



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**E AMBIENTAIS – FCBA**  
**BIOTECNOLOGIA BACHARELADO**



---

**Ana Thais Senger e Mariana Carvalho Sturaro**

**Síntese sonoquímica associada a agitação mecânica de nanopartículas de óxido de cério e óxido de cério dopado com zinco ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2/\text{Ce}$  e  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ ) e suas propriedades antimicrobianas**

Orientador: Prof, Dr. Thiago Sequinel

**Dourados/MS**  
**2022**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**E AMBIENTAIS – FCBA**  
**BIOTECNOLOGIA BACHARELADO**



---

**Ana Thais Senger e Mariana Carvalho Sturaro**

**Síntese sonoquímica associada a agitação mecânica de nanopartículas de óxido de cério e óxido de cério dopado com zinco ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2/\text{Ce}$  e  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ ) e suas propriedades antimicrobianas**

Trabalho de conclusão de curso III apresentado como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Biotecnologia à Universidade Federal da Grande Dourados.  
Orientador: Prof. Dr. Thiago Sequinel

**Dourados/MS**  
**2022**



---

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução .....</b>	<b>6</b>
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>11</b>
<b>3. Metodologia .....</b>	<b>12</b>
3.1 Síntese dos óxidos.....	12
3.1.1 Síntese de óxido de cério .....	12
3.1.1 Síntese de óxido de cério dopado com zinco .....	13
3.2 Caracterização estrutural.....	16
3.3 Teste de concentração inibitória mínima .....	16
<b>4. Resultados e discussão .....</b>	<b>19</b>
4.1 Síntese dos óxidos.....	19
4.2 Análises realizadas a partir do DRX.....	21
4.3 Teste de concentração inibitória mínima .....	22
<b>5. Conclusão.....</b>	<b>24</b>
<b>6. Sugestão de trabalhos futuros.....</b>	<b>25</b>
<b>7. Referências.....</b>	<b>26</b>



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



---

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, por nos ajudar com todas as oportunidades que nos proporcionou, e por sua infinita bondade.

Agradecemos às nossas famílias por sempre nos apoiarem e acreditarem nos nossos sonhos e nos oferecer todo o apoio necessário para realizá-los.

Agradecemos a todos os nossos amigos que participaram desta jornada conosco, deixando-a mais leve e descontraída.

Agradecemos ao professor orientador, Thiago Sequinel, pelo auxílio com as experimentações, pelo esclarecimento de dúvidas, pela paciência e por toda sua dedicação como docente.

Agradecemos aos meus colegas de pesquisa do laboratório LMCA e do laboratório LPCS, Grazielle, Lennon, Julia, Bruno por nos auxiliarem durante este processo.

Agradecemos ao programa PIVIC por ter incentivado a realização deste trabalho.

Agradecemos a Universidade Federal da Grande Dourados, a Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, a Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia e a todos os nossos professores ao longo do caminho por terem facilitado o nosso acesso ao conhecimento que hoje carregamos e que foram essenciais para a nossa chegada até aqui.

*“A vitalidade é demonstrada não apenas pela persistência, mas pela capacidade de começar de novo.”*

(F. Scott Fitzgerald)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



---

## RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de estudar a rota de síntese e as propriedades antibacterianas do óxido de cério puro e dopado com zinco ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ ). A síntese foi baseada na reação de precipitação química a partir de solução contendo os íons metálicos de cério e de zinco e, então, dirigida para banho ultrassônico com agitação mecânica, variando-se adição de água destilada. O diferencial da metodologia utilizada neste trabalho é o tempo e o custo energético de síntese, visto que o pó foi obtido em 18 minutos de síntese, com uma temperatura de apenas 50 °C. Então, com os pós obtidos foram realizadas análises de cristalinidade, pureza e da morfologia do material, através da técnica de difração de raios X, com a qual se observou as fases cerâmicas puras, apresentando alta similaridade com a carta padrão (PDF 89-8436). Com a análise de atividade bactericida, realizou-se o teste de concentração inibitória mínima (MIC), com o qual mesmo em concentrações elevadas de 4250  $\mu\text{g mL}^{-1}$ , as amostras não forneceram resultados positivos em relação a sua característica antibacteriana.

**PALAVRAS-CHAVE:** Óxido de Cério; Óxido de Cério dopado com Zinco; Atividade Antibacteriana; Sonoquímica.



## 1. INTRODUÇÃO

A nanociência e a nanotecnologia são o estudo de fenômenos e a manipulação de materiais em escalas nanométricas, e abrange os campos de engenharia, física, biologia e química, no desenvolvimento de nanomateriais (1). O desenvolvimento e estudo de matérias em escala nanométrica vem recebendo notória atenção, frequentemente aparecendo em artigos científicos recentes e, com essa, fomos capazes de manipular a matéria, em nano escalas, a favor do desenvolvimento de alternativas que facilitam nossa vivência. A engenharia nanoescalar apresenta aplicabilidades no ramo do meio ambiente, de biofármacos, da indústria alimentícia, indústria têxtil, na geração de energia, entre outras. Diante de tais fatos é possível afirmar que a área em questão conquista anualmente investimentos de trilhões de dólares em todo o mundo (2-4).

Dentre os materiais nanoparticulados que vêm recebendo atenção científica está o óxido de cério, devido a suas aplicações tecnológicas, tais como: detector de gás, dispositivos fotônicos e eletrônicos (5), catalisador (6), células de combustível a óxido sólido (SOFC) (7), agente de polimento (8), entre outros (9). O óxido de cério é constituído pelos elementos químicos oxigênio e o cério. O cério é um elemento químico pertencente ao grupo das terras raras, ou grupo dos lantanídeos. Tal grupo de elementos ganhou visibilidade após a geração da energia atômica, levando pesquisadores a estudarem técnicas para a facilitação da separação e purificação destes elementos, sendo a primeira destas a técnica de trocas iônicas desenvolvida pelo projeto Manhattan (10-11).

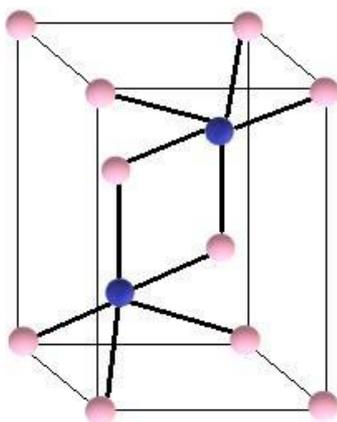
As propriedades químicas do grupo dos lantanídeos estão relacionadas às características de compostos iônicos trivalentes ( $\text{Ln}^{3+}$ ), apresentando alta reatividade, eletropositividade e paramagnetismo. Outra característica comum dentro do grupo dos lantanídeos é o tamanho relativamente grande de seus raios atômicos (0,85 a 1,60 Å), o que contribui para a escassez de formação de complexos. O cério, diferente dos demais compostos pertencentes ao grupo dos lantanídeos, consegue se estabilizar tanto na forma trivalente ( $\text{Ce}^{3+}$ ) quanto na tetravalente ( $\text{Ce}^{4+}$ ), isso se deve a sua distribuição eletrônica  $[\text{Xe}] 4f^1 5d^1 1s^2$  que se assemelha a dos gases nobres  $[\text{Xe}] 4f^0$  (2). Ademais, o elemento em questão possui caráter altamente eletropositivo, e devido a seu potencial de ionização ser de  $3,49 \text{ kJ mol}^{-1}$ , este realiza prevalentemente interações



do tipo iônicas. Tais características são essenciais para as aplicações tecnológicas do cério (12-13).

