



Relatório do Software Anti-plágio CopySpider

Para mais detalhes sobre o CopySpider, acesse: <https://copyspider.com.br>

Instruções

Este relatório apresenta na próxima página uma tabela na qual cada linha associa o conteúdo do arquivo de entrada com um documento encontrado na internet (para "Busca em arquivos da internet") ou do arquivo de entrada com outro arquivo em seu computador (para "Pesquisa em arquivos locais"). A quantidade de termos comuns representa um fator utilizado no cálculo de Similaridade dos arquivos sendo comparados. Quanto maior a quantidade de termos comuns, maior a similaridade entre os arquivos. É importante destacar que o limite de 3% representa uma estatística de semelhança e não um "índice de plágio". Por exemplo, documentos que citam de forma direta (transcrição) outros documentos, podem ter uma similaridade maior do que 3% e ainda assim não podem ser caracterizados como plágio. Há sempre a necessidade do avaliador fazer uma análise para decidir se as semelhanças encontradas caracterizam ou não o problema de plágio ou mesmo de erro de formatação ou adequação às normas de referências bibliográficas. Para cada par de arquivos, apresenta-se uma comparação dos termos semelhantes, os quais aparecem em vermelho.

Veja também:

[Analisando o resultado do CopySpider](#)

[Qual o percentual aceitável para ser considerado plágio?](#)



Versão do CopySpider: 2.2.2
 Relatório gerado por: george.andrade@ufes.br
 Modo: web / normal

Arquivos	Termos comuns	Similaridade
Teixeira_Sequines.docx X https://www.nature.com/articles/s41598-020-79993-6	18	0,22
Teixeira_Sequines.docx X https://pt.wikipedia.org/wiki/Celulose	7	0,19
Teixeira_Sequines.docx X https://cienciasnaturais.saomateus.ufes.br/docentes	5	0,18
Teixeira_Sequines.docx X https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4123626/mod_resource/content/2/aula_8_propriedades_do_papel.pdf	5	0,18
Teixeira_Sequines.docx X https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1034962/1/doc18.pdf	15	0,17
Teixeira_Sequines.docx X https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7463929	24	0,13
Teixeira_Sequines.docx X https://www.nature.com/articles/s41572-022-00377-3	15	0,07
Teixeira_Sequines.docx X https://medicalsuite.einstein.br/SiteAssets/Lists/Noticias/TodosSemCorpo/carta(1).pdf	2	0,07
Teixeira_Sequines.docx X https://www.thehealthfeed.com/healthy-living/how-to-make-wounds-heal-faster?utm_content=params%3Ao%3D1668962%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&ueid=63b43a99-8dad-45e3-ba81-0c2efc0b316a	0	0,00

Arquivos com problema de download

https://www.reference.com/world-view/humans-energy-14ea640dbf74095c?utm_content=params%3Ao%3D740005%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&ueid=a5ee09cd-54c4-4705-9295-457be3a815a2	Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). HTTP response code: 200 - Server returned HTTP response code: 403 for URL: https://www.reference.com/world-view/humans-energy-14ea640dbf74095c?utm_content=params%3Ao%3D740005%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&ueid=a5ee09cd-54c4-4705-9295-457be3a815a2
https://www.reference.com/world-view/ingredients-silvasorb-gel-324b7b00807f5a84?utm_content=params%3Ao%3D740005%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&ueid=1e517dea-4e8f-4a55-b1a1-e4a581a809ef	Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Erro: Parece que o documento não existe ou não pode ser acessado. HTTP response code: 403 - Server returned HTTP response code: 403 for URL: https://www.reference.com/world-view/ingredients-silvasorb-gel-324b7b00807f5a84?utm_content=params%3Ao%3D740005%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&ueid=1e517dea-4e8f-4a55-b1a1-e4a581a809ef



<https://www.bayer.com/sites/default/files/2020-11/Ciproxina.pdf>

Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Erro: Parece que o documento não existe ou não pode ser acessado. HTTP response code: 403 - Server returned HTTP response code: 403 for URL:
<https://www.bayer.com/sites/default/files/2020-11/Ciproxina.pdf>

https://www.researchgate.net/publication/348461824_Silver_decorated_CeO2_nanoparticles_for_rapid_photocatalytic_degradation_of_textile_rose_bengal_dye

