

BIOSSÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS DE COBRE

Lailla Daianna Soltau Missio Pinheiro¹; Alencar Kolinski Machado²; William Leonardo da Silva³

RESUMO

É notório o desenvolvimento da nanotecnologia nos últimos anos, destacando-se as nanopartículas metálicas (NPs), principalmente associadas com a nanobiotecnologia verde, para aplicação em nanomedicina e engenharia tecidual. Neste contexto, o presente tem como objetivo sintetizar e caracterizar nanopartículas de cobre (CuNPs), utilizando o método de biossíntese a partir do ácido ascórbico da laranja e sulfato de cobre. As CuNPs foram caracterizadas pelas técnicas de difração de raios X (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV), a fim de obter informações estruturais e morfológicas, respectivamente. O difratograma de raios X apresentou os picos característicos das CuNPs, indicando uma estrutura de (111) e (200) com um tamanho de cristalito de 43,69 nm, enquanto as micrografias eletrônicas de varredura indicaram estruturas como morfologias heterogêneas, nanométrica e aglomeradas. Por conseguinte, foi possível sintetizar nanopartículas de cobre pelo método verde, para possível aplicação na engenharia de tecidos.

Palavras-chave: Biotecnologia; Nanotecnologia; Ácido ascórbico

Eixo Temático: Tecnologia, inovação e desenvolvimento sustentável - TIDS.

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia caracteriza-se por desenvolver, caracterizar e aplicar sistemas nanoestruturados, em que pelo menos uma direção seja menor que 100 nm (DORAN; RYAN, 2019; CHEN; ROCCO, 2008), conferindo propriedades específicas aos nanomateriais para diversas aplicações em biologia, medicina e engenharia. Assim, destacando-se as nanopartículas metálicas (NPs) com propriedades eletrônicas, químicas e físicas específicas e suas extensas aplicações, como biomarcadores, agentes antimicrobianos, biotecnologia e tratamento de águas residuais (SANKAR *et al.*, 2014; JIANG *et al.*, 2020).

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Nanociências – Universidade Franciscana - laillapinheiro@ufn.edu.br

² Coorientador e Professor do Programa de Pós-Graduação em Nanociências – Universidade Franciscana – alencar.machado@ufn.edu.br

³ Orientador e Professor do Programa de Pós-Graduação em Nanociências – Universidade Franciscana – w.silva@ufn.edu.br

Dentre os principais métodos de síntese de nanopartículas metálicas, o conceito *top-down* e *bottom-up* são duas abordagens para o processo de preparação de sistemas nanoestruturados. Assim, *top-down* corresponde ao uso de parâmetros experimentais externos para a formação das estruturas nanométricas, com as características desejadas, enquanto para o *bottom-up* busca-se produzir nanoestruturas a partir de moléculas e componentes atômicos com menor complexidade por agrupamentos, por meio de mecanismos complexos (HORIKOSHI; SERPONE, 2013). Entretanto, esses métodos apresentam potenciais riscos em razão da manipulação de certos agentes estabilizadores, alta radiação e/ou redutores de alta concentração (NISAR *et al.*, 2019).

Desse modo, há uma grande necessidade de desenvolvimento de metodologias para a síntese de materiais nanoestruturados sustentáveis e ecologicamente corretos, por meio da síntese verde (biossíntese) a partir de diversos tipos de precursores biológicos (bactérias, leveduras, algas, plantas e derivados biológicos) (BAGHAYERI *et al.*, 2018; KONG *et al.*, 2021). Assim, estas biomoléculas e microrganismos atuam como biocatalisadores para formação de NPs, por meio da redução do precursor metálico (principalmente pela ação de enzimas e proteínas redutase), promovendo a formação da partículas na escala nanométrica (ABDEL-FATTAH *et al.*, 2018).

As nanopartículas de cobre (CuNPs). têm sido amplamente utilizadas em agentes antifúngicos, antimicrobianos e virais, bem como na fabricação de equipamentos elétricos, produção de cosméticos e como alternativa ao tratamento com antibióticos (SHOTOP; AL-SUWITI, 2021; DASHTIZADEH; KASHI; ASHRAFI, 2021). Além disso, CuNPs verdes apresentam como principais vantagens a facilidade de síntese em larga escala (sem a necessidade de alta pressão, energia, temperatura e produtos químicos tóxicos) e por ser um processo rápido, favorável ao meio ambiente, econômico e eficiente em termos de energia (ILIGER *et al.*, 2021).