O cério apresenta, de acordo com seu nox, formas variadas de óxidos, como o  $Ce_2O_3$ , com Ce (III), e o  $CeO_2$ , com Ce (IV). O composto  $Ce_2O_3$  é ainda pouco conhecido em relação às suas aplicabilidades devido à instabilidade da molécula, a qual sofre fácil oxidação quando exposta ao ar ambiente. Conforme a literatura descreve, uma das formas de síntese do trióxido de dicéριο seria o aquecimento do  $CeO_2$  em hidrogênio a  $1250^\circ C$  (15-16). A Figura 1 representa a rede hexagonal, com o grupo espacial  $P3m1$ , do  $Ce_2O_3$ .

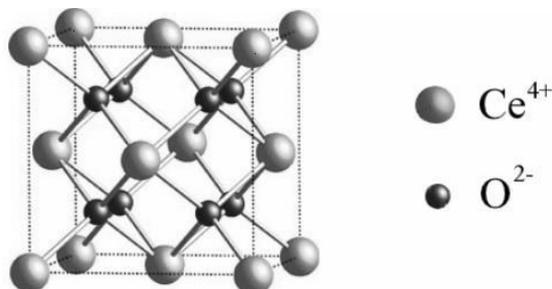
**Figura 1:** Estrutura cristalina do óxido de cério (III),  $Ce_2O_3$ . Rede Hexagonal.



**Fonte:** as autoras.

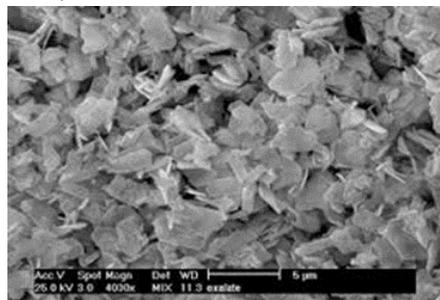
O óxido de cério (IV), de fórmula molecular  $CeO_2$ , é um composto mais estável, em consequência da sua conformação cúbica, do tipo fluorita, com grupo espacial  $Fm3m$ , como apresentado na Figura 2. Dispondo de coloração branco-amarelado, o dióxido de cério possui considerável estabilidade oxidativa, com a constante conversão de  $Ce^{+4}$  em  $Ce^{+3}$ , e vice-versa, decorrente da semelhança energética entre os estados eletrônicos 4f e 5d. Ademais, o  $CeO_2$  é classificado como semicondutor, exibindo largo espaçamento entre suas bandas eletrônicas (3,19 eV) (2, 17-19).

**Figura 2:** Estrutura cristalina do óxido de cério (IV),  $\text{CeO}_2$ , conformação fluorita.



Fonte: FERREIRA, 2011. (33)

**Figura 3:** Micrografia de óxido de cério (IV),  $\text{CeO}_2$ , sintetizado em laboratório.



Fonte: MUCCILO & SILVA, 2008. (29)

Muitos são os procedimentos utilizados para a obtenção de  $\text{CeO}_2$  e de  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ , entre estas podemos citar métodos hidrotérmicos, com a utilização de agitadores e autoclaves (19); método hidrotérmico assistido por micro-ondas (2); método sol-gel (31); precipitação (19); combustão em solução (23); método Pechini (24); síntese verde (25); método sonoquímico ou decomposição ultrassônica (26, 27); métodos de microemulsão e microemulsão reversa (28). Cada qual advém com vantagens e desvantagens, sendo a melhor escolha de síntese baseada na posterior aplicação tecnológica do pó cerâmico.

O método sonoquímico, também conhecido como método de decomposição ultrassônica, utiliza o equipamento de ultrassom como principal precursor da síntese, podendo-se utilizá-lo associado a uma agitação. Tentam explicar a ocorrência da formação de nanomateriais através dessa, uma das teorias é a cavitação acústica que, postula o desenvolvimento de nanopartículas a partir do crescimento e colapso de bolhas formadas no processo, promovendo o rompimento e ligação dos componentes. As vantagens do método se baseiam na baixa temperatura empregada ( $< 200^\circ\text{C}$ ) contribuindo para uma economia energética, além do curto tempo do procedimento e da utilização de pequenas quantidades de reagentes quando comparado com as demais rotas de obtenção (2, 27).

Devido às suas características, o óxido de cério IV, dispõe de diversas aplicabilidades tecnológicas (9). Além disso, o elemento em questão apresenta também propriedades biológicas, onde estudos comprovam a sua eficácia como agente bactericida, agente fungicida e antitumoral (2), na sua escala nanométrica, puro e dopado com outros metais, como o zinco. Além disso, as nanopartículas do óxido de cério têm apresentado maior reatividade do que estes



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



---

materiais em escalas micrométricas.

As nanopartículas são consideradas ferramentas poderosas contra bactérias, uma vez que, diferente dos antibióticos, os microrganismos não são capazes de adquirir resistência, diminuindo o risco de infecções por bactérias multirresistentes (20). O  $\text{CeO}_2$  é considerado um excelente bactericida em decorrência da sua eficaz capacidade em transportar oxigênio e gerar ROS (espécies reativas de oxigênio). O material genético, as proteínas e os lipídios dos microrganismos, quando expostos ao  $\text{CeO}_2$ , não resistentes ao oxigênio e sofrem oxidação, levando-os à morte (21). Outro mecanismo de inibição bacteriana, pelo dióxido de cério, postula que a substância dificulta o transporte de nutrientes através da membrana celular do microrganismo (19). O óxido de cério em conjunto com o zinco tem sido destacado por aumentar o estresse oxidativo resultando e um melhor potencial antimicrobiano devido a uma diminuição do tamanho da partícula de  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ , facilitando sua interiorização no microrganismo (22).

Ao longo do tempo, as infecções hospitalares representaram, e ainda representam, um grande impacto na saúde populacional. Tais enfermidades, em sua maioria, são tratadas com antibióticos, porém com a utilização contínua destes medicamentos os microrganismos começam a evoluir e adquirem maior resistência aos antibióticos, dificultando o tratamento (39). Estudos apontam que a incidência de infecções ocasionadas em unidades de terapia intensiva é de 9% a 37% (40). Segundo a literatura europeia, cerca de 4 milhões de pacientes são acometidos por ano pela enfermidade, sendo a taxa de mortalidade de 1%, ou seja, 40 mil mortes por ano. Devido aos fatos mencionados, a infecção hospitalar gera um gasto anual de 10 bilhões de dólares (41-42).

A nanotecnologia corresponde a uma das soluções para o problema, onde partículas tóxicas aos microrganismos são sintetizadas para tal (2). Um destes compostos é o óxido de cério IV, ao qual a atividade antimicrobiana foi confirmada por Krishnamoorthy, Veerapandian (43), ao testarem a molécula em frente a *E.coli*, *S. typhimurium*, *E. faecalis* e *B. subtilis*. O resultado superou ao do antibiótico utilizado para tratar de infecções causadas por tais bactérias, a canamicina. Ademais, a vantagem de se usar o  $\text{CeO}_2$  em relação a outros nanomateriais, é a baixa toxicidade do óxido de cério (44). Estudos constataram que o óxido de cério IV possui



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**E AMBIENTAIS – FCBA**  
**BIOTECNOLOGIA BACHARELADO**



Universidade Federal  
da Grande Dourados

---

também propriedades neuro e cardio-protetoras (2).



