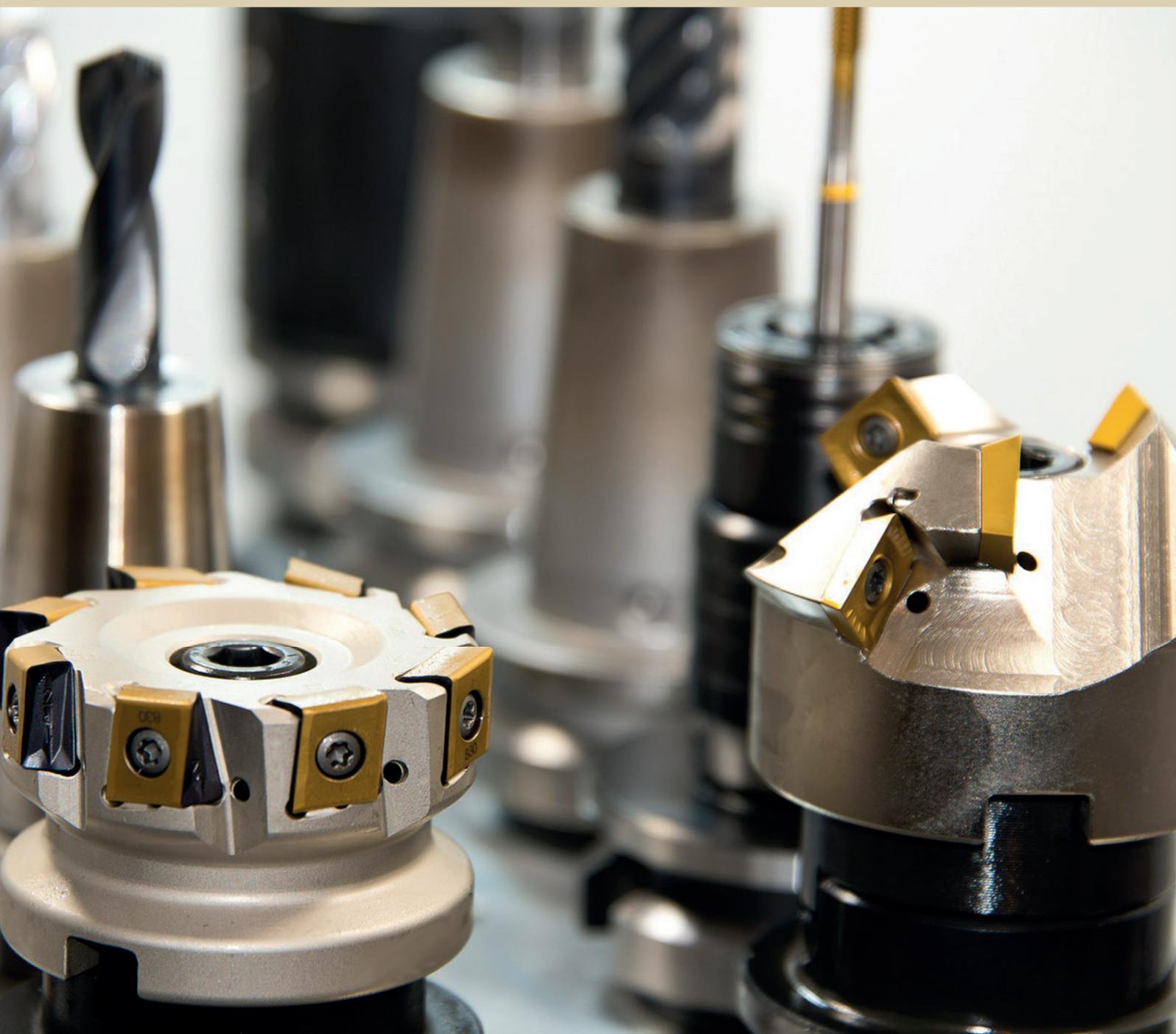


# Ciência e Engenharia de Materiais

Marcia Regina Werner Schneider Abdala  
(Organizadora)



 **Atena**  
Editora

Ano 2018

**MARCIA REGINA WERNER SCHNEIDER ABDALA**

(Organizadora)

# **Ciência e Engenharia de Materiais**

Atena Editora

2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Diagramação e Edição de Arte:** Geraldo Alves e Natália Sandrini

**Revisão:** Os autores

#### Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista  
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciência e engenharia de materiais [recurso eletrônico] / Marcia Regina Werner Schneider Abdala. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Ciência e Engenharia de Materiais; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-62-8

DOI 10.22533/at.ed.628183010

1. Engenharia. 2. Materiais I. Abdala, Marcia Regina Werner Schneider. II. Série.

CDD 620.11

**Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422**

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

## APRESENTAÇÃO

Você já percebeu a importância dos materiais na sua vida diária? Os materiais estão provavelmente mais imersos na nossa cultura do que a maioria de nós imagina. Diferentes segmentos como habitação, saúde, transportes, segurança, informação/comunicação, vestuário, entre outros, são influenciados em maior ou menor grau pelos materiais.

