

## Síntese e Caracterização de Nanopartículas de Prata Synthesis and Characterization of Silver Nanoparticles

Natália Bianca Puglia Conde<sup>1</sup>, Sergio Leonardo Gómez<sup>2</sup>, Rozane de Fátima Turchiello Gómez<sup>3</sup>

### RESUMO

A nanotecnologia é denominada pela manipulação da matéria em escalas minúsculas, criando materiais com propriedades únicas em uma escala entre 1 e 100 nanômetros. As nanopartículas metálicas, como prata e ouro, são amplamente estudadas e aplicadas em medicina e eletrônica, sendo que as de prata recebem destaque por suas propriedades antimicrobianas. Diferentes métodos de síntese como, por exemplo, químico e fotoquímico, são mencionados na literatura para a produção de nanopartículas de prata. Além disso, são discutidas as características das nanopartículas, incluindo a ressonância de plasmon de superfície e como sua distribuição de tamanhos influencia no espectro de absorção. Logo, este estudo visou sintetizar as nanopartículas de prata por dois métodos diferentes: químico e fotoquímico. Baseando-se no método adaptado de Turkevich, foi utilizado o nitrato de prata com o citrato de sódio como agente redutor, e o estabilizante PVP, gerando nanopartículas estáveis por até 90 dias de monitoramento. Conclui-se que as nanopartículas de prata mantiveram sua estabilidade ao longo deste estudo, principalmente quando o estabilizador PVP foi utilizado. O estudo busca compreender e verificar as propriedades das nanopartículas de prata para uma futura aplicação como agente antimicrobiano.

**PALAVRAS-CHAVE:** nanopartículas de prata; nanotecnologia; síntese de nanopartículas.

### ABSTRACT

Nanotechnology is characterized by manipulating matter on tiny scales, creating materials with unique properties at a scale between 1 and 100 nanometers. Metallic nanoparticles, such as silver and gold, are widely studied and applied in medicine and electronics, with silver nanoparticles standing out for their antimicrobial properties. Different synthesis methods, such as chemical and photochemical, are mentioned in the literature for producing silver nanoparticles. Additionally, the characteristics of nanoparticles are discussed, including surface plasmon resonance and how their size distribution influences the absorption spectrum. Therefore, this study aimed to synthesize silver nanoparticles using two different methods: chemical and photochemical. Based on the adapted Turkevich method, silver nitrate was used with sodium citrate as a reducing agent and the stabilizer PVP, producing stable nanoparticles for up to 90 days of monitoring. It is concluded that the silver nanoparticles maintained their stability throughout this study, mainly when PVP stabilizer was used. The study seeks to understand and verify the properties of silver nanoparticles for potential future use as an antimicrobial agent.

**KEYWORDS:** silver nanoparticles; nanotechnology; nanoparticle synthesis.

### INTRODUÇÃO

As nanopartículas despertam grande interesse devido à sua capacidade de aprimorar processos em várias áreas, como medicina, energia e eletrônicos. A nanotecnologia envolve a manipulação da matéria em escalas minúsculas, visando criar materiais com propriedades únicas, operando em uma escala entre 1 e 100 nanômetros. As nanopartículas metálicas, como prata e ouro, são amplamente estudadas e aplicadas

<sup>1</sup> Iniciação Científica Voluntária. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. E-mail: nataliabpc2000@gmail.com. ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4250726568127386>.

<sup>2</sup> Docente do PPG-CIE, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, Brasil. E-mail: [sgomez@uepg.br](mailto:sgomez@uepg.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6654943686635661>.

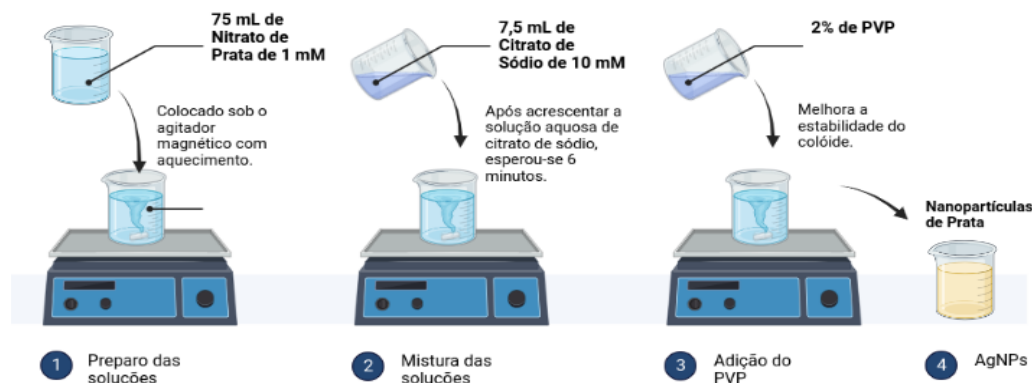
<sup>3</sup> Docente no PPGEM CP/PG. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, PR, Brasil. E-mail: [turchiel@utfpr.edu.br](mailto:turchiel@utfpr.edu.br). ID Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3884155143293507>.

