

NANOFORMAS DE ÓXIDO DE ZINCO: SÍNTESE VERDE, CARACTERIZAÇÕES E PERSPECTIVAS

THAÍS PIRES DOS SANTOS¹; ISADORA ATRIB GARCIA²; ALINE JOANA
ROLINA WOHLMUTH ALVES DOS SANTOS³

¹Universidade Federal de Pelotas, Bacharelado em Química -
thaissantos01844@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Química (PPGQ) -
isadoraatrib@hotmail.com

³Universidade Federal de Pelotas, Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de
Alimentos (CCQFA) - allinejoana@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é a ciência que visa o desenvolvimento, produção e caracterização da matéria com o tamanho de 1 a 100 nm. Nanopartículas de óxidos metálicos podem ser obtidas por meio de vários métodos: precipitação em solução aquosa, síntese de transporte a vapor, processo hidrotérmico e método sol-gel, sendo que, o método pode interferir no tamanho da partícula (GUR *et al.*, 2022).

Nanoformas de óxido de zinco (ZnO) são versáteis em aplicações por possuírem diversas propriedades, tais como: elétricas (conduzir cargas e atuar como semicondutores), ópticas (capacidade de absorver em um certo comprimento de onda), anticorrosivas, antibacterianas e antimicrobianas. (MFON; HALL; SARUA, 2020), além de terem aplicações descritas na literatura como catalisadores, fotocatalisadores, adsorventes, proteção solar, preservação de alimentos e embalagens (KHAN *et al.*, 2023).

Autores destacam a síntese de nanoformas de ZnO empregando metodologias verdes, tais como em presença de extrato de plantas. Os extratos vegetais possuem flavonóides, glicosídeos, que são solúveis em água e apresentam a capacidade de redução e estabilização na síntese de materiais (MFON; HALL; SARUA, 2020).

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil) é uma espécie originalmente da América do Sul que ocorre, naturalmente, no Brasil, Argentina e Paraguai. (GONÇALVES; VALDUGA, 2023). Seus extratos contêm compostos fenólicos, sendo associados a atividades antioxidantes, antivirais e anti-inflamatórias (FEIHRMANN *et al.*, 2022).

Os compostos fenólicos contidos nos extratos, também são conhecidos por suas propriedades redutoras, que tem o papel da neutralização de radicais livres e quelação de metais de transição que atuam na etapa inicial de reações de oxidação. Desta forma, estes compostos agem como biorredutores na formação de óxido de zinco. (FEIHRMANN *et al.*, 2022)

Assim, o objetivo deste trabalho foi sintetizar e caracterizar nanoformas de óxido de zinco, em presença de extrato de erva-mate, na obtenção de material aditivo para formulações diversas na área de biomateriais.

2. METODOLOGIA

A síntese foi baseada em BASRI *et al.* (2020) e realizada no Laboratório de Sólidos Inorgânicos (LASIR) no Centro de Ciências Químicas, Farmacêuticas e de Alimentos (CCQFA) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEl). Partiu-se

de uma solução nitrato de zinco ($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$), em meio básico e sistema de refluxo, com a presença de extrato de erva-mate. Desta forma, a amostra de nanoformas de óxido de zinco (NZnO) nomeada de N-CE-60 foi obtida e comparada com a amostra obtida em sem a presença de extrato, nomeada de N-SE-60. BASRI *et al.* (2020) relata a síntese de nanoformas de ZnO fazendo uso de extrato de cascas de abacaxi.

O diferencial deste trabalho está no uso de extrato de erva-mate, que foi obtido segundo trabalhos do grupo (SANTOS *et al.*, 2022). Após a síntese, a amostra N-CE-60 foi calcinada em mufla à 550°C, por 2h.

Os pós brancos obtidos de óxido de zinco (ZnO) foram caracterizados por: Espectroscopia na região do Infravermelho com Transformada de Fourier e utilização do acessório de Refletância Total Atenuada (FT-IR\ATR), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS).

Análise de FT-IR\ATR foi realizada na Central Analítica (CA-CCQFA-UFPEL), em equipamento IRPrestige-2, da marca Shimadzu, em intervalo de varredura de 400 a 4000 cm^{-1} e resolução de 4 cm^{-1} . Utilizou-se o programa Origin 8.5 para o tratamento dos dados da análise.

