados. Os métodos e técnicas na síntese física incluem irradiação por micro-ondas, sonoquímica, decomposição térmica, radiação ultravioleta, fotoquímica, ablação a laser entre outros. Apesar da não utilização de reagentes químicos, este processo requer um elevado gasto energético, o que o torna prejudicial ao meio ambiente (Maduray e Parboosing; 2021).

De acordo com Maduray e Parboosing (2021), a via de síntese química tem como emprego da técnica “*bottom-up*”, na qual átomos ou íons se organizam até se formar o nanomaterial desejado. Isso tem como princípio a redução de íons metálicos por moléculas com alta capacidade redutora, as quais podem ser orgânicas ou inorgânicas. Dentre os diferentes reagentes utilizados nesse processo, é possível destacar o citrato de sódio, borohidreto de sódio



e etileno glicol. As principais técnicas utilizadas são método sol-gel, microemulsão, síntese hidrotermal, síntese com poliol e vapor químico. Entretanto, a rota química emprega uma variedade de reagentes tóxicos e nocivos ao meio ambiente.

Com o objetivo de se obter as AgNPs sem um elevado consumo energético e de reagentes químicos tóxicos, surge a síntese verde ou biossíntese. Essa rota utiliza extratos obtidos por microrganismos, fungos, algas ou partes de plantas na reação, o que minimiza o emprego de reagentes químicos nocivos a saúde e ao meio ambiente. A utilização destes extratos possibilita a redução de íons Ag^+ em prata metálica Ag^0 pela ação dos metabólitos secundários, como flavonoides, terpenos, alcaloides, fenólicos entre outros. Essas moléculas apresentam atividade antioxidante, as quais participam da redução dos íons metálicos e na estabilização da nanopartícula, além atuar de maneira semelhante no método de síntese química (Bavaresco *et al.*, 2020).

Sob essa óptica, cabe considerar a utilização de extratos obtidos por plantas na biossíntese das AgNPs pela presença dos metabólitos secundários produzidos na parte interna da planta. Essas moléculas são sintetizadas como mecanismos de defesa das plantas, tanto em relação a pragas ou insetos indesejados, quanto a mudanças bruscas no meio, como temperatura e pH. A quantidade de metabólitos presentes no extrato pode variar de acordo com a parte da planta utilizada, local e período da coleta, a escolha do solvente empregado e do método de obtenção do extrato, o qual se divide em extração a quente ou a frio (Eker *et al.*, 2025).

Devido a rica biodiversidade do Cerrado, há um crescente interesse na investigação de plantas como fonte de compostos bioativos, como metabólitos secundários, importantes para a síntese de AgNPs (Fonseca, 2024). A *Xylopiia aromatica* é uma planta pertencente à família das Annonaceae, a qual é conhecida popularmente como Pimenta de Macaco, Pindaíba ou Embira dependendo da região onde é encontrada. A *Xylopiia aromatica* apresenta uma variedade de metabólitos secundários, como alcaloides, amidas, lignoides, acetogeninas e terpenoides, que possuem atividade antioxidante, indicando um grande potencial para sua utilização na biossíntese de nanopartículas metálicas (Augustini *et al.*, 2026)

Na medicina popular é utilizada para o alívio no desconforto gástrico causado por úlceras, refluxo gastroesofágico e contribuição na melhoria da saúde intestinal. Estudos sobre a atividade biológica desta planta demonstraram atividade anti-inflamatórias, antioxidantes, anti-protozoárias, fungicidas, vermícidase bactericidas (Nascimento, 2025).

Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo realizar a síntese verde de nanopartículas de prata utilizando o extrato aquoso das folhas da Pimenta de Macaco (*Xylopiia aromatica*) e avaliar o melhor tempo de reação para diferentes valores de pH.