Não foi possível baixar o arquivo. É recomendável baixar o arquivo manualmente e realizar a análise em conluio (Um contra todos). - Index 30 out of bounds for length 30

=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Arquivo 2: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-79993-6> (5850 termos)

Termos comuns: 18

Similaridade: 0,22%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento <https://www.nature.com/articles/s41598-020-79993-6> (5850 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

¹ ² ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacterial; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na



utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques



biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraído tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea

se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>



1A1B

1C1D

Disco Composição Escrericchia coli Staphyococcus aureus

1 Papel filtro + CeO2 Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO2/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO2/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO2/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Arquivo 2: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Celulose> (1455 termos)

Termos comuns: 7

Similaridade: 0,19%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento <https://pt.wikipedia.org/wiki/Celulose> (1455 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

¹ ² ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacteriana; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras **para o tratamento de feridas cutâneas** tem sido intensificada, com foco principal na



utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques



biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo Escherichia coli (Gram-negativas) e Staphylococcus aureus (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra E. coli. Já o S. aureus apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraído tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) Escherichia coli; (B) Staphylococcus aureus; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea

se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>



1A1B

1C1D

Disco Composição Escrericchia coli Staphyococcus aureus

1 Papel filtro + CeO2 Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO2/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO2/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO2/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Arquivo 2: [https://cienciasnaturais.saomateus.ufes.br/docentes \(673 termos\)](https://cienciasnaturais.saomateus.ufes.br/docentes)

Termos comuns: 5

Similaridade: 0,18%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

[https://cienciasnaturais.saomateus.ufes.br/docentes \(673 termos\)](https://cienciasnaturais.saomateus.ufes.br/docentes)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, **Carla da Silva Meireles²**, & **George Ricardo Santana Andrade^{3*}**

^{1 2 3} **Universidade Federal do Espírito Santo**, Centro Universitário Norte **do Espírito Santo**

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacterial; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na



utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques



biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraído tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea

se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>



1A1B

1C1D

Disco Composição Escrericchia coli Staphyococcus aureus

1 Papel filtro + CeO₂ Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO₂/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO₂/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO₂/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Arquivo 2: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4123626/mod_resource/content/2/aula_8_propriedades do papel.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4123626/mod_resource/content/2/aula_8_propriedades_do_papel.pdf) (658 termos)

Termos comuns: 5

Similaridade: 0,18%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4123626/mod_resource/content/2/aula_8_propriedades do papel.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4123626/mod_resource/content/2/aula_8_propriedades_do_papel.pdf) (658 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

^{1 2 3} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacterial; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando



diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.



INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO₂) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO₂ utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção **na região do UV-vis** da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO₂/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO₂/Ag, utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO₂ foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO₂, utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO₂ e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando **uma lâmpada de luz negra** (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia **na região do UV-vis**.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um **processo de branqueamento** com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A **quantidade de lignina** foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e CeO₂/AgNANO foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de CeO₂/AgNANO. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo Staphylococcus aureus e Escherichia coli foram espalhadas em estrias em placas

de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraído tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem

que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new



generation of wound dressings: A review. International Journal of Biological Macromolecules, 253, 127249.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>

1A1B

1C1D

DiscoComposiçãoEscherichia coliStaphyococcus aureus

1Papel filtro + CeO₂ResistenteResistente

2Celulose (polpa)ResistentePouco sensível (7 mm)

3Celulose (polpa) + CeO₂/AgNANOResistenteResistente

4Celulose (bagaço) + CeO₂/AgNANOResistentePouco sensível (11 mm)

5Celulose (Bagaço)Pouco sensível (7 mm)Pouco sensível (13 mm)

6Papel filtro + CeO₂/AgNANO Pouco sensível (7 mm)Resistente

CentralCiprofloxacinaSensível (31 mm)-----

CentralOxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Arquivo 2: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1034962/1/doc18.pdf> (6559 termos)

Termos comuns: 15

Similaridade: 0,17%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1034962/1/doc18.pdf> (6559 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

^{1 2 3} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacteriana; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, **a busca por**

estratégias inovadoras para o **tratamento de** feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos **por meio de** técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados **a partir de** membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados **a partir de** membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO



Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, **a busca por** materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO₂) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO₂ utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO₂/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO₂/Ag, utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO₂ foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO₂, utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO₂ e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida **do bagaço de cana-de-açúcar** in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida **a um processo de branqueamento** com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e CeO₂/AgNANO foram preparados pelo método de casting através da solubilização **da celulose em uma solução** ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de CeO₂/AgNANO. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo Staphylococcus aureus e Escherichia coli foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação

por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraída tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) **Padrão de difração** da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o

bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249.