De fato a utilização dos materiais sempre foi tão importante que os períodos antigos eram denominados de acordo com os materiais utilizados pela sociedade primitiva, como a Idade da Pedra, Idade do Bronze, Idade do Ferro, etc.

A humanidade está em constante evolução, e os materiais não são exceções. Com o avanço da ciência e da tecnologia a cada dia surgem novos materiais com características específicas que permitem aplicações pormenorizadas e inovação nas mais diferentes áreas.

Todos os dias centenas de pesquisadores estão atentos ao desenvolvimento de novos materiais e ao aprimoramento dos existentes de forma a integrá-los em tecnologias de manufatura economicamente eficientes e ecologicamente seguras.

Estamos entrando em uma nova era caracterizada por novos materiais que podem tornar o futuro mais fácil, seguro e sustentável. O campo da Ciência e Engenharia de Materiais aplicada está seguindo por novos caminhos. A iminente escassez de recursos está exigindo inovações e ideias criativas.

Nesse sentido, este livro evidencia a importância da Ciência e Engenharia de Materiais, apresentando uma coletânea de trabalhos, composta por quatro volumes, que permitem conhecer mais profundamente os diferentes materiais, mediante um exame das relações entre a sua estrutura, as suas propriedades e o seu processamento.

Considerando que a utilização de materiais e os projetos de engenharia mudam continuamente e que o ritmo desta mudança se acelera, não há como prever os avanços de longo prazo nesta área. A busca por novos materiais prossegue continuamente...

Boa leitura!

Marcia Regina Werner Schneider Abdala

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
COMPÓSITOS AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -ZRO <sub>2</sub> : PROCESSAMENTO E PROPRIEDADES MECÂNICAS	
<i>João Domingos Covello Carregosa</i>	
<i>Luiz Fernando Grespan Setz</i>	
<i>Rosane Maria Pessoa Betânio Oliveira</i>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
PROPRIEDADES DE ÓXIDO DE CÉRIO OBTIDO VIA SÍNTESE HIDROTHERMAL ASSISTIDA POR MICRO-ONDAS	
<i>João Domingos Covello Carregosa</i>	
<i>Rosane Maria Pessoa Betânio Oliveira</i>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>25</b>
AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> REFORÇADO COM NANOPARTÍCULAS DE ZRO <sub>2</sub> (3%MOL Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	
<i>Caio Marcello Felbinger Azevedo Cossú</i>	
<i>Claudinei dos Santos</i>	
<i>Manuel Fellipe Rodrigues Paes Alves</i>	
<i>Leonardo Queiroz Bueno Campos</i>	
<i>Bruno Galvão Simba</i>	
<i>Roberto de Oliveira Magnago</i>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>42</b>
EFEITO DA ADIÇÃO DO RESÍDUO DE POLIMENTO DE PORCELANATO NAS PROPRIEDADES DE BLOCOS CERÂMICOS	
<i>Geovana Lira Santana</i>	
<i>Manoel da Cruz Barbosa Neto</i>	
<i>Ricardo Peixoto Suassuna Dutra</i>	
<i>Daniel Araújo de Macedo</i>	
<i>Lizandra Fernanda Araújo Campos</i>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>51</b>
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA PROPORÇÃO DO SUBSTITUINTE CÁLCIO NA ATIVIDADE CATALÍTICA NA REDE DA PEROVSKITA LA <sub>(1-x)</sub> CA <sub>(x)</sub> MNO <sub>3</sub> (X=0,2 E 0,4)	
<i>Anderson Costa Marques</i>	
<i>Mariza de Carvalho Montenegro Fernandes</i>	
<i>Cássia Carla de Carvalho</i>	
<i>Ana Karenina de Oliveira Paiva</i>	
<i>Filipe Martel de Magalhães Borges</i>	
<i>Felipe Olobardi Freire</i>	
<i>Alexandre de Sousa Campos</i>	
<i>Juan Alberto Chaves Ruiz</i>	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>61</b>
INCORPORAÇÃO DO ÓXIDO DE MAGNÉSIO NA ZEÓLITA MCM-22 UTILIZANDO A TÉCNICA DE IMPREGNAÇÃO POR COMPLEXAÇÃO	
<i>André Miranda da Silva</i>	
<i>Vitória de Andrade Freire</i>	
<i>Caroline Vasconcelos Fernandes</i>	
<i>Franciele Oliveira Costa</i>	
<i>Bianca Viana de Sousa</i>	

**CAPÍTULO 7 ..... 69**

AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DO PÓ DE RESÍDUO DE MANGANÊS EM MATRIZ CERÂMICA PARA REVESTIMENTO

*Ana Claudia Rangel da Conceição*  
*Eval Oliveira Miranda Junior*  
*Helen Fernandes de Sousa*  
*Olímpio Baldoino da Costa Vargens Neto*  
*Victor Antunes Silva Barbosa*  
*Oswaldo Cruz Santos*  
*Mirtânia Antunes Leão*