em diferentes áreas como, por exemplo, medicina e eletrônica. As nanopartículas de prata, notáveis pelo seu poder antimicrobiano, são compostas por 15 a 20.000 átomos e possuem propriedades distintas devido à sua grande área superficial (RAI, 2013). Estudos mostram que essas nanopartículas são eficazes contra diversos patógenos, não gerando resistência bacteriana, pois danificam a estrutura celular dos microrganismos, interagindo com seu material genético, sendo assim, consideradas como alternativas aos antibióticos tradicionais. Existem diferentes métodos para a síntese de nanopartículas, como químicos, físicos e biológicos. A síntese química de nanopartículas de prata é frequentemente realizada com nitrato de prata e com citrato de sódio como agente redutor e PVP como estabilizador. Este trabalho teve como objetivo sintetizar as nanopartículas de prata por diferentes métodos para futura aplicação como agente antimicrobiano (MASOOMI; MORSALI, 2013; FREIRE *et al.*, 2017; FERNANDEZ *et al.*, 2021).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a síntese das nanopartículas de prata foi utilizado o método adaptado de Turkevich (LOPES *et al.*, 2018). Uma solução de 75 mL de nitrato de prata ( $\text{AgNO}_3$ ), de 1,0 mM foi preparada em um béquer e protegida da luz por papel alumínio. O béquer foi colocado em uma placa de aquecimento com agitação e a solução foi gradualmente aquecida até iniciar o processo de ebulição. Em seguida, adicionou-se 7,5 mL de uma solução aquosa de citrato de sódio ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), de 10,0 mM, que possui função de agente redutor. Desligou-se o aquecimento e adicionou-se duas diferentes quantidades de polivinilpirrolidona (PVP) conhecido como agente estabilizante (Figura 1). Após o resfriamento da solução, separou-se em tubos de ensaio com tampa, protegidos da luz, para posterior caracterização através da técnica de UV-Vis.

Figura 1 – Síntese química de nanopartículas de prata

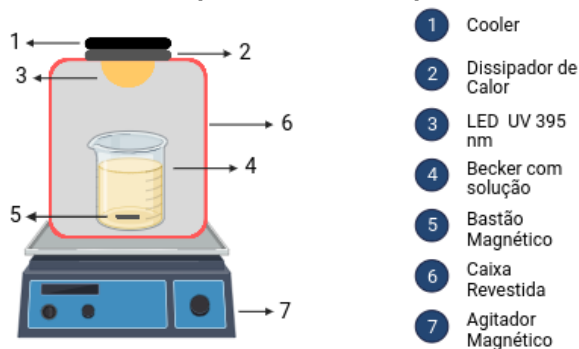


Fonte: Autoria própria (2023).

Para a síntese fotoquímica foram usadas as mesmas concentrações descritas acima, como na síntese química. O arranjo experimental consistiu de uma caixa revestida internamente com papel alumínio, com uma abertura na parte superior para encaixar o LED UV com comprimento de onda de 395 nm e potência de 50W. O béquer, contendo a solução de nitrato de prata e citrato de sódio, foi inserido na caixa e a solução mantida sob agitação, fixando uma distância de 15 cm em relação ao LED. Em seguida, o arranjo foi fechado e o LED foi acionado, juntamente com o sistema de resfriamento, no caso o

cooler. O tempo de síntese foi estipulado em 30 e 60 min. Logo após esse tempo, a solução foi retirada e foi adicionado o PVP (Figura 2). Separou-se a mesma em tubos de ensaio com tampa, protegidos da luz, para posterior caracterização através da técnica de UV-Vis.