## 2. OBJETIVOS

Com este projeto objetivou-se a realização de uma síntese rápida, e de baixo custo, do óxido de cério IV através do método sonoquímico em conjunto com a agitação mecânica. Ademais, visa-se estudar e comprovar a atividade bactericida do composto  $CeO_2$  e  $CeO_2-ZnO$  contra os microrganismos multirresistentes *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* e *Serratia marcescens*.

Os objetivos específicos do trabalho se resumem em:

- Testar procedimentos de síntese do óxido de cério IV ( $CeO_2$ ) e o óxido de cério dopado com zinco em suas formas puras e com área superficial vultosa para uma melhor aplicação antimicrobiana do composto;
- Aperfeiçoar o processo de obtenção do óxido em questão, no quesito custo e rapidez, através do método sonoquímico aliado a agitação mecânica;
- Caracterizar o material que será obtido por meio de difração de raios X e microscopia eletrônica de varredura;
- Realizar testes biológicos, tais como o de concentração inibitória mínima (MIC), de forma a obter o efeito bactericida do composto contra os microrganismos multirresistentes *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* e *Serratia marcescens*.



### 3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL

#### 3.1 Síntese dos Óxidos

O processo de síntese do  $\text{CeO}_2$  e do  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$  ocorreu no Laboratório de Materiais Cerâmicos Avançados (LMCA), situado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Os critérios de concentração dos reagentes e amostras são baseados na literatura e também em trabalhos anteriores realizados no laboratório. Os reagentes utilizados neste procedimento foram nitrato de cério ( $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), nitrato de zinco ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) e hidróxido de sódio (NaOH), todos em sua forma comercial, sem purificações adicionais.

##### 3.1.1 Síntese de óxido de cério [ $\text{CeO}_2$ ]

Primeiramente preparou-se 200 mL de solução estoque contendo o sal precursor da síntese, o nitrato de cério hexahidratado, em uma concentração de 0,1M de íons de cério, utilizando 8,68 gramas do reagente  $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , dissolvido em água destilada, a solução foi homogeneizada por 5 minutos no equipamento ultrassônico. Em seguida, preparou-se uma solução de 0,5M de NaOH.

Posteriormente, realizou-se a síntese de  $\text{CeO}_2$  adicionando 30 mL da solução 0,1M precursora em um béquer, e o posicionando no equipamento de ultrassom, em temperatura de  $50^\circ\text{C}$ . A seguir, adicionou-se NaOH gotejando, lentamente, 20 mL da solução de hidróxido de sódio até que se atingisse uma condição básica de pH 13 para que ocorresse a reação de precipitação. A reação ocorreu em um período de 18 minutos no banho ultrassônico associado com a agitação mecânica.

Após a realização das sínteses e obtenção de um composto gelatinoso de coloração acinzentada, foi feita uma sequência de lavagens. Primeiramente, transferiu-se a solução para tubos Falcon de 45 mL e, em seguida, com auxílio de uma centrífuga Excelsa II (FANEM®, Mod. 206 BL), realizou-se 2 lavagens com água destilada e outras 2 com álcool etílico. Esta etapa tem como finalidade a purificação do produto obtido e a neutralização deste pó. Por



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



último, o  $CeO_2$  formado foi transferido a placas de Petri e passou por uma fase de secagem em estufa a  $60\text{ }^\circ\text{C}$  por 24 horas e, ao fim, depositou-se o produto resultante em tubos eppendorf.

O procedimento descrito na literatura envolve a adição de cerca de 10 mL de água destilada no conjunto reacional NaOH e  $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ , então, para fins comparativos do material obtido variou-se esta concentração em 3 diferentes sínteses realizadas. Na amostra de  $CeO_2$  L utilizou-se 10 mL de  $H_2O$ , na amostra H utilizou-se apenas 5 mL de  $H_2O$  e nas amostras S e R não se utilizou água, sendo que a R, exclusivamente, ficou por 72 horas na estufa de secagem.

**Tabela 1.** Diferença entre as amostras sintetizadas.

	Amostra L	Amostra H	Amostra S	Amostra R
Quantidade de água adicionada	10 mL	5 mL	0 mL	0 mL
Tempo em estufa	24 horas	24 horas	24 horas	72 horas

**Fonte:** as autoras.

### 3.1.2 Síntese de óxido de cério dopado com zinco [ $CeO_2 - ZnO$ ]

Preparou-se uma solução estoque de 10 mL, com a concentração de 0,1M de íons de zinco, utilizando 0,29 gramas do sal precursor de nitrato de zinco hexahidratado  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  dissolvido em água destilada. Utilizou-se também as soluções já preparadas na síntese do óxido de cério puro, como a solução de íons de cério (0,1M) e a solução da base de hidróxido de sódio (NaOH), concentração de 0,5M.

Para a síntese de  $CeO_2 - ZnO$ , foi adicionado em um béquer 30 mL da solução 0,1M precursora de cério e 1,2 mL da solução 0,1M precursora de zinco, para se obter um óxido de