Análises de MEV/EDS foram efetuadas no Centro de Microscopia Eletrônica da Zona Sul (CEME-Sul), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), em equipamento JSM-6610LV, da marca Jeol, acoplado à microsonda de EDS, sendo que as amostras foram preparadas utilizando recobrimento de ouro (Denton Vacuum Desk V). As micrografias foram obtidas em ampliação de 80.000 (0,2 μm), 50.000 (0,5 μm), 20.000 (1 μm) e 5.000 (5 μm) vezes. O espectro de EDS foi obtido em ampliação de 5.000 vezes para todas as amostras.

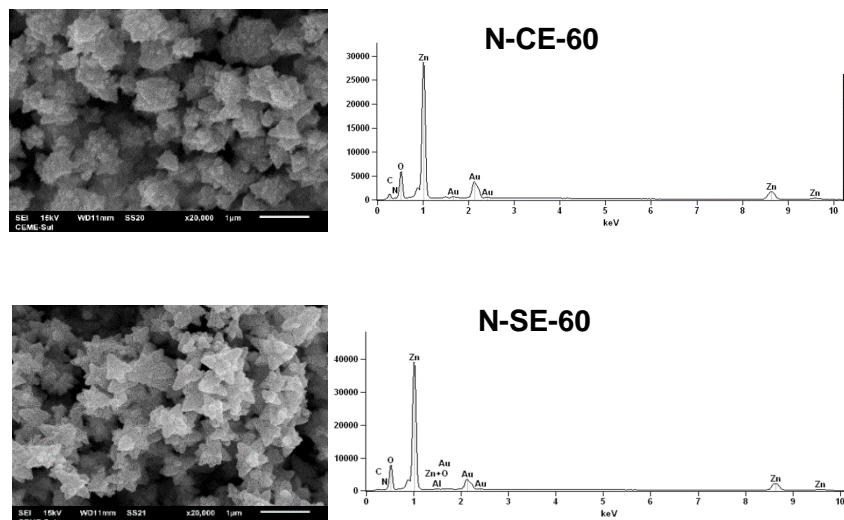
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio das micrografias em 20.000 vezes (1 μm) (Figura 1) observou-se nanoflores para as amostras N-CE-60 e N-SE-60. A literatura (BASRI *et al.*, 2020) também relata a obtenção de nanoflores, com pétalas definidas, principalmente, fazendo uso de extrato no processo de síntese. De acordo com BARZINJY; AZEEZ (2020), a presença dos compostos contidos nos extratos estabilizam as nanoformas de óxido de zinco e melhoram a formação das partículas, pela menor agregação, deixando as partículas menores e com maior área superficial.

Na análise de EDS das amostras (Figura 1) foi observada a presença de nitrogênio (N) como resquício do sal de partida nitrato, além dos principais constituintes atômicos esperados: carbono (C), oxigênio (O) e zinco (Zn) (JEBALI; COLANGELO; MERINO, 2023). A presença do constituinte Au (ouro), é devido ao preparo das amostras.

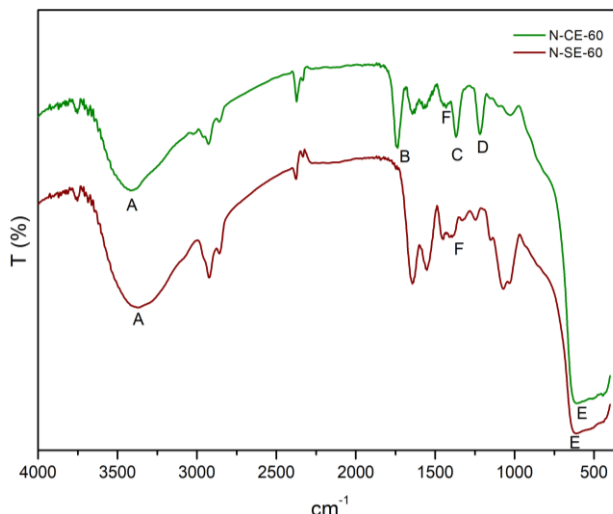
Os espectros de FT-IR/ATR (Figura 2) evidenciam bandas largas em 3412/3377 cm^{-1} devido à deformação [ν O-H] (A) referente aos grupos hidroxilas nas nanoformas e também pela presença de hidratação na amostra (RANI *et al.*, 2023). As principais diferenças entre os espectros, que indicam a amostra que foi sintetizada com presença de extrato de erva-mate (N-CE-60) são observadas em: 1772 cm^{-1} atribuído à deformação [ν C=O] (B); 1377/1370 cm^{-1} atribuído à deformação [ν C-O] (C); 1273/1270 cm^{-1} atribuído à deformação [δ OH] (D) (SANTOS *et al.*, 2022). Na região de 618 cm^{-1} foi observada uma banda forte referente à deformação [Zn-O] (E) (DEVI *et al.*, 2023). Em ambas amostras são observadas as bandas em 1410 cm^{-1} e 1398 cm^{-1} , atribuídas à deformação [ν NO_3] do grupo nitrato (F) (BARBOSA, 2007).