<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>

1A1B

1C1D

Disco Composição Escreri *Escherichia coli* *Staphyococcus aureus*

1 Papel filtro + CeO₂ Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO₂/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO₂/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO₂/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Arquivo 2: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7463929> (16204 termos)

Termos comuns: 24

Similaridade: 0,13%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7463929> (16204 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

¹ ² ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacterial; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na



utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques



biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraído tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea

se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>



1A1B

1C1D

Disco Composição Escrericchia coli Staphyococcus aureus

1 Papel filtro + CeO₂ Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO₂/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO₂/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO₂/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Arquivo 2: <https://www.nature.com/articles/s41572-022-00377-3> (17025 termos)

Termos comuns: 15

Similaridade: 0,07%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento <https://www.nature.com/articles/s41572-022-00377-3> (17025 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

¹ ² ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacterial; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na



utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques

biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraído tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea

se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). **Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics.** *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>



1A1B

1C1D

Disco Composição Escrericchia coli Staphyococcus aureus

1 Papel filtro + CeO2 Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO2/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO2/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO2/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)

=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Arquivo 2: [https://medicalsuite.einstein.br/SiteAssets/Lists/Noticias/Todos Sem Corpo/carta \(1\).pdf](https://medicalsuite.einstein.br/SiteAssets/Lists/Noticias/Todos Sem Corpo/carta (1).pdf) (570 termos)

Termos comuns: 2

Similaridade: 0,07%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx \(2078 termos\)](#)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento

[https://medicalsuite.einstein.br/SiteAssets/Lists/Noticias/Todos Sem Corpo/carta \(1\).pdf](https://medicalsuite.einstein.br/SiteAssets/Lists/Noticias/Todos Sem Corpo/carta (1).pdf) (570 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

¹ ² ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacteriana; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO

A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por



estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3), 01-06.

INTRODUÇÃO



Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes, esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação

por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e **aumento da sua** energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraída tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o

bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227, 109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>
- Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249.



<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>

1A1B

1C1D

Disco Composição Escreri *Escherichia coli* *Staphyococcus aureus*

1 Papel filtro + CeO₂ Resistente Resistente

2 Celulose (polpa) Resistente Pouco sensível (7 mm)

3 Celulose (polpa) + CeO₂/AgNANO Resistente Resistente

4 Celulose (bagaço) + CeO₂/AgNANO Resistente Pouco sensível (11 mm)

5 Celulose (Bagaço) Pouco sensível (7 mm) Pouco sensível (13 mm)

6 Papel filtro + CeO₂/AgNANO Pouco sensível (7 mm) Resistente

Central Ciprofloxacina Sensível (31 mm)-----

Central Oxacilina-----Sensível (22 mm)



=====

Arquivo 1: [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Arquivo 2: https://www.thehealthfeed.com/healthy-living/how-to-make-wounds-heal-faster?utm_content=params%3Ao%3D1668962%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&uid=63b43a99-8dad-45e3-ba81-0c2efc0b316a (1042 termos)

Termos comuns: 0

Similaridade: 0,00%

O texto abaixo é o conteúdo do documento [Teixeira_Sequines.docx](#) (2078 termos)

Os termos em vermelho foram encontrados no documento https://www.thehealthfeed.com/healthy-living/how-to-make-wounds-heal-faster?utm_content=params%3Ao%3D1668962%26ad%3DdirN%26qo%3DserpIndex&uid=63b43a99-8dad-45e3-ba81-0c2efc0b316a (1042 termos)

=====

NANOCOMPÓSITOS HÍBRIDOS BASEADOS EM CeO₂, AgNANO E CELULOSE: PREPARAÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E ESTUDO ANTIMICROBIANO