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**E AMBIENTAIS – FCBA**  
**BIOTECNOLOGIA BACHARELADO**

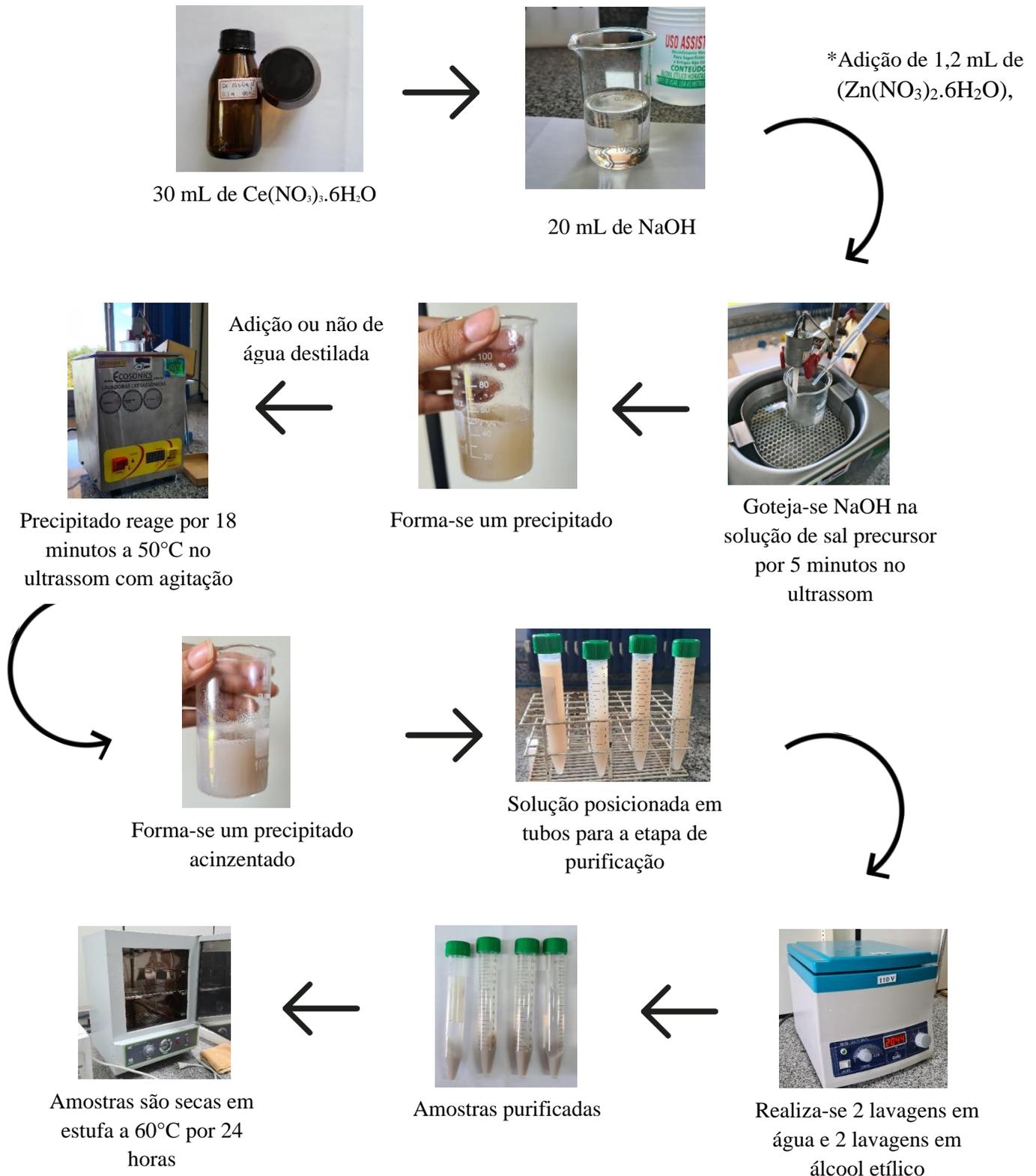


---

cério dopado com 4% de zinco. Posicionou-se o béquer com as soluções no equipamento de ultrassom, em temperatura de 50°C com gotejamento lento de 20 mL da solução de hidróxido de sódio, até alcançar o pH 13, resultando na reação de precipitação. A reação ocorreu em 18 minutos de banho ultrassônico associado a agitação mecânica.

O resultado da síntese foi um material acinzentado, mas levemente mais claro quando comparado com o resultado da síntese de óxido de cério puro. A solução foi transferida para tubos Falcon de 45 mL, onde foi realizada três lavagens, com o auxílio de uma centrífuga Excelsa II (FANEM®, Mod. 206 BL), sendo duas com água e uma última com álcool etílico. Por fim, o CeO<sub>2</sub> - ZnO formado foi transferido para placas de Petri e levado para uma estufa a 60 °C onde permaneceu por 24 horas, para a sua secagem, e então após essa etapa o produto foi armazenado em tubos eppendorf.

Figura 4. Fluxograma sobre síntese de  $\text{CeO}_2$  e  $\text{CeO}_2 - \text{ZnO}$





### 2.3 Caracterização estrutural

As cerâmicas geradas na etapa 2.1 foram caracterizadas através da técnica de difração de raios X (DRX) em um comprimento de onda de 0,154 nm. Os dados resultantes foram tratados nos programas computacionais “Search-Match” e “Origin 9.0”, onde se foi possível comparar o difratograma obtido com a carta padrão de CeO<sub>2</sub> (PDF 89-8436) determinando a pureza da cerâmica formada. O tamanho médio de cristalitos das nanopartículas foi calculado a partir da equação de Scherrer

$$\bar{d} = \frac{k\lambda}{\beta \cos(\theta)}$$

**Equação 1.** Scherrer

Esta equação consiste em ( $\bar{d}$ ) tamanho do cristalito; ( $k$ ) coeficiente de forma do ponto de rede recíproca padronizado em 0,94 (quase esférica); ( $\lambda$ ) comprimento de onda utilizado na técnica de DRX (0,154); ( $\beta$ ) largura a meia altura do pico de difração (representado também como FWHM - full width at half maximum, valor obtido com o programa Origin) e ( $\theta$ ) o ângulo de difração.

### 2.4 Teste de concentração inibitória mínima (MIC)

Esta etapa do projeto foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Ciências da Saúde (LPCS). No teste de concentração inibitória mínima preparou-se uma solução contendo CeO<sub>2</sub> em uma concentração de 1150 µg mL<sup>-1</sup> e, uma de CeO<sub>2</sub>-ZnO a 8500 µg mL<sup>-1</sup> em água pura, a fim de evitar contaminações externas. Posteriormente, com culturas bacterianas previamente isoladas de *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* e *Serratia marcescens* seguiu-se os padrões de MIC impostos pelo protocolo de ensaio de inibição por microdiluição em caldo, de acordo com as normas preconizadas no documento M07- A10 estabelecido pela Clinical and Laboratory Standards Institute – CLSI (2016).



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



As cepas bacterianas foram diluídas em solução salina 0,9% até a obtenção de uma coloração turva padronizada pela escala McFarland, onde a concentração bacteriana será de aproximadamente  $1,5 \cdot 10^8$  UFC mL<sup>-1</sup>, posteriormente, realizou-se mais uma diluição da cepa até que esta chegue a uma concentração de  $5,0 \cdot 10^6$  UFC mL<sup>-1</sup>.

Realizou-se a preparação de soluções contendo as cerâmicas com água destilada para o ensaio. O CeO<sub>2</sub>, por possuir um KPS muito baixo, demandou certa adequação da metodologia para obtenção de sua solução. Primeiramente se pesou um béquer, em seguida adicionou-se 0,085 gramas do composto ao mesmo e diluiu-o com 10 mL de água, por 10 minutos em ultrassom à 60°C, em seguida, retirou-se a solução com moléculas dispersas e pesou-se a quantidade de cerâmica que restou ao fundo do béquer. Ao fim conseguiu-se obter uma solução mãe de 1150 µg mL<sup>-1</sup> de CeO<sub>2</sub>. O composto dopado com zinco (composto com comportamento anfótero) apresentou boa solubilidade, não precisando de cálculos adicionais, obtendo-se uma solução mãe de 8500 µg mL<sup>-1</sup> de CeO<sub>2</sub> - ZnO.