Figura 2 – Esquema da síntese fotoquímica das nanopartículas de prata

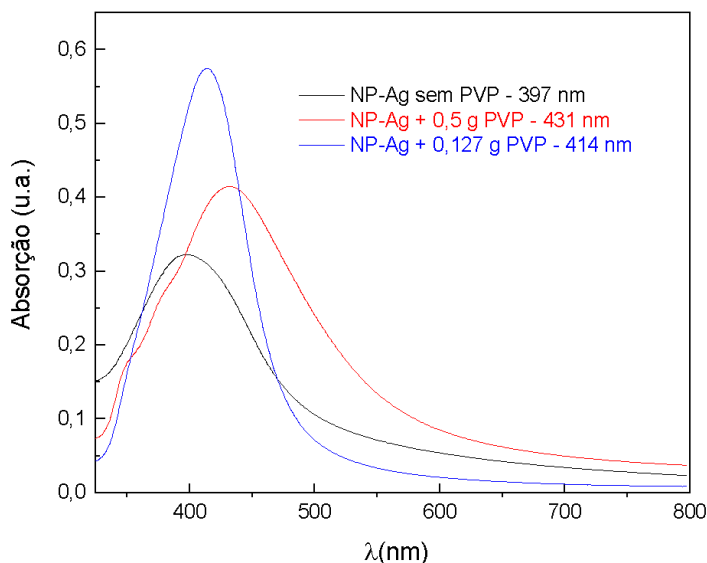


Fonte: Autoria própria (2023).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Podemos observar na Figura 3, o pico característico da ressonância de plasmon das nanopartículas de prata, sintetizadas através do método químico, onde o máximo de absorção ocorre em torno de 400 nm. Estão representados na Figura 3, três diferentes espectros: nanopartículas de prata sem a adição do estabilizante PVP, de coloração amarelada e apresentando um máximo de absorção em torno de 397 nm, com a adição de 0,5 g de PVP de coloração amarela-esverdeada e apresentando um máximo de absorção em torno de 431 nm e com a adição de 0,127 g de PVP, de coloração amarelada, apresentando um máximo de absorção em torno de 414 nm.

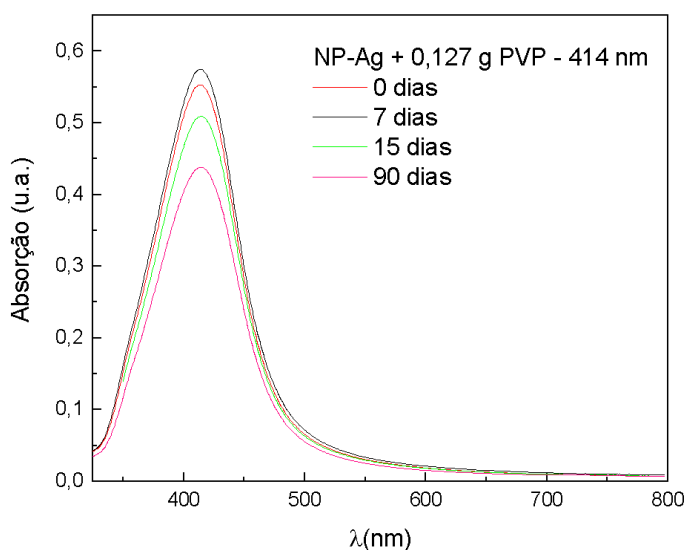
Figura 3. Nanopartículas de prata obtidas através da síntese química.



Fonte: Autoria própria, 2023.

Podemos também observar, na Figura 3, a influência das diferentes quantidades de PVP adicionadas às nanopartículas de prata em relação ao pico máximo de absorção. É verificado que a menor largura do espectro ocorreu para a adição de 0,127 g de PVP, ou seja, sem a adição de PVP há uma aglomeração das nanopartículas, apresentando diferentes tamanhos e alargando o espectro. Com a adição de 0,5 g de PVP (excesso de PVP), também observamos um alargamento do espectro de absorção. Após a síntese das nanopartículas de prata, nas diferentes formulações, procedeu-se ao estudo da estabilidade das mesmas, avaliados para os tempos de 7, 15 e 90 dias. Na Figura 4 estão representados os espectros de absorção das nanopartículas de prata produzidas com a adição de 0,127 g de PVP para os tempos de estabilidade descritos acima. Observamos que houve a manutenção do máximo do pico de absorção e uma diminuição da intensidade para 90 dias.

**Figura 4. Estudo da estabilidade das nanopartículas de prata obtidas através da síntese química, com a adição de 0,127 g de PVP.**



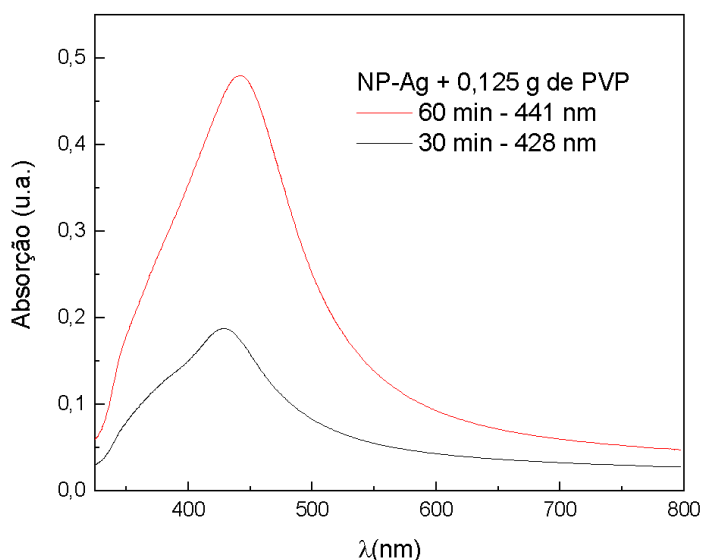
Fonte: Autoria própria, 2023.