**CAPÍTULO 8 ..... 81**

ANÁLISE DO CUSTO DE FABRICAÇÃO BASEADO NA GEOMETRIA DE PEÇAS CERÂMICAS USANDO ERP - ESTUDO DE CASO EM MPE

*Suellen de Mendonça Terroso Ferreira Jacoboski*  
*Marcia Silva de Araujo*  
*José Alberto Cerrí*

**CAPÍTULO 9 ..... 93**

SÍNTESE TERMAL DE PENEIRA MOLECULAR DE ÓXIDO DE MN K-OMS-2 A PARTIR DE K-BIRNESSITA OBTIDA PELO MÉTODO SOL-GEL

*Bruno Apolo Miranda Figueira*  
*Dayane dos Santos Rezende*  
*Kássia Lene Lima Marinho*  
*Milena Carvalho de Moraes*  
*Gilvan Pereira de Figueiredo*  
*José Manuel Rivas Mercury*

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

COMPARAÇÃO DE DIFERENTES TÉCNICAS DE INCORPORAÇÃO DO ÓXIDO DE COBALTO NA PENEIRA MOLECULAR SBA-15

*Franciele Oliveira Costa*  
*Jonas Santana Albuquerque*  
*Bianca Viana de Sousa*

**CAPÍTULO 11 ..... 109**

ATIVAÇÃO POR CALCINAÇÃO DO ÓXIDO DE ZIRCÔNIA UTILIZANDO DIFERENTES TEMPERATURAS INCORPORADO NA PENEIRA MOLECULAR MCM-41

*Maria Rosiane de Almeida Andrade*  
*Carlos Eduardo Pereira*  
*José Jaílson Nicácio Alves*  
*Bianca Viana de Sousa Barbosa*

**CAPÍTULO 12 ..... 119**

PROCEDIMENTOS NA SIMULAÇÃO MATEMÁTICA PARA DETERMINAÇÃO DE VALORES E MAXIMIZAÇÃO DE PROPRIEDADES MECÂNICAS DE NOVOS MATERIAIS CERÂMICOS

*José Vidal Nardi*  
*Aline Souza Lopes Ventura Nardi*

**CAPÍTULO 13 ..... 136**

PRODUÇÃO DE HIDRÓXIDO DE CÁLCIO A PARTIR DE RESÍDUO DA PEDRA CARIRI VISANDO SUA APLICAÇÃO EM BIOMATERIAIS

*Tiago Maia Esmeraldo Alves*  
*Ana Cândida de Almeida Prado*

**CAPÍTULO 14..... 148**

SÍNTESE DE NANOCATALISADORES CERÂMICOS DE COMPOSIÇÃO  $ZR_{1-x}CE_xO_2$  PARA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL GASOSO ECOLOGICAMENTE CORRETO

*Pedro Henrique Pinheiro Lima*  
*Gislayne Rayane Alves da Silva*  
*Francisco Natanael Félix Barbosa*  
*Maria Isabel Brasileiro*  
*Laédna Souto Neiva*

**SOBRE A ORGANIZADORA ..... 159**

## SÍNTESE DE NANOCATALISADORES CERÂMICOS DE COMPOSIÇÃO $Zr_{1-x}Ce_xO_2$ PARA PRODUÇÃO DE COMBUSTÍVEL GASOSO ECOLÓGICAMENTE CORRETO

**Pedro Henrique Pinheiro Lima**

Universidade Federal do Cariri  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Gislayne Rayane Alves da Silva**

Universidade Federal do Cariri  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Francisco Natanael Félix Barbosa**

Universidade Federal do Cariri  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Maria Isabel Brasileiro**

Universidade Federal do Cariri  
Juazeiro do Norte – Ceará

**Laédna Souto Neiva**

Universidade Federal do Cariri  
Juazeiro do Norte – Ceará

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi sintetizar e caracterizar amostras de materiais cerâmicos compostas por óxido de zircônio dopado com íons de cério,  $Ce^{3+}$ , obtidos a partir do nitrato de cério. A fim de analisar as potencialidades destes materiais para aplicação como nanocatalisadores na reação de oxidação preferencial do CO, as amostras de materiais cerâmicos de composição teórica  $Zr_{1-x}Ce_xO_2$  foram sintetizadas por meio do método Pechini e caracterizadas por difração de raios-X, microscopia eletrônica de varredura, espalhamento dinâmico de luz e determinação de tamanho de poro. A concentração do dopante

empregado não influenciou nos valores médios determinados para os poros. Essa observação é reiterada pelos resultados da análise microscópica, que evidencia uma uniformidade na morfologia dos poros das amostras. O objetivo do trabalho foi alcançado, sendo possível a síntese desse material cerâmico pelo método Pechini; ao passo que não há relatos na literatura de obtenção dessa composição por meio deste método.