Material e Métodos

Preparo do material vegetal e do extrato aquoso



O material vegetal foi coletado no setor de chácaras do Samambaia no município de Goiânia -GO, e as exsiccatas encaminhadas ao Herbário da UEG para identificação. As folhas usadas para o preparo do extrato vegetal foram limpas, secas a temperatura ambiente e trituradas por turbolise. Após trituradas, o material vegetal foi armazenado ao abrigo da luz (Matos, F. 1999, Simões, C. *et al*, 2010). O extrato aquoso foi preparado pelo método de infusão, com a proporção de material vegetal e de água deionizada de 10:100 (g/mL). Após resfriada a temperatura ambiente, a mistura foi filtrada e armazenada em frasco âmbar e acondicionada sob refrigeração (Matos, F., 1999).

Biossíntese das nanopartículas de prata utilizando os extratos das folhas

A síntese das nanopartículas foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Bavaresco e colaboradores (2020) com algumas modificações. Para o ajuste do pH, em um béquer foram adicionados 15 mL do extrato bruto, seguido do acréscimo de solução de NaOH a 1,0 mol.L⁻¹. O ajuste foi realizado para pH 8 e 10. Em seguida, foram transferidos 5 ml do extrato ajustado e 5 mL de solução de AgNO₃ a 4 mmol.L⁻¹ para um balão de fundo redondo com aquecimento e agitação magnética. As reações foram monitoradas em tempos de 4, 6 e 8 horas a 50 °C em pH 8 e 10 sob proteção da luz. A análise ocorreu por varredura no UV-vis, 900-200nm (marca Bel Photonics mod. UV-M51).

Resultados e Discussão

O indício de reação química foi observado pela mudança de coloração do meio, o qual apresentava no início uma coloração marrom escura translúcida, devido a adição de NaOH ao extrato aquoso, e após a reação passou para tons de marrom escuro opaco para as reações em pH 8 e um marrom cinza opaco para pH 10.

As análises por meio de espectrofotometria UV-Vis possibilitaram verificar a formação das AgNPs devido ao surgimento das bandas plasmônicas de superfície. A presença da banda plasmônica de superfície, como as AgNPs, se deve pela interação entre a radiação eletromagnética na região do ultravioleta-visível (UV-Vis) e a nanopartícula. Isso ocorre pela oscilação entre os elétrons de valência do metal na superfície e o campo elétrico da radiação em diferentes comprimentos de onda. Tal interação pode ser caracterizada através de uma polarização da densidade eletrônica da nanomaterial. Em geral, o tamanho e forma da nanopartícula interferem na banda plasmônica (Grasseschi, 2020). A posição do pico, a máxima.

De acordo com Cruz (2010), o comprimento de onda característico para as AgNPs pode variar em uma faixa de 350-550 nm. Essa variação na abertura da banda plasmônica pode depender do tamanho, formato e tipo da nanopartícula formada, o que interfere na forma como o campo elétrico da radiação UV proveniente do equipamento interage com a superfície o nanomaterial.

Ao analisar o espectro da figura 1, é possível observar uma abertura na banda plasmônica que varia de 400 a 600 nm aproximadamente. Entretanto, a faixa de 600-750 nm apresentaram a formação de um segundo pico para as reações de 4 horas para pH 8 e 10 e as reações de 6 e 8 horas apenas para pH 8. Isso indica a possibilidade da formação de um segundo tipo de nanopartícula ou de aglomerados provenientes do período de agitação. O pH 10 com tempo de 4 horas favoreceu a formação de um terceiro pico na região de 700 nm aproximadamente, o que se deve ao início de aglomerados maiores de nanopartículas.