HYBRID NANOCOMPOSITES BASED ON CeO₂, AgNANO AND CELLULOSE: PREPARATION, CHARACTERIZATION AND ANTIMICROBIAL STUDY

NANOCOMPOSITOS HÍBRIDOS A BASE DE CeO₂, AgNANO Y CELULOSA: PREPARACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ESTUDIO ANTIMICROBIANO

Gustavo Teixeira Macado¹, Carla da Silva Meireles², & George Ricardo Santana Andrade^{3*}

¹ ² ³ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

¹ gustavo.teixeira@ufes.br ² carla.meireles@ufes.br ^{3*} george.andrade@ufes.br

<https://doi.org/10.47456/bjpe.v8i4.37896>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol. X, N.º Y, p. aa-bb. (ano). Editora CEUNES /DETEC.

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE>

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Compartilha Igual 4.0 Internacional. Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Editora UFES/CEUNES /DETEC. ISSN: 2447-5580

ARTIGO INFO.

Recebido:

Aprovado:

Disponibilizado:

Palavras-chave: Nanomateriais; Atividade antibacteriana; Curativos de pele.

Keywords: Nanomaterials; Antibacterial activity; Skin dressings.

palabras clave: Nanomateriales; Actividad antibacteriana; Apósitos para la piel.

*Autor Correspondente: Autor, Sobrenome abreviado.

RESUMO



A cicatrização de feridas é foco de inúmeros estudos na literatura, uma vez que a exposição de ferimentos ou lesões na pele torna o organismo suscetível a ataques biológicos, como bactérias e fungos, afetando diretamente a qualidade de vida e os sistemas de saúde em diversas esferas. Nesse contexto, a busca por estratégias inovadoras para o tratamento de feridas cutâneas tem sido intensificada, com foco principal na utilização de biomateriais. A utilização da celulose como matriz polimérica, incorporando óxido de cério (CeO₂) e nanopartículas de prata (AgNANO), oferece ao biocurativo propriedades curativas, como atividade antioxidante e antibacteriana, respectivamente. Estudos conduzidos por meio de técnicas como UV-vis e DRX revelaram que a energia de bandgap das nanopartículas de CeO₂ é de aproximadamente 2,98 eV, com uma geometria de cristalito do tipo fluorita de simetria cúbica e um diâmetro médio de 6,64 nm. O teor de lignina, determinado pelo método de Klason, foi de 3,1%. Discos preparados a partir de membranas de celulose puras e impregnadas com NPs CeO₂/AgNANO demonstraram atividade antimicrobiana contra bactérias como *S. aureus* e *E. coli*.

ABSTRACT

Wound healing is the focus of numerous studies in the literature, since the exposure of wounds or lesions to the skin makes the body susceptible to biological attacks, such as bacteria and fungi, directly affecting the quality of life and health systems in different spheres. In this context, the search for innovative strategies for the treatment of skin wounds has been intensified, with a main focus on the use of biomaterials. The use of cellulose as a polymeric matrix, incorporating cerium oxide (CeO₂) and silver nanoparticles (AgNANO), offers the biodressing healing properties, such as antioxidant and antibacterial activity, respectively. Studies conducted using techniques such as UV-vis and XRD revealed that the bandgap energy of CeO₂ nanoparticles is approximately 2.98 eV, with a fluorite-type crystallite geometry of cubic symmetry and an average diameter of 6.64 nm. The lignin amount was 3.1%. Discs prepared from pure cellulose and membranes impregnated with CeO₂/AgNANO NPs demonstrated antimicrobial activity against bacteria such as *S. aureus* and *E. coli*.

RESUMEN

La cicatrización de heridas es foco de numerosos estudios en la literatura, ya que la exposición de heridas o lesiones en la piel hace que el organismo sea susceptible a ataques biológicos, como bacterias y hongos, afectando directamente la calidad de vida y los sistemas de salud en diferentes ámbitos. En este contexto, se ha intensificado la búsqueda de estrategias innovadoras para el tratamiento de heridas cutáneas, con especial foco en el uso de biomateriales. El uso de celulosa como matriz polimérica, incorporando óxido de cerio (CeO₂) y nanopartículas de plata (AgNANO), ofrece al bioapósito propiedades curativas, como actividad antioxidante y antibacteriana, respectivamente. Estudios realizados utilizando técnicas como UV-vis y XRD revelaron que la energía de banda prohibida de las nanopartículas de CeO₂ es de aproximadamente 2,98 eV, con una geometría de cristalito tipo fluorita de simetría cúbica y un diámetro promedio de 6,64 nm. El contenido de lignina, determinado según el método Klason, fue del 3,1%. Los discos preparados a partir de membranas de celulosa pura impregnadas con NP de CeO₂/AgNANO demostraron actividad antimicrobiana contra bacterias como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

8

6

Citação (APA): Autor1, Autor2, & Autor3. (2023). Título. Brazilian Journal of Production Engineering, 9(3),



01-06.