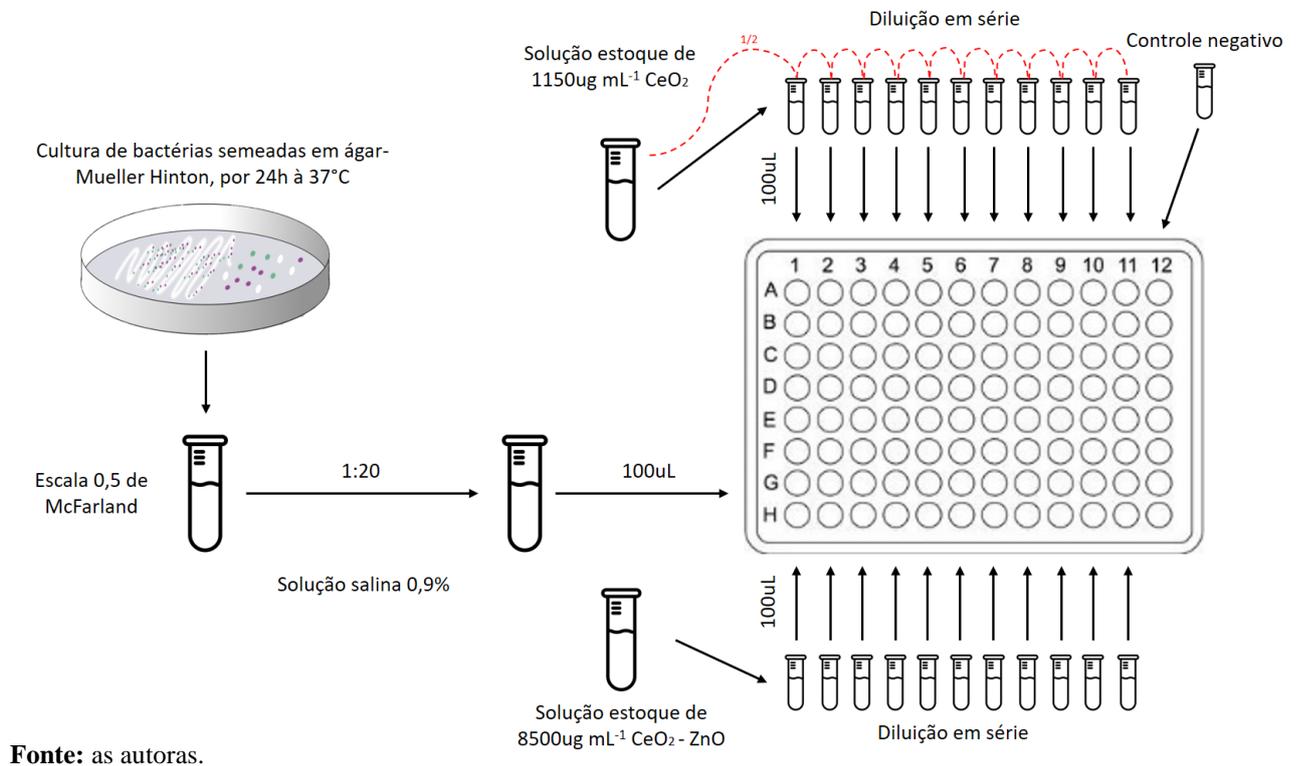
O ensaio foi realizado em uma placa de microtitulação com 96 poços contendo caldo-ágar- Mueller Hinton, depositou-se nos poços cerca de 100 µL de solução bacteriana, o que levou a concentração desta a  $5,0 \cdot 10^5$  UFC mL<sup>-1</sup>. Em seguida, acrescentou-se aos poços as soluções contendo os pós cerâmicos, diluindo estes gradativamente em uma faixa de 574 a 1,1 µg mL<sup>-1</sup> (CeO<sub>2</sub>) e, 4250 a 8,3 µg mL<sup>-1</sup> (CeO<sub>2</sub> - ZnO).

Destinou-se uma das colunas da placa ao controle negativo, onde teve-se apenas o caldo nutritivo microbiano e as cepas utilizadas, a fim de comprovar que o caldo está em perfeitas condições ao crescimento e desconsiderar resultados finais mascarados. Em outra coluna da placa de microtitulação se foi feito o controle positivo, onde nestes poços não houve culturas microbianas, apenas as soluções contendo os pós cerâmicos no intuito de comprovar que estes compostos não estavam previamente contaminados por outros microrganismos.

A placa de microtitulação foi encubada por 24 horas a 37°C sem agitação mecânica. A análise do resultado foi realizada a partir da leitura de absorbância, em um comprimento de onda de 595 nm, determinando assim o crescimento microbiano no experimento.



Figura 5. Fluxograma sobre o teste de concentração inibitória mínima





## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

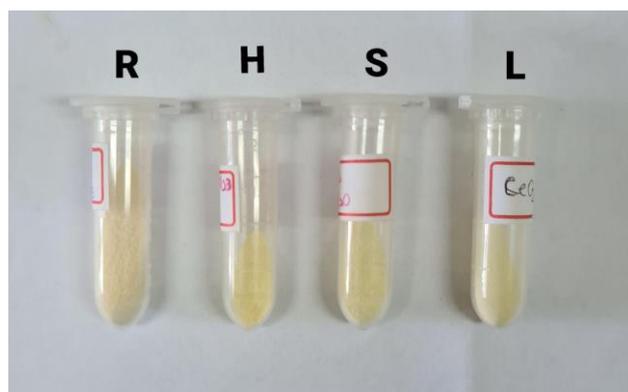
### 4.1 Síntese de óxido de cério

Em relação à síntese de óxido de cério pode-se avaliar sua obtenção em apenas 18 minutos de síntese utilizando o ultrassom associado a agitação mecânica. Em outras metodologias como a hidrotérmica assistida por micro-ondas (35) (a mais utilizada em decorrência das baixas temperaturas usadas – em torno de 150°C) este tempo chega a ser de 60 minutos, conforme consta na Tabela 2.

Ademais, a síntese não demandou de temperaturas muito altas, utilizando-se apenas 50 °C proveniente do aquecimento do banho ultrassônico, sendo esta temperatura inferior a empregada pelo método de micro-ondas. Outro método também considerado rápido é o da síntese em autoclave (19), realizado em apenas 16 minutos, no entanto, utiliza-se temperaturas elevadíssimas para tal. Pode-se dizer que o método proposto por este estudo foi essencial para a aceleração da obtenção de óxido de cério e para a economia de energia.

Pode-se observar também em relação à diferença visual entre as amostras L, R, S e H, que a amostra R apresentou uma coloração amarelada tendendo ao bege do que as demais (amareladas), decorrente de seu maior tempo de exposição à temperatura elevada da estufa de secagem (120°C), como mostrado na Figura 6.

**Figura 6.** Diferentes colorações entre as amostras cerâmicas.



Fonte: as autoras



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



**Tabela 2.** Comparação de resultados de diferentes formas de síntese.

Método de preparação	Tamanho de cristalito (nm)	Morfologia	Tempo de síntese	Ref.
Hidrotermal forno	Diametro: 6,7 – 9,5; Comprimento: 33,2 – 495,7	Nanocubos	24 horas	[34]
Hidrotermal microondas	10,03	Nanocubo	60 min	[35]
Precipitação química	Diâmetro: 20; Comprimento: 300	Nanotubos	75 min	[36]
Decomposição Térmica	9 - 11	Nanopartículas	3 – 4 horas	[37]
Combustão térmica em solução	35,5	Nanoflocos	+ de 30 min	[23]
Microemulsão reversa	15	Nanopartícula	30 – 60 min	[38]
Método sonoquímico	5,2 – 5,8	Nanocubos	18 min	Este estudo