**PALAVRAS-CHAVE:** Síntese Pechini, nanocatalisadores, caracterização, oxidação preferencial do CO.

**ABSTRACT:** The goal of this work was to synthesize and characterize ceramic samples composed of zirconium oxide doped with Cerium ions,  $Ce^{3+}$ , obtained from cerium nitrate. To analyse the potentialities of these materials for application as nanocatalysts in the preferential oxidation of CO reaction, the ceramic material samples of theoretical composition  $Zr_{1-x}Ce_xO_2$  were synthesized by the Pechini method and characterized by x-ray diffraction, scanning electron microscopy, dynamic light scattering and pore size determination. The utilized dopant concentration showed no effect in the determined average pore size. This observation is reiterated by the microscopic analysis results, which evidence a uniformity in the pore morphology of the samples. The goal of this

work was achieved in the sense of successfully synthesizing the desired material by the Pechini method, whereas there are no reports in the literature of obtaining this composition by this method.

**KEYWORDS:** Pechini synthesis, nanocatalysts, characterization, preferential oxidation of CO reaction.

## 1 | INTRODUÇÃO

A necessidade de reduzir a dependência do petróleo e o contínuo aumento de reservas de gás natural tem gerado grande interesse na conversão desse insumo em combustíveis e produtos petroquímicos de maior valor agregado. Por ser composto em sua grande parte por metano, o gás natural é uma excelente fonte de hidrogênio, assim, o gás natural deve ser considerado uma alternativa promissora para produção de hidrogênio, para posteriormente ser aplicado em células a combustível (ABREU, 2012).

O desenvolvimento de novos catalisadores é o grande desafio para um processo catalítico de geração de hidrogênio (SOUZA, 2004). Como definição geral tem-se que o catalisador aumenta a velocidade de uma reação sem ser consumido no processo catalítico (MORENO, 1996). As propriedades dos catalisadores, que influenciam na grande maioria das aplicações, são determinadas em escala nanométrica. As propriedades catalíticas estão intimamente relacionadas com o tamanho das nanopartículas (MEIRA, 2010).

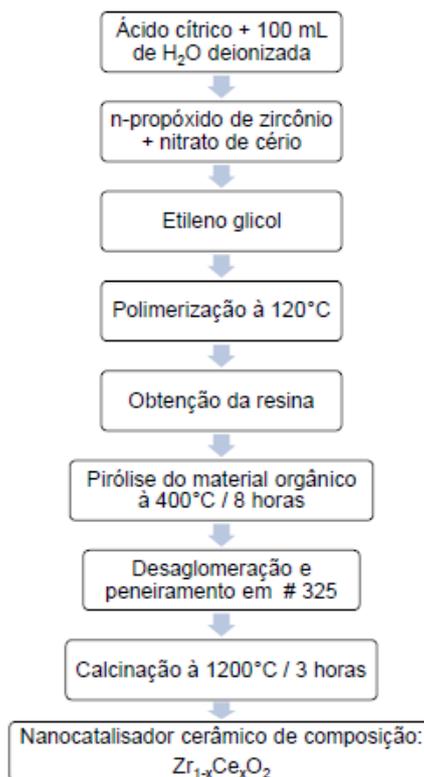
Considerando as aplicações em catálise, óxidos nanoestruturados ocupam um lugar de destaque, principalmente quando apresentam elevada área de superfície específica (FERREIRA, 2009). Óxidos metálicos nanocristalinos e nanoporosos apresentam excelentes propriedades catalíticas, magnéticas, eletrônicas e eletroquímicas, devido à diminuição do tamanho das partículas ou poros<sup>(6-7)</sup>. As pesquisas sobre esses materiais cresceram, pois há possibilidade para diversas aplicações como sensores e catalisadores, principalmente visando obter materiais para aplicações mais seguras, mais baratas e com menor impacto ambiental (BACANI, 2014).

Em conformidade com este contexto o objetivo deste trabalho é sintetizar, por meio do método de síntese Pechini, amostras de nanocatalisadores cerâmicos destinados ao processo reacional de oxidação preferencial do CO – PROX, cuja finalidade é obter um fluxo gasoso de H<sub>2</sub> de alta pureza. Caracterizar estruturalmente as amostras sintetizadas e analisar suas características estruturais e físicas fazem parte dos objetivos deste trabalho.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho foram sintetizadas, por meio do método Pechini, três amostras

de nanocatalisadores com a composição global  $Zr_{1-x}Ce_xO_2$ , as quais foram obtidas com concentrações distintas do elemento dopante - cério. O valor da concentração do elemento dopante em cada amostra foi igual a 0,25; 0,50 e 0,75 mol respectivamente na ordem sequencial em que a amostra foi sintetizada. Todas as três amostras foram obtidas na forma de pó cerâmico. Os procedimentos das sínteses destas amostras foram realizados no Laboratório de Materiais Cerâmicos da Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da Universidade Federal do Cariri. O procedimento experimental para a obtenção de cada amostra de nanocatalisadores cerâmicos de composição global  $Zr_{1-x}Ce_xO_2$ , está ilustrado de forma simplificada na Figura 1.



**Figura 1** – Fluxograma representativo da metodologia de obtenção dos nanocatalisadores de composição  $Zr_{1-x}Ce_xO_2$  por meio do método de síntese Pechini.