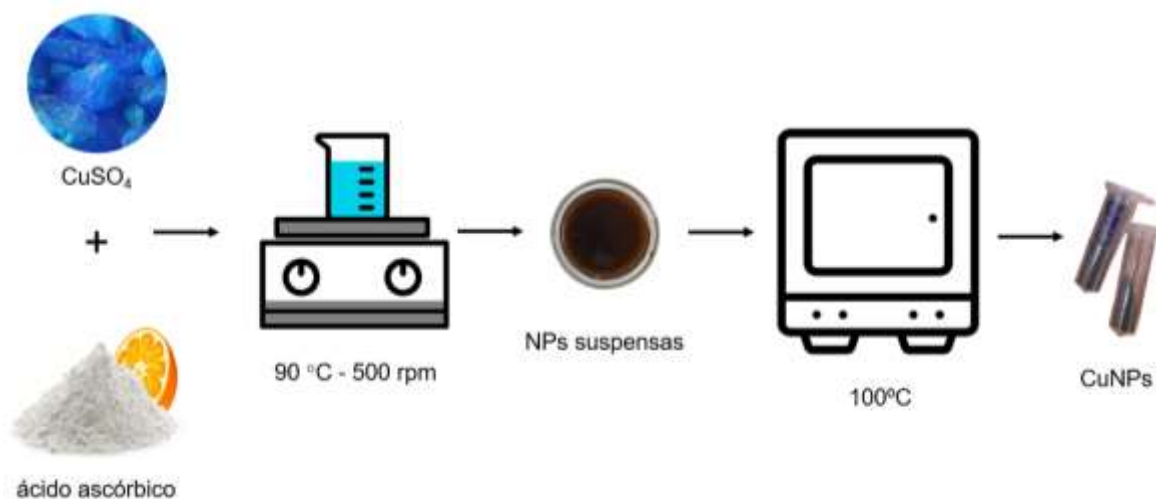
Neste contexto, o presente trabalho tem como sintetizar e caracterizar nanopartículas de cobre (CuNPs), por meio do método de biossíntese a partir ácido ascórbico da laranja, para possíveis aplicações na engenharia de tecidos.

2. METODOLOGIA

2.1 SÍNTESE DAS NANOPARTÍCULAS DE COBRE

As nanopartículas de cobre (CuNPs) foram sintetizadas pelo método de biossíntese a partir da biomolécula do ácido ascórbico, conforme adaptação da literatura (JAHAN; ERCI; ISILDAK, 2021). Assim, inicialmente foi preparado uma solução de ácido ascórbico ($C_6H_8O_6$) com água destilada, deixando-a sob agitação magnética por 10 minutos ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 400 rpm). Após, o sulfato de cobre ($CuSO_4 - 1\text{ mol L}^{-1}$) foi adicionado à solução como precursor metálico, sob agitação magnética ($90\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 500 rpm). Assim, houve a formação de uma sobrenadante de coloração marrom, oriundo do processo de redução do cobre. Por fim, o precipitado foi seco em estufa ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h). A Figura apresenta uma representação esquemático do processo de biossíntese das CuNPs.

Figura 1: Representação esquemática do processo de biossíntese das nanopartículas de cobre (CuNPs).



Fonte: Construção da Autora.

2.2 TÉCNICAS DE CARACTERIZAÇÃO

As CuNPs foram caracterizadas usando o difratômetro de raios X (DRX) da marca Bruker, modelo D2 Advance, com tubo de cobre (radiação $K_{\alpha} = 0,15418 \text{ nm}$), na faixa de 2θ de 40° a 60° (incremento de $0,05^{\circ}$ por segundo) e tensão de aceleração e corrente aplicada de 30 kV e 30 mA, respectivamente. As estruturas das amostras foram verificadas por meio da base de dados JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*). Para a determinação do tamanho médio de cristalito das CuNPs foi utilizado a equação de Scherrer, conforme a Eq. (1).

$$D = \frac{k\gamma}{\beta \cos(\theta)} \quad (1)$$

Onde:

D = diâmetro médio das partículas (nm);

k = constante que depende da forma da partícula ($k = 0,9$);

γ = comprimento de onda da radiação eletromagnética ($\lambda = 0,15418 \text{ nm}$);

Θ = ângulo de difração ($^{\circ}$);

β = largura da metade da altura da difração.