**Fonte:** as autoras.

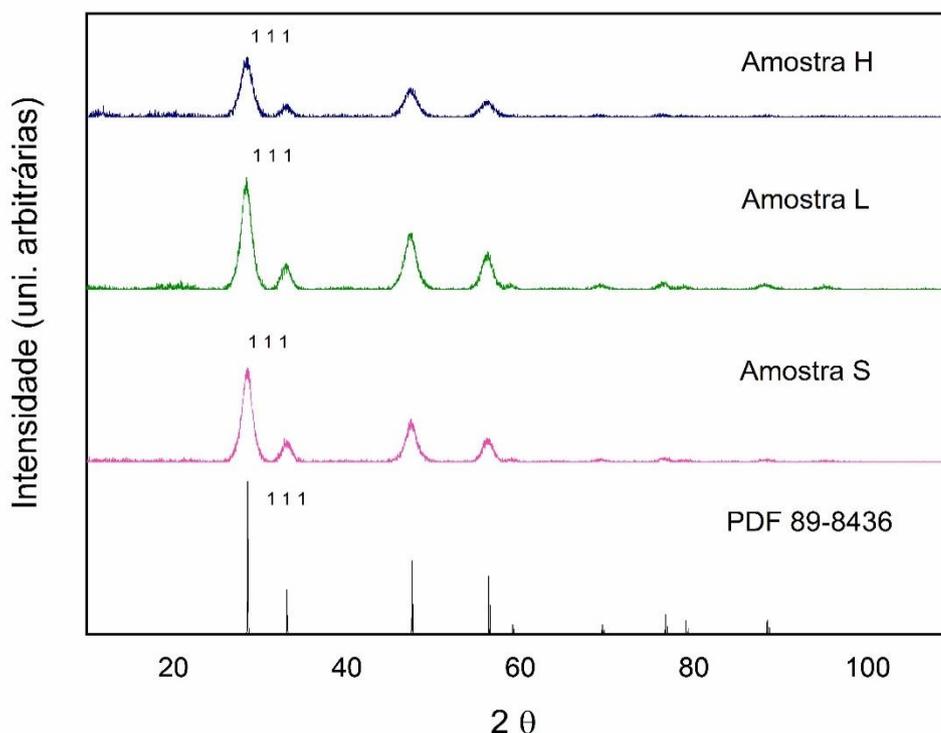


#### 4.2 Análises realizadas a partir do DRX ( $\text{CeO}_2$ )

Podemos observar, através dos difratogramas obtidos em comparação com a carta padrão de  $\text{CeO}_2$  (PDF 89-8436) (Figura 7), que os produtos resultantes se tratavam do composto de interesse de forma purificada. Ademais, nenhuma das amostras apresentaram picos de contaminação e, seus picos correspondem aos da carta padrão. Além disso, pode-se determinar, também, a forma cúbica das nanopartículas, com conformação Fm-3m, através do programa Search-Match.

Pode-se analisar, também, que os picos das amostras apresentam baixa intensidade e grande alargamento, indicando, fortemente, que as cerâmicas se tratam de nanopartículas, sendo que a amostra H foi a que gerou picos mais alargados, portanto, pode ser considerada a menor das nanopartículas.

**Figura 7.** Comparativo dos difratogramas obtidos com a carta padrão 89-8436.



Fonte: as autoras.



A partir dos resultados da equação de Scherrer podemos analisar as pequenas variações no tamanho dos cristalitos nas diferentes amostras, onde S apresentou tamanho de 5,8 nm (o maior cristal) e H apresentou 5,2 nm (o menor cristal) como mostrado na tabela 3 e pressuposto anteriormente. Conclui-se que tal protocolo é eficaz para a síntese de nanopartículas, independentemente da adição de água destilada. Quando comparado a outras metodologias como a de combustão térmica em solução (cristalito de 35,5 nm) (23) e a de microemulsão reversa (cristalito de 15 nm) (38), a sonoquímica foi capaz de gerar partículas menores, como apresentado na Tabela 2.

**Tabela 3.** Tamanho dos cristalitos das quatro diferentes amostras.

Amostra	Tamanho do cristalito (nm)
L	5,65
H	5,20
S	5,80

**Fonte:** as autoras.

#### 4.3 Teste de concentração inibitória mínima (MIC)

A partir dos resultados do teste de concentração inibitória mínima, pode-se perceber que o óxido de cério puro e o dopado com zinco não apresentaram atividade bactericida e bacteriostática nas concentrações testadas contra os microrganismos multirresistentes, especificamente *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* e *Serratia marcescens*. Dessa forma, analisa-se, de acordo com as Tabelas 4 e 5 que as absorvâncias obtidas para os poços com as nanopartículas foram semelhantes às dos controles positivos (poços que continham apenas as bactérias), indicando que houve crescimento bacteriano e a ausência de atividade das cerâmicas.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



Pode-se descartar a utilização de  $CeO_2$  e  $CeO_2 - ZnO$  como fármacos para tratamento de tais organismos (*Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter baumannii* e *Serratia marcescens*), pois as concentrações testadas (que não demonstraram atividade) já são consideradas muito altas para tal funcionalidade. Não desconsiderando futuros estudos, com maiores concentrações, a fim de se obter um material antimicrobiano.

**Tabela 4.** Resultado da espectrofotometria da microplaca do teste de concentração inibitória mínima  $CeO_2$ .

	575	287,2	143,7	71,8	35,9	17,9	8,9	4,4	2,2	1,1	-	+
<b>K.</b> <b><i>Pneumoniae</i></b>	0,97	0,92	0,88	0,86	0,90	0,93	0,93	0,93	0,92	0,94	0,11	0,85
<b><i>P. aeruginosa</i></b>	1,07	1,10	1,13	1,12	1,15	1,17	1,20	1,13	1,05	1,14	0,30	1,06
<b><i>A. baumannii</i></b>	0,67	0,75	0,76	0,60	0,76	0,68	0,78	0,77	0,67	0,79	0,30	0,65
<b><i>S. marcescens</i></b>	1,05	0,87	0,84	0,84	1,01	0,99	0,94	0,94	0,98	1,00	0,27	0,87

Fonte: as autoras.

**Tabela 5.** Resultado da espectrofotometria da microplaca do teste de concentração inibitória mínima  $CeO_2 - ZnO$ .

	4250	2125	1062,5	531,2	265,6	132,8	66,4	33,2	16,6	8,3	-	+
<b>K.</b> <b><i>Pneumoniae</i></b>	1,47	1,26	1,15	0,98	1,06	0,97	1,00	1,03	0,96	1,00	0,27	0,89
<b><i>P. aeruginosa</i></b>	1,52	1,39	1,16	0,99	1,08	1,08	1,11	1,07	1,06	1,09	0,36	1,05
<b><i>A. baumannii</i></b>	1,40	1,15	0,97	0,91	0,87	0,72	0,79	0,82	0,80	0,79	0,32	0,65
<b><i>S. marcescens</i></b>	1,41	1,22	1,11	0,99	0,94	0,96	0,95	0,92	0,89	0,90	0,17	0,86

Fonte: as autoras.



---

## 5. CONCLUSÃO

A partir deste trabalho, pode-se concluir, através de muitos estudos, que a síntese por meio da sonoquímica associada com agitação mecânica, à 50 °C, foi eficaz em relação à economia de tempo e energia quando se comparado a outras metodologias como a hidrotermal, precipitação química, decomposição térmica, combustão térmica em solução e microemulsão. Além disso, obteve-se nanopartículas de tamanho reduzido (cristalitos com 5,2 nm de diâmetro na amostra H, de acordo com análises realizadas a partir da técnica de DRX), ainda se comparando aos protocolos citados.