### 3 | CARACTERIZAÇÕES ESTRUTURAIS

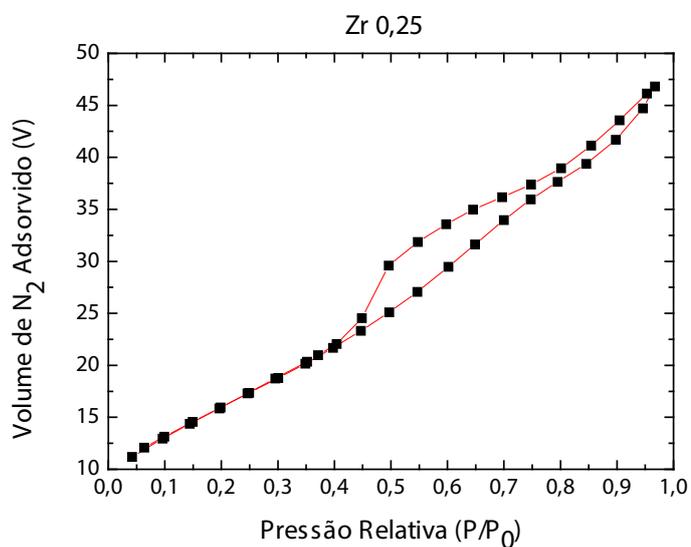
As amostras de nanocatalisadores cerâmicos com composição global  $Zr_{1-x}Ce_xO_2$ , obtidas na forma de pó constituído de partículas nanométricas, sintetizadas neste trabalho, foram submetidas para análises de caracterizações por difração de raios-X para identificação e quantificação das fases formadas nas estruturas de cada amostra individualmente, determinação dos tamanhos dos cristalitos e parâmetros de rede; microscopia eletrônica de varredura (MEV) para observação da morfologia (forma e tamanho) dos aglomerados das partículas unitárias, determinação do tamanho das partículas unitárias por meio da técnica DLS e determinação das características texturais como área superficial, tamanho de partícula, volume e diâmetro médio dos poros por meio da técnica de adsorção e dessorção de  $N_2$ , utilizando os métodos BET

e BJH.

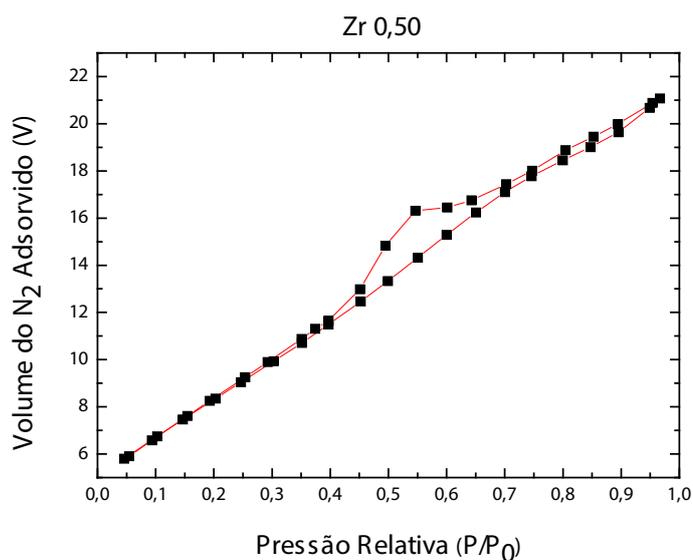
As amostras sintetizadas neste trabalho foram denominadas com códigos de identificação; deste modo, a amostra que recebeu a concentração de 0,25 mol de cério, como elemento dopante, foi denominada com o código **Zr 0,25**; a amostra que recebeu a concentração de 0,50 mol de cério foi denominada com o código **Zr 0,50** e, por fim, a amostra que recebeu a concentração de 0,75 mol de cério foi denominada com o código **Zr 0,75**.

#### 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

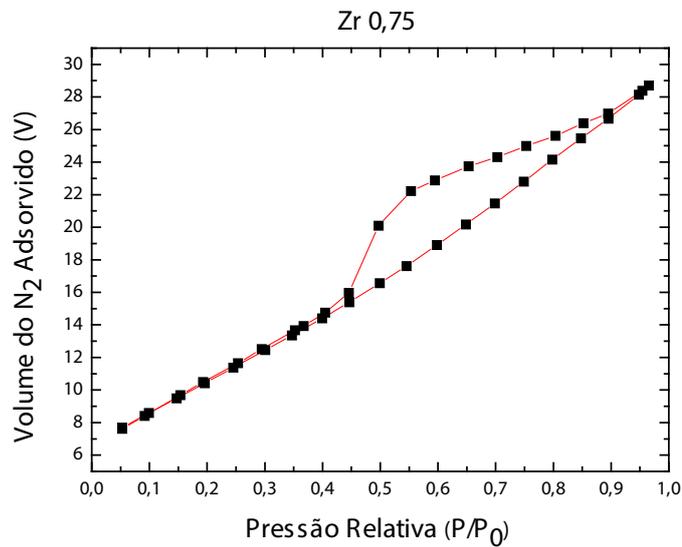
A seguir estão apresentados na Figura 2 os perfis gráficos das isotermas de adsorção e dessorção de  $N_2$  para as amostras Zr0,25, Zr0,50 e Zr0,75, respectivamente.