Figura 1- Micrografias obtidas por MEV e espectros obtidos por EDS.



Fonte: autoria própria (2024).

Figura 2- Espectros de FT-IR/ATR.



Fonte: autoria própria (2024).

4. CONCLUSÕES

O diferencial da síntese, deste trabalho, está no uso de extrato de uma planta muito consumida no estado de Rio Grande do Sul, a erva-mate. A síntese resultou em amostras de nanoflores de óxido de zinco, comprovada pelas caracterizações de microscopia eletrônica de varredura. A banda Zn-O foi evidenciada pela espectroscopia na região do infravermelho, bem como diferenças nos espectros entre as amostras N-CE-60 e N-SE-60. A espectroscopia de energia dispersiva mostrou os constituintes das amostras.

As perspectivas de utilização das nanoformas de óxido de zinco estão em formulações de biomaterias, principalmente para embalagens bioativas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BASRI, H.H. *et al.* Effect of Synthesis Temperature on the Size of ZnO Nanoparticles Derived from Pineapple Peel Extract and Antibacterial Activity of ZnO–Starch Nanocomposite Films. **Nanomaterials**, v. 10, p. 1006-1061, 2020.

BARBOSA, A.C.L. **Espectroscopia no infravermelho na caracterização de compostos orgânicos**. Universidade Federal de Viçosa. Editora UFV, 2007, 1ª edição- 3ª reimpressão, p. 13-185.

BARZINJY, A.A; AZEEZ, H.H. Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using Eucalyptus globulus Labill. leaf extract and zinc nitrate hexahydrate salt. **SN Applied Sciences**, v. 1, p. 2452-2813, 2020.

DEVI, G.K; DHANEMOZHI, C.A; PRIYA, S.L. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using lemon extract for waste water treatment. **Materials Today: Proceedings**, v. 5, 2214-7853, abr. 2023.

FEIHRMANN, C.A. *et al.* Effect of replacing a synthetic antioxidant for natural extract of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) on the physicochemical characteristics, sensory properties, and gastrointestinal digestion in vitro of burgers. **Food Chemistry Advances**, v. 1, p. 100130–100130, 1 out. 2022.

GONÇALVES, L.I; VALDUGA, T.L. Trends in *Ilex paraguariensis* researches: a bibliometric analysis. **Journal of Ethnic Foods**, v. 10, p. 1-10, 27 jul. 2023.

GUR, T. *et al.* Green synthesis, characterization and bioactivity of biogenic zinc oxide nanoparticles. **Environmental Research**, v. 204, p. 111-897, mar. 2022.

JEBALI, M; COLANGELO, G; MERINO, G. I. A. Green Synthesis, Characterization, and Empirical Thermal Conductivity Assessment of ZnO Nanofluids for High-Efficiency Heat-Transfer Applications. **Materials**, v. 16, p. 1542-1604, 2023.

KHAN, A.U. *et al.* Biosynthesis, and characterization of Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) obtained from the extract of waste of strawberry. **Journal of Umm Al-Qura University for Applied Sciences**, v. 9, n. 3, p. 268–275, 20 mar. 2023.

MFON, R. E; HALL, S. R.; SARUA, A. Effect of *Ocimum gratissimum* plant leaf extract concentration and annealing temperature on the structure and optical properties of synthesized zinc oxide nanoparticles. **EDUCATUM Journal of Science, Mathematics And Technology**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 31 jan. 2020.

RANI, N. *et al.* Characterization and investigation of antioxidant and antimicrobial activity of zinc oxide nanoparticles prepared using leaves extract of *Nyctanthes arbor-tristis*. **Inorganic Chemistry Communications**, v. 150, p. 110516–110516, 1 abr. 2023.

SANTOS, A.J.R.W.A. *et al.* Obtenção e caracterização de extratos de erva-mate e canela. In: BARBOSA, M.S.; SILVA, A.T.B.; MELLO, R.G. (org.). In: **Ciências Exatas e Inovação: perspectivas de desenvolvimento e aplicação em sociedade**. 2. ed. Rio de Janeiro/RJ: E-Publicar, 2022. Cap. 5. p. 64-80.