INTRODUÇÃO

Ferimentos ou lesões expostas prejudicam a integridade da pele, tornando-a susceptível a ataques biológicos, tais como bactérias e fungos. Desse modo, a busca por materiais e compostos, que em conjunto possam favorecer a proliferação e a remodelação do tecido afetado, tem sido elevada, tornando uma área emergente na Ciência de Materiais e na Medicina Regenerativa (Zarei & Hassanzadeh-Tabrizi, 2023). Os materiais celulósicos podem ser amplamente utilizados como matriz polimérica para ancoragem de materiais bioativos, devido ao seu baixo custo e sua boa adesão em diferentes tipos de topografias (Ma et al., 2023; C. Yang et al., 2024). Infecções bacterianas e elevada produção de espécies reativas de oxigênio (EROs) estão dentre as complicações mais comuns em ferimentos, logo, a incorporação de nanopartículas (NPs) de óxido de Cério (CeO_2) e de prata (AgNANO) na matriz, pode garantir ao curativo propriedades antioxidantes e antibacteriana (Grizzo et al., 2023; Z. Yang et al., 2021).

Esse trabalho tem como objetivo a preparação dos nanocristais de CeO_2 utilizando um método hidrotérmico, assim como a caracterização dessa amostra por difração de raios X (DRX), calculando, pela equação de Scherrer, o tamanho médio do cristalito a partir do pico de maior intensidade, além da observação da absorção na região do UV-vis da amostra no estado sólido. Ademais, tem-se a preparação dos sistemas nanoestruturados de CeO_2/Ag por fotodeposição e a obtenção da celulose para posterior uso como matriz de ancoragem das nanopartículas. Avaliou-se também o teor de lignina, através do método lignina de Klason, assim como a atividade antimicrobiana dos filmes de celulose com NPs de CeO_2/Ag , utilizando o método de difusão em disco.

METODOLOGIA

Preparação das amostras

Os nanocristais de CeO_2 foram preparados através de uma adaptação do método hidrotérmico reportado por Lei et al. (Lei et al., 2015). Já a preparação das AgNANO in situ na superfície dos nanocristais de CeO_2 , utilizou-se um método da fotodeposição descrito previamente na literatura (Andrade et al., 2017). Neste método, a suspensão aquosa de CeO_2 e nitrato de prata foi irradiada com luz UV utilizando uma lâmpada de luz negra (365 nm). As amostras foram caracterizadas por DRX e Espectroscopia na região do UV-vis.

A celulose utilizada neste trabalho foi obtida do bagaço de cana-de-açúcar in natura. 20g do bagaço, triturado e seco, foram colocados sob refluxo com 300 mL de HCl 1%(v/v) durante 1 hora, a 70 °C. Após, o material passou por um tratamento sob refluxo com 300 mL de solução de NaOH 1 mol/L por 1 hora a 90 °C. Em seguida, a mistura foi submetida a um processo de branqueamento com peróxido de hidrogênio 15% (pH ajustado em 11) a 50°C durante 1 h. Por fim, o material foi filtrado e seco em estufa por 3 h a aproximadamente 100 °C. A quantidade de lignina foi mensurada pelo método lignina de Klason (EMBRAPA, 2011).

Os filmes baseados em celulose e $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$ foram preparados pelo método de casting através da solubilização da celulose em uma solução ternária de NaOH, Tiourea e água destilada (5/6/89% m/m, respectivamente) e adição de uma quantidade conhecida de $\text{CeO}_2/\text{AgNANO}$. Em seguida, realizou-se o espalhamento do gel em placa de petri, onde permaneceu até a secagem.