Ademais, pode-se analisar que, os picos observados nos difratogramas eram alargadas e de baixa intensidade quando comparados a carta padrão de CeO<sub>2</sub> (PDF 89-8436). Observou-se, também, que a variação de água no complexo reacional não influenciou no tamanho das nanopartículas, já que todas as amostras apresentaram aproximadamente 5 nm de diâmetro de cristalito.

Apesar de se ter alcançado pequenos tamanho de cristalito, o que teoricamente deveria auxiliar no processo de interiorização nas células procarióticas, os resultados obtidos não foram satisfatórios para as concentrações testadas. Entretanto, para estudos futuros, seria interessante se realizar novos testes com concentrações maiores, a fim de se obter um material bactericida, pois as concentrações atuais já extrapolam o permitido para fármacos.



---

## 6. SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Entende-se que a necessidade de se realizar outras análises sobre o pó obtido, como a Microscopia Eletrônica de Varredura, auxiliaria para entender mais sobre a morfologia dos pós. Outra análise interessante, seria a realização de Microscopia Eletrônica de Transmissão, sobre os pós obtidos, para além da morfologia, analisar com precisão o real tamanho de partícula.

Além disso, outros testes de Concentração Inibitória Mínima com outras espécies de bactérias, incluindo os microrganismos não resistentes a antibióticos, podem ser de grande importância para determinar se esses compostos, óxido de cério e óxido de cério dopado com zinco, possuem atividade antimicrobiana com estas novas condições e seus mecanismos de ação. Quando comparado com outros trabalhos já realizados com o óxido de cério, este apresentou atividade antibacteriana para *E.coli* (43).

Outro fator importante para uma sugestão de continuação para este trabalho seria estudar uma forma de solubilizar o óxido de cério puro, o que aumentaria o aproveitamento desses materiais nos testes microbiológicos.



---

## 7. REFERÊNCIAS

1. Pitkethly MJ. Nanomaterials - The driving force. Mater Today [Internet]; 7(12 SUPPL.):20–9 (2004). Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1369-7021\(04\)00627-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1369-7021(04)00627-3).
2. Santos, C. "Síntese e aplicação biotecnológica de nanoestruturas de óxido de cério (iv), obtidas pelo método hidrotermal de micro-ondas.", Universidade Federal da Paraíba, (2013). Available at: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/7087> (Accessed: 4 August 2020).
3. Assis, L. et al. "Revisão: características de nanopartículas e potenciais aplicações em alimentos", Brazilian Journal of Food Technology, 15(2), pp. 99-109 (2012). doi: 10.1590/s1981-67232012005000004.
4. Cheng, B. E; Samulski, E. T. Hydrothermal synthesis of one-dimensional ZnO nanostructures with different aspect ratios. Chemical Communications, v.12, p.986-987 (2004).
5. Rangel, M. F. M. Filmes de Céria Dopados com Samário para Aplicação como Eletrólito em Pilhas A Combustível de Óxido Sólido. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Campos dos Goytacazes-RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro CCT-LAMAV, 88p. (2016).
6. Cataluña, R., et al. "Caracterização de catalisadores Cu/CeO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> por redução a temperatura programada e atividade para oxidação de CO." Química Nova 24.1, 55-59 (2001).
7. Scarabelot, E. G. "Obtenção e caracterização de pós Ce<sub>0,8</sub>La<sub>0,2</sub>O<sub>3</sub> e Ce<sub>0,9</sub>Ca<sub>0,1</sub>O<sub>3</sub> via síntese por combustão visando sua aplicação em SOFC." (2016).
8. Janoš, P., et al. "Chemical mechanical glass polishing with cerium oxide: Effect of selected physico-chemical characteristics on polishing efficiency." Wear 362: 114-120 (2016).



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



9. Jin H, Wang N, Xu L, Hou S. Synthesis and conductivity of cerium oxide nanoparticles. *Mater Lett.*;64(11):1254–6, (2010). Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2010.02.062>.
10. Krumholz, P.; Briol, K.; Bril, S.; Behmoiras, J.; Lima, F. W.; Gottdenker, F. Brazilian Practice in the Separation of Rare Earths. 184- 195.
11. Ricci, D. R.; Paschoal, J.O.A; Castro, A.R.M . Relatório Interno IPEN. (1987).
12. Albanez, N. E. F. K. Obtenção de óxido de cério com alta área superficial específica. São Paulo: Área de Tecnologia Nuclear Básica, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada a Universidade de São Paulo, (Dissertação de Mestrado), (1996).
13. Cotton, F. A.; Wilkinson, G. Química Inorgânica Avanzada. Ed. LIMUSA S. A.. Cap.31, p. 1087-1105, (1978).
14. Shriver, F. D.; Atkins, P. Química Inorgânica. Bookman. Cap. 22, p. 594-595, (2008).
15. Ohlweiler, O. A. Química Inorgânica. São Paulo: Ed. Edgar Blucher/Ed. Universidade de São Paulo . Cap.19, p.705-722, (1971).
16. Anderson, D.A.; Simak, S. L.; Johansson, B.; Abrikosov, I. A.; Skorodumova, N. V. Redox properties of CeO<sub>2</sub>-Mo<sub>2</sub> (M = Ti, Zr, Hf, or Th) solid solutions from first principles calculations, *Physical Review*, v.75, p. 035109, (2007).
17. Martins, T. S., Cério: Propriedades catalíticas, aplicações tecnológicas e ambientais, *Quim. Nova*, v. 30, no. 8, p.2001-2006, (2007).
18. Riccardi CS, Lima RC, dos Santos ML, Bueno PR, Varela JA, Longo E. Preparation of CeO<sub>2</sub> by a simple microwave-hydrothermal method. *Solid State Ionics* [Internet].180(2–3):288–91, (2009). Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssi.2008.11.016>
19. Acad U, Grande C, Grande C. Atividade Antimicrobiana de Nanopartículas de Óxido de Cério. 2018;2(15):64–95.
20. Tiwari V, Mishra N, Gadani K, Solanki PS, Shah NA, Tiwari M. Mechanism of anti-bacterial activity of zinc oxide nanoparticle against Carbapenem-Resistant *Acinetobacter baumannii*. *Front Microbiol.* 1–10, (2018).