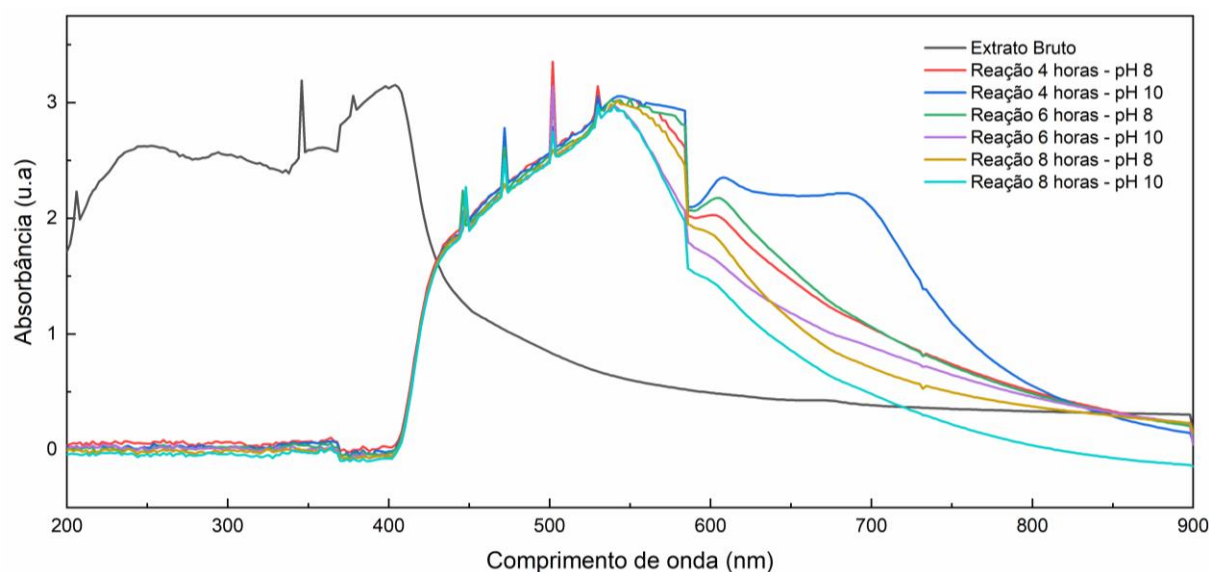


Figura 1. Espectro das AgNPs obtidos por espectrofotômetro UV-Vis.

Fonte: elaboração própria.

Já as reações de 6 e 8 horas para pH 10 apresentaram absorvância suave para a formação de um segundo pico. Isso possibilita a obtenção de nanopartículas mais homogêneas em relação ao tipo, tamanho e o formato, com destaque para a reação de 6 horas.

Segundo Verma e Mehata (2016), o aumento do pH favorece a formação de apenas um tipo de nanopartícula devido ao efeito de estabilização provocado pelos íons OH^- , assim como o aumento das repulsões elétricas entre as AgNPs, o que dificulta a formação de aglomerados. Contudo, isso pode ser afetado caso o tempo de reação com agitação contínua se mantenha, o que pode ser verificado caso para o mesmo valor de pH com 8 horas de reação.

Nesse sentido, a reação em pH 10 e 6 horas se destaca com o melhor desempenho em razão da presença de apenas um pico de absorvância.

Conclusões

Foi possível verificar a formação das nanopartículas de prata utilizando o extrato aquoso das folhas da *Xylopia aromatica* por meio de espectrofotometria UV-Vis. Isso mostra que a



obtenção das AgNPs por síntese verde utilizando plantas, em destaque para o Cerrado, possui crescimento promissor em estudos e pesquisas para diversas aplicações biológicas.

Além disso, a utilização de plantas auxiliam no processo de reação pela presença de biomoléculas com atividade antioxidante, como os metabólitos secundários. A presença destes compostos diminui o gasto de reagentes tóxicos, garantindo um síntese mais amigável para o meio ambiente e com menor gasto energético, o que a torna essencial na busca de novos nanomateriais obtidos de forma verde.

Contudo, para avaliar e otimizar a síntese das AgNPs, outros testes e caracterizações, tais como Potencial Zeta, MET, MEV, FTIR e ICP-OES, são necessários para verificar a estabilidade, morfologia, forma e tamanho da nanopartícula, os grupos funcionais presentes no material e a concentração de prata para futuras aplicações biológicas.

Agradecimentos

Ao IFG e ao CNPq pela bolsa concedida.