Estudo da atividade antimicrobiana

Para este estudo, adotou-se o teste de difusão em disco de Bauer et al. (Bauer et al., 1966). Os filmes,

esterilizados sob radiação UV, foram cortados em discos de 6 mm de diâmetro. Em seguida, culturas de microorganismos do tipo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* foram espalhadas em estrias em placas de petri e os discos dos filmes foram adicionados às cada placa contendo as bactérias. Após incubação por 24 horas a 37 °C, mediu-se os diâmetros da zona de inibição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os nanocristais de CeO₂ foram caracterizadas pela espectroscopia de absorção no UV-vis e DRX. A partir do valor máximo de absorção da amostra (ver Figura 1A), calculou-se o valor de bandgap, estimado em, aproximadamente, 2,98 eV. Este resultado sugere que houve a diminuição do tamanho da partícula e aumento da sua energia de bandgap ao comparar com sua forma macrocristalina (Fudala et al., 2022; Nath et al., 2022). As análises de DRX (ver Figura 1B) mostraram a presença de uma fase de CeO₂ com simetria cúbica (JCPDS 43-1002). Nota-se picos de difração largos e de baixa intensidade que, junto com os resultados de espectroscopia no UV-vis, sugerem um material nanoestruturado. O tamanho médio do cristalito, estimado pela equação de Scherrer, foi de 6,64 nm. As nanopartículas de prata foram preparadas in situ nas nanoestruturas de CeO₂, onde os íons Ag⁺, adsorvidos na superfície, sofreram redução, alterando a cor original da suspensão do CeO₂ (ver Figura 1C), indicando a formação das AgNANO, como reportado previamente na literatura (Murugadoss et al., 2021). O teor de lignina do biopolímero foi determinado a partir da massa da lignina insolúvel em meio ácido, obtendo o valor de 3,1%. O material foi submetido a um tratamento ácido e posteriormente básico, visando desmembrar o complexo ligninacelulose-poliose e facilitar o acesso a suas regiões cristalinas, respectivamente. A análise da atividade antibacteriana foi realizada com colônias de bactérias do tipo *Escherichia coli* (Gram-negativas) e *Staphylococcus aureus* (Gram-positivas). Essas cepas bacterianas foram escolhidas por serem patógenos comumente encontradas em casos de infecções secundárias em ferimentos de pele (Naskar & Kim, 2020). Os resultados deste estudo estão disponíveis na Figura 1D e no Quadro 1. Como pode ser observado, os discos feitos apenas com o material celulósico extraído do bagaço da cana-de-açúcar, apresentaram inibição em ambas bactérias. O papel filtro impregnado com o composto híbrido CeO₂/AgNANO apresentou fraca ação antibacteriana, e apenas contra *E. coli*. Já o *S. aureus* apresentou sensibilidade contra os discos feitos com celulose extraída tanto do bagaço e da polpa, além do disco que continha CeO₂/AgNANO ancorados na celulose extraída do bagaço da cana-de-açúcar.

Figura 1. A) Espectro de absorção no UV-vis da amostra CeO₂; B) Padrão de difração da amostra CeO₂; C) Fotografias as amostras CeO₂/AgNANO D) Fotografia das placas de petri utilizadas no teste de atividade antibacteriana. (A) *Escherichia coli*; (B) *Staphylococcus aureus*; (1) papel filtro com CeO₂; (2) celulose (polpa); (3) celulose (polpa) com CeO₂/AgNANO; (4) celulose (bagaço) com CeO₂/AgNANO; (5) celulose (bagaço); (6) papel filtro com CeO₂/AgNANO.

Fonte: Autor (2023).

Quadro 1. Quadro de resultados da avaliação antibacteriana.

Fonte: Autor (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No geral, os dados obtidos pela caracterização por DRX e UV-vis sugerem que as partículas de CeO₂ foram satisfatoriamente preparadas por um método hidrotermal simples. Os resultados também sugerem que a geometria do CeO₂ é do tipo fluorite de simetria cúbica, com tamanhos estimados de 6,6 nm e o bandgap das 2,98 eV. O teor de lignina presente na amostra de biopolímero foi de 3,1%. NaOH e tiourea se mostraram ótimos solventes estabilizantes. Finalmente, os ensaios de atividade antimicrobiana indicaram que os discos de celulose impregnados com CeO₂/AgNANO, nas condições de concentração estudadas, mostraram pouca sensibilidade contra as cepas de *E. coli* e *S. aureus*.