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



21. Méndez, A.V. (Ed.). Microbial pathogens and strategies for combating them: science, technology and education. Formatex Research Center, (2013).
22. Karunakaran C, Gomathisankar P, Manikandan G. Preparation and characterization of antimicrobial Ce-doped ZnO nanoparticles for photocatalytic detoxification of cyanide. Mater Chem Phys [Internet].123(2–3):585–94, (2010). Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2010.05.019>.
23. Umar, A., Kumar, R., Akhtar, M., Kumar, G., Kim, S. Growth and properties of well-crystalline cerium oxide (CeO<sub>2</sub>) nanoflakes for environmental and sensor applications. Journal of Colloid and Interface Science, 454, 61-8, (2015).
24. Calvache-Muñoz, J., Prado, F. A., Rodríguez-Páez, J. E. Cerium Oxide Nanoparticles: Synthesis, Characterization and Tentative Mechanism of Particle Formation. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, (2017).
25. Maensiri, S., Labuayai, S., Laokul, P., Klinkaewnarong, J., Swatsitang, E. Structure and optical properties of CeO<sub>2</sub> nanoparticles prepared by using lemongrass plant extract solution. Japanese Journal of Applied Physics, 53, 06JG14, (2014).
26. Jimmy, C. Yu, Lizhi Zhang, and Jun Lin. "Direct sonochemical preparation of high-surface-area nanoporous ceria and ceria–zirconia solid solutions." Journal of colloid and interface science 260.1, 240-243, (2013).
27. Martines, Marco Antonio Utrera, Marian Rosaly Davolos, and Miguel Jafelicci Júnior. "O efeito do ultra-som em reações químicas." Química Nova 23.2: 251-256, (2000).
28. Das, M., Patil, S., Bhargava, N., Kang, J.-F., Riedel, L. M., Seal, S., Hickman, J. J. Auto-catalytic ceria nanoparticles offer neuroprotection to adult rat spinal cord neurons. Biomaterials, 28, 1918-25, (2007).
29. Muccillo, E. N. S., Silva, C. O., & Muccillo, R. Características físicas do óxido de cério preparado por diversos métodos. 18º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, p. 263-273, (2008).



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



30. Magill S.S.; Edwards J.R.; Bamberg W.; Beldavs Z.G.; Dumyati G.; Kainer M.A. Multistate point-prevalence survey of health care associated infections. *N Engl J Med.* 370: 1198–208, (2016).
31. Valente, J. et al. "Síntese e caracterização textural do catalisador CeO<sub>2</sub>/TiO<sub>2</sub> obtido via sol-gel: fotocatalise do composto modelo hidrogenoftalato de potássio", *Eclética Química*, 30(4), pp. 7-12, (2005). doi: 10.1590/s0100-46702005000400001.
32. Akucevicius, G.M. "Síntese de ZnO via reação de precipitação química acelerada pela sonoquímica, e sua aplicação em filmes finos". Dourados: Programa de Pós-graduação em Química - UFGD, (2019). (Dissertação de mestrado).
33. Ferreira, Reginaldo. "Síntese e caracterização de cerâmicas à base de céria duplamente dopada." (2011).
34. Ji, Z., Wang, X., Zhang, H., Lin, S., Meng, H., Sun, B., George, S., Xia, T., Nel, A. E., Zink, J. I. Designed synthesis of CeO<sub>2</sub> nanorods and nanowires for studying toxicological effects of high aspect ratio nanomaterials. *ACS Nano*, 6, 5366-80, (2012).
35. De Oliveira, Matheus José Cunha et al. 6. Síntese de óxido de cério (CeO<sub>2</sub>) com alta área superficial por meio do método Hidrotérmico assistido por microondas. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, v. 6, n. 3, (2011).
36. Arul, N. S., Mangalaraj, D., Kim, T. W. Photocatalytic degradation mechanisms of CeO<sub>2</sub>/Tb<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanotubes. *Applied Surface Science*, 349, 459-64, (2015).
37. Sangsefidi, F. S., Salavati-Niasari, M. Thermal decomposition synthesis, characterization and electrochemical hydrogen storage characteristics of Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-CeO<sub>2</sub> porous nanocomposite. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42, 20071-81, (2017).
38. Pournajaf, R., Hassanzadeh-Tabrizi, S., Jafari, M. Reverse microemulsion synthesis of CeO<sub>2</sub> nanopowder using polyoxyethylene (23) lauryl ether as a surfactant. *Ceramics International*, 40, 8687-92, (2014).
39. Santos, N. Q. A resistência bacteriana no contexto da infecção hospitalar. *Texto contexto - enferm.*, Florianópolis, v. 13, n. spe, p. 64-70, (2004). Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



- 
- 07072004000500007&lng=en&nrm=iso>. access on 14 Aug. 2020.  
<https://doi.org/10.1590/S0104-07072004000500007>.
40. Simões A.S.; Couto I.; Toscano C.; Gonçalves E.; Póvoa P.; Viveiros M.; et al. Prevention and control of antimicrobial resistant healthcare-associated infections: The Microbiology Laboratory Rocks! *Front Microbiol.* 7:855, (2016).
  41. Magill S.S.; Edwards J.R.; Bamberg W.; Beldavs Z.G.; Dumyati G.; Kainer M.A. Multistate point-prevalence survey of health care associated infections. *N Engl J Med.* 370: 1198–208, (2016).
  42. Tormin, S.C.; et al. "Análise do efeito bactericida do ozônio sobre bactérias multirresistentes/Analysis of bactericidal effect of ozone on multi-resistant bacteria." *Arquivos Médicos dos Hospitais e da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo* 61.3: 138-141, (2016).
  43. Krishnamoorthy, K., Veerapandian, M., Zhang, L.- H., Yun, K., Kim, S. J. Surface chemistry of cerium oxide nanocubes: Toxicity against pathogenic bacteria and their mechanistic study. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20, 3513-7, (2014).
  44. Park, E. J., Cho, W. S., Jeong, J., Yi, J. H., Choi, K., Kim, Y., & Park, K. Induction of inflammatory responses in mice treated with cerium oxide nanoparticles by intratracheal instillation. *Journal of Health Science*, 56(4), 387-396, (2010).



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S935s Sturaro, Mariana Carvalho; Senger, Ana Thais

Síntese sonoquímica associada a agitação mecânica de nanopartículas de óxido de cério e óxido de cério dopado com zinco ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2/\text{Ce}$  e  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ ) e suas propriedades antimicrobianas [recurso eletrônico] / Mariana Carvalho Sturaro, Ana Thais Senger. -- 2022.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Thiago Sequinel.

TCC (Graduação em Biotecnologia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Óxido de Cério. 2. Óxido de Cério dopado com Zinco. 3. Sonoquímica. 4. Atividade Antibacteriana. I. Senger, Ana Thais. II. Sequinel, Thiago. III. Sturaro, Mariana Carvalho.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



Universidade Federal  
da Grande Dourados

**MARIANA CARVALHO STURARO**

**Síntese sonoquímica associada a agitação mecânica de nanopartículas de óxido de cério e óxido de cério dopado com zinco ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2/\text{Ce}$  e  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ ) e suas propriedades antimicrobianas**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Biotecnologia, da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Sequinel

Aprovado em: 15 de junho de 2022

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Thiago Sequinel  
Presidente

Prof. Dr. Magno Aparecido Gonçalves Trindade  
Membro

Prof. Dr. Marcelo Fossa da Paz  
Membro



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
E AMBIENTAIS – FCBA  
BIOTECNOLOGIA BACHARELADO



Universidade Federal  
da Grande Dourados

**ANA THAIS SENGER**

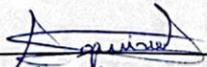
**Síntese sonoquímica associada a agitação mecânica de nanopartículas de óxido de cério e óxido de cério dopado com zinco ( $\text{CeO}_2$ ,  $\text{CeO}_2/\text{Ce}$  e  $\text{CeO}_2\text{-ZnO}$ ) e suas propriedades antimicrobianas**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora como requisito parcial para obtenção do título de Biotecnologia, da Universidade Federal da Grande Dourados.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Sequinel

Aprovado em: 15 de junho de 2022

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Thiago Sequinel  
Presidente

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Magno Aparecido Gonçalves Trindade  
Membro

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Marcelo Fossa da Paz  
Membro