a)



b)

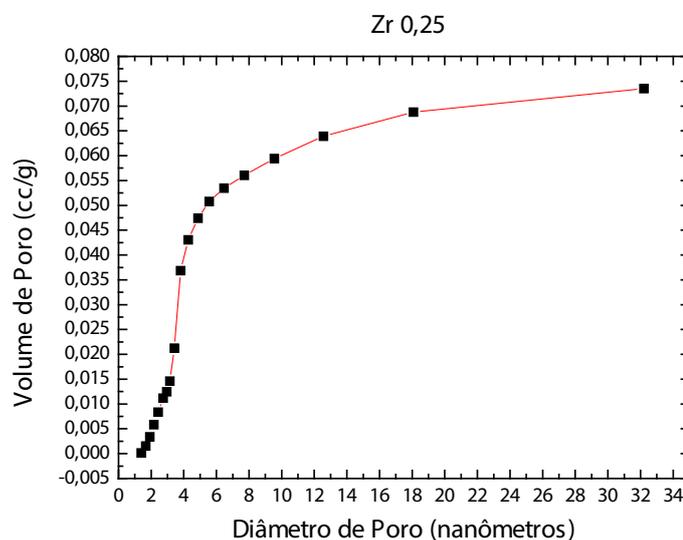


c)

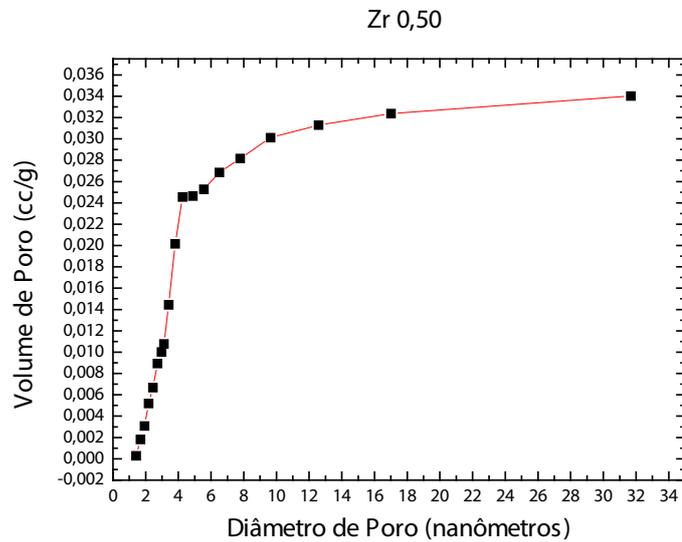
**Figura 2** – Perfis gráficos das isotermas de adsorção e dessorção de N<sub>2</sub> para as amostras (a) Zr 0,25, (b) Zr 0,50 e (c) Zr 0,75.

De acordo com os perfis gráficos ilustrados na Figura 2, é possível observar nos gráficos (a), (b) e (c) uma pequena concavidade voltada para cima, na região inferior à histerese, que pode ser encontrada nas isotermas do Tipo IV, indicando poros na faixa de mesoporosidade (de 2 a 50 nanômetros) ou macroporosidade (acima de 50 nanômetros). O ponto de inflexão ou “joelho” da isoterma corresponde à ocorrência da formação da primeira camada adsorvida que recobre toda a superfície do material. Um brusco aumento do volume de gás adsorvido para pequenos valores de P/P<sub>0</sub>, na isoterma do tipo IV, indica a presença de microporos associados a mesoporos (STORCK, 1998).

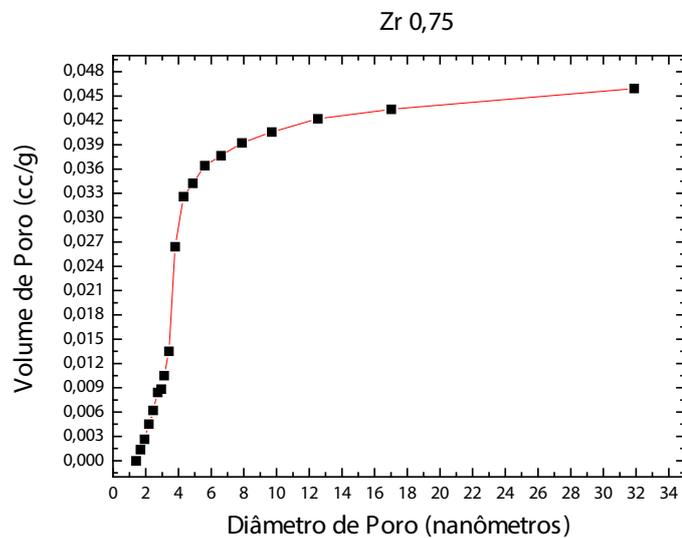
A seguir, estão apresentados na Figura 3 os perfis gráficos referentes ao volume ou fração de poros nas estruturas das amostras sintetizadas em função da distribuição de tamanho dos mesmos.