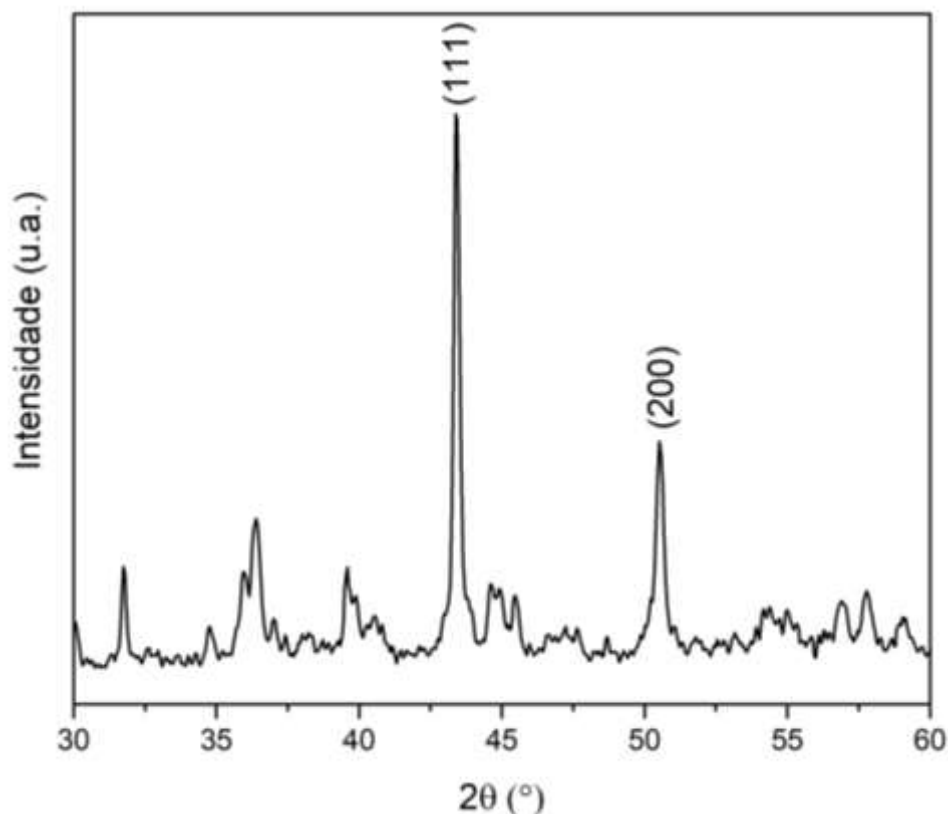
Para avaliação das características morfológicas das CuNPs foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (MEV), modelo PROX 2020 operando em 10 kV do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica de São Paulo (Poli-USP). Assim, cada amostra foi preparada pela deposição dos sólidos em fita dupla face colada em um porta-amostra de alumínio (*stubs*) e posterior metalização com ouro. A coleta de dados foi realizada de várias maneiras: bulk, pontual ou percorrendo uma linha de tendência que pode ser traçada na amostra, a ampliação da microscopia foi de 260x.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta o difratograma das CuNPs, onde foi possível identificar picos característicos das CuNPs, em $43,33^{\circ}$ e $50,52^{\circ}$, representando uma estrutura cubica de face centrada (CFC) com estruturas cristalinas de (111) e (200), respectivamente, conforme database card JCPDS 04-0784 (TU, 2019;

NASROLLAHZADEH; SAJADI; KHALAJ, 2014). Conforme a Equação de Scherrer, o tamanho médio de cristalito determinado foi 43,64 nm, tomando como base o pico de maior intensidade.