REFERÊNCIAS

- Andrade, G. R. S., Nascimento, C. C., Lima, Z. M., Teixeira-Neto, E., Costa, L. P., & Gimenez, I. F. (2017). Star-shaped ZnO/Ag hybrid nanostructures for enhanced photocatalysis and antibacterial activity. *Applied Surface Science*, 399, 573-582. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.202>
- Bauer, A. W., Kirby, W. M., Sherris, J. C., & Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American Journal of Clinical Pathology*, 45(4), 493-496.
- EMBRAPA. (2011). Procedimento para análise lignocelulósica. - Portal Embrapa. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/900898/procedimento-para-analise-lignocelulosica>
- Fudala, A. S., Salih, W. M., & Alkazaz, F. F. (2022). Synthesis different sizes of cerium oxide CeO₂ nanoparticles by using different concentrations of precursor via sol-gel method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 2786-2792. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.452>
- Grizzo, A., dos Santos, D. M., da Costa, V. P. V., Lopes, R. G., Inada, N. M., Correa, D. S., & Campana-Filho, S. P. (2023). Multifunctional bilayer membranes composed of poly(lactic acid), beta-chitin whiskers and silver nanoparticles for wound dressing applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 251, 126314. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.126314>
- Lei, W., Zhang, T., Gu, L., Liu, P., Rodriguez, J. A., Liu, G., & Liu, M. (2015). Surface-Structure Sensitivity of CeO₂ Nanocrystals in Photocatalysis and Enhancing the Reactivity with Nanogold. *ACS Catalysis*, 5(7), 4385-4393. <https://doi.org/10.1021/acscatal.5b00620>
- Ma, L., Jiang, W., Xun, X., Liu, M., Han, X., Xie, J., Wang, M., Zhang, Q., Peng, Z., & Ao, H. (2023). Homogeneous silver nanoparticle loaded polydopamine/polyethyleneimine-coated bacterial cellulose nanofibers for wound dressing. *International Journal of Biological Macromolecules*, 246, 125658. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125658>
- Murugadoss, G., Kumar, D. D., Kumar, M. R., Venkatesh, N., & Sakthivel, P. (2021). Silver decorated CeO₂ nanoparticles for rapid photocatalytic degradation of textile rose bengal dye. *Scientific Reports*, 11(1), 1080. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79993-6>
- Naskar, A., & Kim, K. (2020). Recent Advances in Nanomaterial-Based Wound-Healing Therapeutics. *Pharmaceutics*, 12(6), Artigo 6. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12060499>
- Nath, M. P., Biswas, S., Nath, P., & Choudhury, B. (2022). Synergy of Adsorption and Plasmonic Photocatalysis in the Au/CeO₂ Nanosystem: Experimental Validation and Plasmonic Modeling. *Langmuir*, 38(24), 7628-7638. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.2c01056>
- Yang, C., Zhu, Y., Tian, Z., Zhang, C., Han, X., Jiang, S., Liu, K., & Duan, G. (2024). Preparation of nanocellulose and its applications in wound dressing: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254, 127997. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127997>
- Yang, Z., Ren, X., & Liu, Y. (2021). N-halamine modified ceria nanoparticles: Antibacterial response and accelerated wound healing application via a 3D printed scaffold. *Composites Part B: Engineering*, 227,



109390. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109390>

Zarei, N., & Hassanzadeh-Tabrizi, S. A. (2023). Alginate/hyaluronic acid-based systems as a new generation of wound dressings: A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127249.

<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127249>

1A1B

1C1D

DiscoComposiçãoEscreRichia coliStaphyococcus aureus

1Papel filtro + CeO2ResistenteResistente

2Celulose (polpa)ResistentePouco sensível (7 mm)

3Celulose (polpa) + CeO2/AgNANOResistenteResistente

4Celulose (bagaço) + CeO2/AgNANOResistentePouco sensível (11 mm)

5Celulose (Bagaço)Pouco sensível (7 mm)Pouco sensível (13 mm)

6Papel filtro + CeO2/AgNANOPouco sensível (7 mm)Resistente

CentralCiprofloxacinaSensível (31 mm)-----

CentralOxacilina-----Sensível (22 mm)