a)



b)

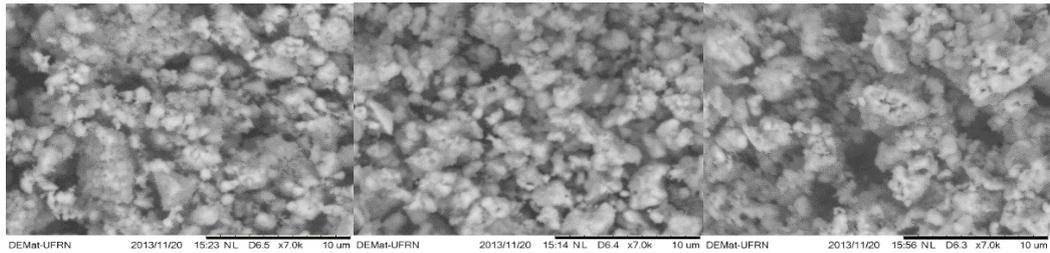


c)

**Figura 3** – Perfis gráficos dos volumes de poros na estrutura das amostras em função da distribuição de tamanho dos poros para as amostras (a) Zr 0,25; (b) Zr 0,50 e (c) Zr 0,75.

As três composições apresentam uma média de diâmetros de poro bastante semelhante e aproximada (6,678; 6,609; e 6,635 nanômetros). Pode-se observar que o volume ocupado por poros é bem maior na amostra Zr 0,25 comparada às outras duas amostras, o que pode indicar forte indício da presença de uma fase cúbica de estrutura fluorita da céria, a qual possui menor empacotamento atômico. De acordo com a análise das isotermas, os poros se encontram na faixa de mesoporosidade, visto que os poros vêm a apresentar um volume característico a partir dos 5 nanômetros. Abaixo deste valor, os poros apresentam um volume e diâmetros tão pequenos, podendo afirmar que estão localizados em uma região de maior empacotamento, ou onde tenha ocorrido um defeito pontual do tipo Frenkel, onde um dos ânions tenha ocupado um sítio intersticial ao invés de uma lacuna (CALLISTER, 2012).

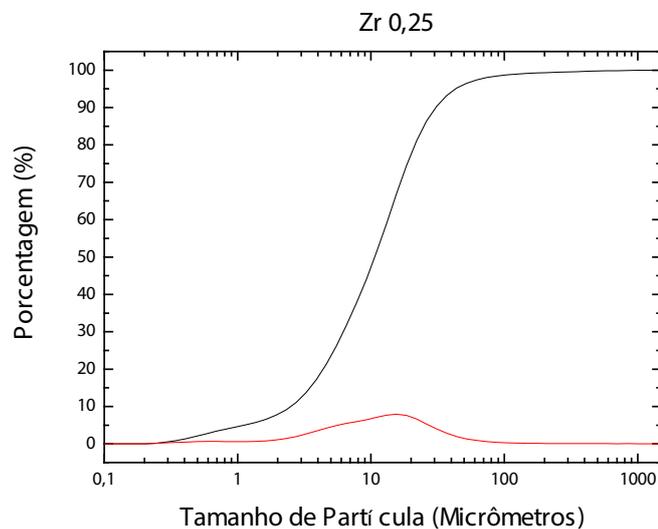
A seguir estão apresentados na Figura 4 as micrografias para as amostras Zr 0,25, Zr 0,50 e Zr 0,75, respectivamente.



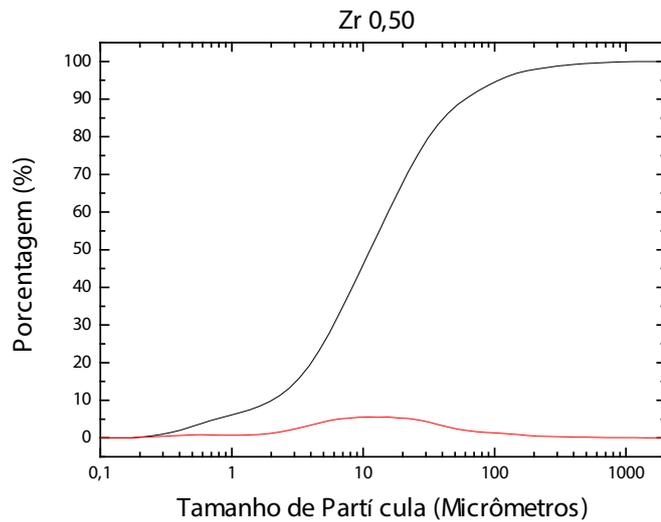
**Figura 4**– Micrografias da Zircônia dopada com 0,25; 0,50 e 0,75 mol de Ce, respectivamente. Amostra (a) Zr 0,25; (b) Zr 0,50 e (c) 0,75.