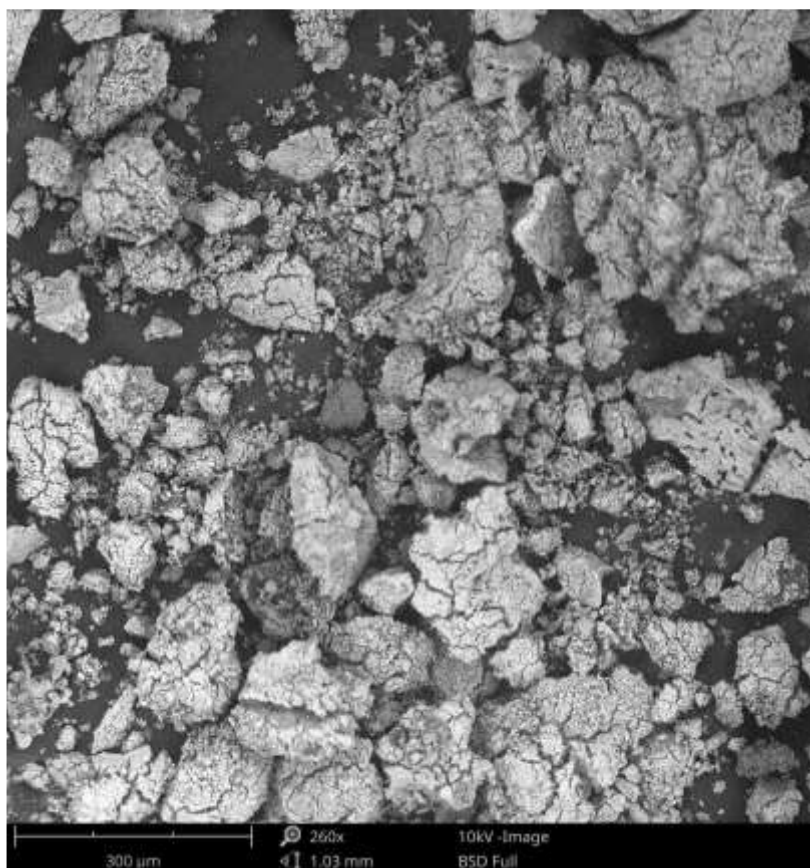
Figura 2: Difratoograma das CuNPs preparadas pelo método de biossíntese.



Fonte: Construção da Autora.

A Figura 3 apresenta as micrografias das CuNPs para a ampliação de 260x, onde foi possível verificar uma morfologia porosa, heterogênea e com pequenos aglomerados, com um tamanho médio de 4,46 μm . Mostrando aglomerados de CunP, com apresentado também na literatura (KHANNA *et al.*, 2007).

Figura 3: Micrografia das CuNPs preparadas pelo método de biossíntese.



Fonte: Construção da Autora.

4. CONCLUSÃO

Com o presente trabalho foi possível sintetizar e caracterizar nanopartículas de cobre (CuNPs) pelo método verde (biossíntese) a partir do extrato de laranja (ácido ascórbico). Sobre a caracterização, as CuNPs apresentaram picos característicos de CuNPs, com uma estrutura cubica de face centrada e tamanho médio de cristalito de 43,64 nm, comprovado pela micrografia da MEV, confirmado a efetividade do processo de biossíntese das nanopartículas. Destaca-se que se deseja avaliar citotoxicidade, a fim de avaliar seu comportamento perante as células, como também a atividade antimicrobiana das nanopartículas de cobre, para uma possível aplicação médica.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Universidade Franciscana (UFN), Programa de Pós-graduação em Nanociências e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo suporte para a realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-FATTAH, W. I.; ALI, G. W. On the anti-cancer activities of silver nanoparticles. **Journal of Applied Biotechnology & Bioengineering**, v. 5, n. 1, p. 43-46, 2018.
- BAGHAYERI, M.; MAHDAVI B.; ABADI Z. H.M.; FARHADI, S. Green synthesis of silver nanoparticles using water extract of *Salvia leriifolia*: Antibacterial studies and applications as catalysts in the electrochemical detection of nitrite. **Applied Organometallic Chemistry**, v. 32, n. 2, p. e4057-e4065, 2018.
- CHEN, H.; ROCCO, M. C. **Mapping nanotechnology innovations and knowledge: global and longitudinal patent and literature analysis**. Springer Science & Business Media, 2008.
- DASHTIZADEH, Z.; KASHI, F. J.; ASHRAFI, M. Photosynthesis of copper nanoparticles using *Prunus mahaleb* L. and its biological activity. **Materials Today Communications**, v. 27, p. 1-8, 2021.
- DORAN, J.; RYAN, G. Does nanotechnology research generate an innovation premium over other types of research? Evidence from Ireland. **Technology in Society**, v. 59, p. 1-8, 2019.
- HORIKOSHI, S.; SERPONE, N.I.C.K. Introduction to nanoparticles. In: **Microwaves in nanoparticle synthesis: fundamentals and applications**. John Wiley & Son, p. 1-24, 2013.
- ILIGER, K. S.; SOFI, T. A.; BHAT, N. A.; AHANGER, F. A.; SEKHAR J. C.; ELHENDI A. Z.; AL-HUQAIL, A. A.; KHAN, F. Copper nanoparticles: Green synthesis and managing fruit rot disease of chilli caused by *Colletotrichum capsici*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 28, n. 2, p. 1477-1486, 2021.