Também foi estudada a estabilidade para as formulações sem PVP e com 0,5 g de PVP. Sem PVP houve um pequeno deslocamento do máximo de absorção na primeira semana, de 397 nm para 400 nm, e uma diminuição da absorção para 90 dias. Na presença de 0,5 g de PVP observamos que houve a manutenção do máximo do pico de absorção e uma pequena diminuição da intensidade de absorção para 7 dias, sendo mantida para os demais tempos.

A produção das nanopartículas de prata através da síntese fotoquímica, utilizando luz LED UV com comprimento de onda de 395 nm e potência de 50W, com tempo de exposição de 30 e 60 min está representada na Figura 5. Podemos observar a diferença de absorção, fator esse ligado à produção das nanopartículas, para 30 e 60 min. Com 60

min de exposição à luz UV houve uma maior produção de nanopartículas de prata. Também observamos um deslocamento do máximo de absorção para 60 min.

**Figura 5. Nanopartículas de prata obtidas através da síntese fotoquímica, utilizando luz LED UV com comprimento de onda de 395 nm e potência de 50W, com tempo de exposição de 30 e 60 min.**



Fonte: Autoria própria, 2023.

Para a síntese fotoquímica das nanopartículas de prata não foi avaliada a estabilidade com o passar do tempo. Novos experimentos deverão ser realizados para explorar a cinética de formação através do processo fotoquímico, bem como a estabilidade com o passar do tempo.

## CONCLUSÃO

Baseado nos espectros de absorção obtidos durante o estudo da estabilidade das nanopartículas de prata, observou-se que as mesmas se mantiveram estáveis após a síntese pelo período de 3 meses, sem alterações significativas. A presença do PVP é fundamental na síntese das nanopartículas para garantir uma dispersão homogênea e evitar alterações indesejadas, ou seja, a agregação. Observou-se que é possível obter as nanopartículas de prata, tanto pela síntese química como pela fotoquímica, embora a síntese fotoquímica tenha que ser melhor estudada, com outros tempos de exposição e com o monitoramento da estabilidade. Outras técnicas como o Espalhamento de Luz Dinâmico (DLS) e Microscopia Eletrônica de Transmissão (TEM) poderão ser usadas no futuro para verificar o tamanho das nanopartículas formadas, bem como o monitoramento da estabilidade das mesmas utilizando as medidas do Potencial Zeta. As nanopartículas de prata produzidas pelos diferentes métodos poderão ser utilizadas, em experimentos futuros, como agentes antimicrobianos.

## Agradecimentos

Agradeço à minha orientadora Profa. Rozane e à UTFPR pela oportunidade de desenvolver a IC.

## Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

## REFERÊNCIAS

ANTUNES, F. S. et al. Síntese, caracterização e aplicação de nanopartículas de prata como agentes antimicrobianos. *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, v. 9, n. 1, p. 20-6, 2013.

FERNANDEZ, C. C. et al. Applications of silver nanoparticles in dentistry: advances and technological innovation. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 22, n. 5, p. 2485, 2021.

FREIRE, P. L. L. et al. AgNPs: the new allies against *S. mutans* biofilm-a pilot clinical trial and microbiological assay. *Brazilian Dental Journal*, v. 28, p. 417-422, 2017.

JOUDEH, N.; LINKE, D. Nanoparticle classification, physicochemical properties, characterization, and applications: a comprehensive review for biologists. *Journal of Nanobiotechnology*, v. 20, n. 1, p. 262, 2022.

LOPES, C. S. et al. Determination of the thermal diffusivity of plasmonic nanofluids containing PVP-coated Ag nanoparticles using mode-mismatched dual-beam thermal lens technique. *Advances in Condensed Matter Physics*, v. 2018, p. 1-6, 2018.

MASOOMI, M.; MORSALI, A. Morphological study and potential applications of nano metal-organic coordination polymers. *RSC advances*, v. 3, n. 42, p. 19191-19218, 2013.

MONTAZER, M. et al. In situ synthesis of nano silver on cotton using Tollens' reagent. *Carbohydrate Polymers*, v. 87, n. 2, p. 1706-1712, 2012.

RAI, M. Nanobiotecnologia verde: biossínteses de nanopartículas metálicas e suas aplicações como nanoantimicrobianos. *Ciência e Cultura*, v. 65, n. 3, p. 44-48, 2013.