Referências

AUGUSTINI, José Antonio; PRADO, Evandro Pereira; CASTILHO, Regina Maria Monteiro; LAURENTIZ, Rosângela da Silva de. Atividade acaricida do extrato hidroetanólico foliar de *Xylopia aromatica* (Lam.) Mart. sobre *Tetranychus urticae* Koch. Científica, Dracena, SP, v. 54, n. 1, 2026. Disponível em: <https://doi.org/10.5016/1984-5529.2026.v54.1493>. Acesso em: 29 maio 2026.

BAVARESCO, Juliane B.; BANDEIRA, Marina; RAOTA, Camila S.; CRESPO, Janaina S.; GIOVANELA, Marcelo Síntese verde de nanopartículas de prata a partir do extrato de folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Scientia cum Industria, v. 8, n. 1, p. 39-45, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.18226/23185279.v8iss1p39>. Acesso em: 22 jul. 2026.

CRUZ, Diana Sofia de Melo Gonçalves da. Biosíntese e caracterização de nanopartículas metálicas. 2010. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/3671>. Acesso em: 28 jul. 2026.

EKER, Furkan; AKDASÇI, Emir; DUMAN, Hatice; BECHELANY, Mikhael; KARAV, Sercan. Green Synthesis of Silver Nanoparticles Using Plant Extracts: A Comprehensive Review of Physicochemical Properties and Multifunctional Applications. *Int. J. Mol. Sci.* **2025**, 26 (13), 6222. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms26136222>. Acesso em: 22 jul. 2026.

FONSECA, Juliana Noronha. Síntese verde de nanopartículas de prata utilizando extratos da espécie *Caryocar brasiliense* e sua aplicação em formulações de biomateriais. 2024. Disponível em: <http://hdl.handle.net/123456789/8153>. Acesso em: 29 jul. 2026.



GRASSESECHI, Daniel; SANTOS, Diego P. dos. Nanomateriais plasmônicos: parte i. fundamentos da espectroscopia de nanopartículas e sua relação com o efeito sers. *Química Nova*, v. 43, n. 10, p. 1463-1481, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170621>. Acesso em: 29 jul. 2026.

MADURAY, Kaminee; PARBOOSING, Raveen. Metal Nanoparticles: a Promising Treatment for Viral and Arboviral Infections. *Biological Trace Element Research* (2021) 199:3159–3176. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02414-2>. Acesso em: 22 jul. 2026.

MAO, Chen-Chen; CAI, Xiaoxiao. Nanomaterial and Aging. *Current Stem Cell Research & Therapy*, 2021, 16, 57-65. Disponível em: <https://doi.org/10.2174/1574888x15666200422103916>. Acesso em: 22 jul. 2026.

MATOS, F.J.A. Introdução à fitoquímica experimental. Fortaleza: UFC, 2009.

NASCIMENTO, Ana Maria Aguiar; MACIEL, Matheus Augusto Pita; MESQUITA, Sabrina Souza Costa de; LIMA, João Pedro de Paiva; BARBOSA, Ilian Cruz; MUNIZ, Rhanna Karyne Rodrigues; SILVINO, Francisco Mauro Alves; ALVES, Yane Lara Conrado de Oliveira; SILVA, Léo Jhow Vasconcelos da; HOLTZ, Beatriz Azevedo; CAVALCANTE, Rafaela Mesquita Bastos. Fitoterapia e a atividade microbica da *Xylopia aromatica*: uma revisão sistemática da literatura. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 8, n. 1, p. e76961-e76961, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv8n1-218>. Acesso em: 29 jul. 2026.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. *Farmacognosia da planta ao medicamento*. 6ª ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora UFRS/ UFS. 2010.

VERMA, Aparajita; MEHATA, Mohan Singh. Controllable synthesis of silver nanoparticles using Neem leaves and their antimicrobial activity. *Journal of Radiation Research and Applied Science* 9 (2016) 109-115. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.11.001>. Acesso em: 28 jul. 2026.