JAHAN, I.; ERCI, F.; ISILDAK, I. Facile microwave-mediated green synthesis of non-toxic copper nanoparticles using *Citrus sinensis* aqueous fruit extract and their antibacterial potentials. **Journal of Drug Delivery Science and Technology**, v. 61, p. 1-8, 2021.

JIANG, X.; FAN, X.; XU, W.; ZHANG, R.; WU, G. Biosynthesis of bimetallic Au-Ag nanoparticles using *Escherichia coli* and its biomedical applications. **ACS Biomaterials Science and Engineering**, v.6, n. 1, p. 680-689, 2020.

KHANNA, P. K.; GAIKWAD, S.; ADHYAPAK, P. V.; SINGH, N., MARIMUTHU, R. Synthesis and characterization of copper nanoparticles. **Materials Letters**, v. 61, n. 25, p. 4711-4714, 2007.

KONG, Y.; PARAY, B. A.; AL-SADOON M. K.; ALBESHR, M. F. Novel Green Synthesis, chemical characterization, toxicity, colorectal carcinoma, antioxidant, anti-diabetic, and anticholinergic properties of silver nanoparticles: A chemopharmacological study. **Arabian Journal of Chemistry**, v.14, p. 1-10, 2021.

LI, S. N.; WANG, R.; HO, S. H. Algae-mediated biosystems for metallic nanoparticle production: from synthetic mechanisms to aquatic environmental applications. **Journal of Hazardous Materials**, v. 420, p. 1-11, 2021.

NASROLLAHZADEH, M.; SAJADI, S. M.; KHALAJ, M. Green synthesis of copper nanoparticles using aqueous extract of the leaves of *Euphorbia esula* L and their catalytic activity for ligand-free Ullmann-coupling reaction and reduction of 4-nitrophenol. **RSC Advances**, v. 4, n. 88, p. 47313-47318, 2014.

NISAR, P.; ALI, N.; RAHMAN, L.; ALI, M.; SHINWARI, Z. K. Antimicrobial activities of biologically synthesized metal nanoparticles: an insight into the mechanism of action. **Journal of Biological Inorganic Chemistry**, v. 24, n. 7, p. 929-941, 2019.

SANKAR, RMAHESWARI, R.; KARTHIK S.; SHIVASHANGARI K. S.; RAVIKUMAR V. Anticancer activity of *Ficus religiosa* engineered copper oxide nanoparticles. **Materials Science and Engineering: C**, v. 44, p. 234-239, 2014.

SHOTOP, Y. M.; AL-SUWITI, I. N. The possible role of vitamins E and C in reducing the toxicity of copper nanoparticles in the kidney and liver of the rats (*Rattus norvegicus*). **Journal of King Saud University-Science**, v. 33, n. 2, p. 1-7, 2021.



TU, H.L. Biosynthesis, characterization and photocatalytic activity of copper/copper oxide nanoparticles produced using aqueous extract of lemongrass leaf. **Composite Materials**, v. 3, n. 1, p. 30-35, 2019.