Pode-se observar nestas três micrografias, ilustradas na Figura 4, uma uniformidade na morfologia dos poros (tamanho e forma), como visto nos gráficos de tamanho de poro. No entanto, entre a primeira e a terceira micrografia há certa dispersividade em relação aos tamanhos e volumes de poro, que pode ser explicada devido ao defeito pontual das cerâmicas, já discutido anteriormente. A segunda micrografia não apresenta tamanha dispersividade; este fenômeno pode ser explicado devido às mesmas concentrações de Ce e Zr (0,50 mol).

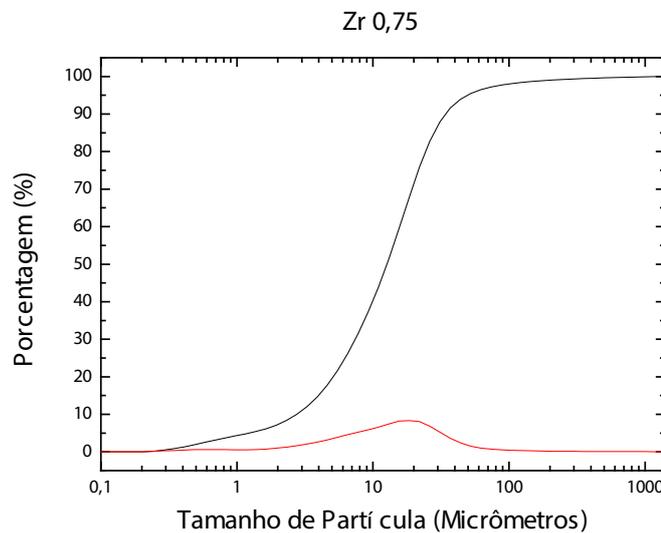
A seguir estão apresentados na Figura 5 os perfis gráficos de distribuição de partículas unitárias para as amostras Zr 0,25, Zr 0,50 e Zr 0,75, respectivamente.



a)



b)

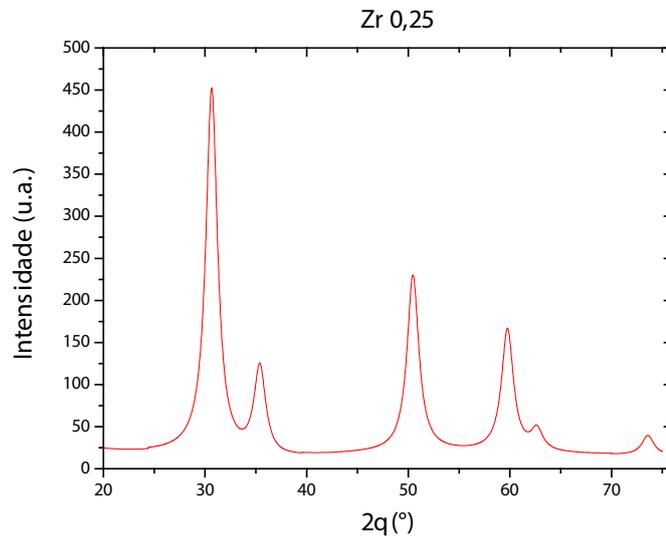


c)

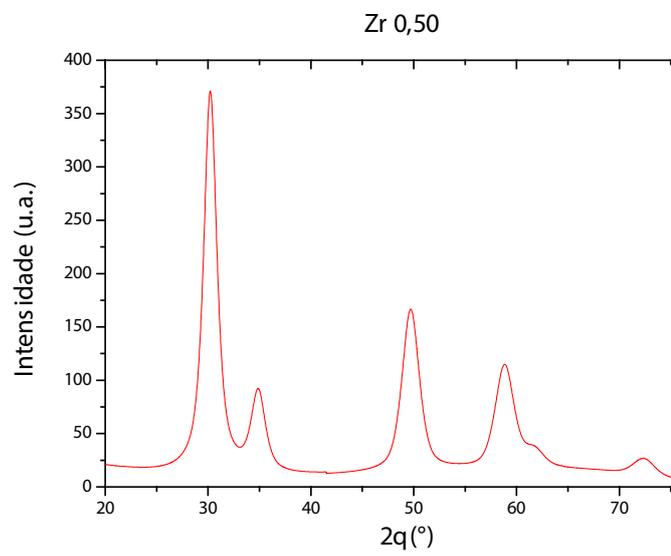
**Figura 5** – Distribuição do tamanho partículas unitárias para as amostras dos nanocatalisadores cerâmicos sintetizadas pelo método Pechini. Amostra (a) Zr 0,25; (b) Zr 0,50 e (c) Zr 0,75.

Esses gráficos comprovam a veracidade das isotermas e dos gráficos de tamanho de poro, visto que partículas nessa faixa de tamanho tendem a formar poros pequenos, como foram vistos, na faixa de mesoporosidade. Os valores médios de diâmetro de partícula em relação a distribuição por volume são: 17,70 para a Zr 0,25; 29,55 para a Zr 0,50 e 21,38 para a Zr 0,75. A segunda curva (em vermelho) determina a região de maior porcentagem dos tamanhos de partícula.

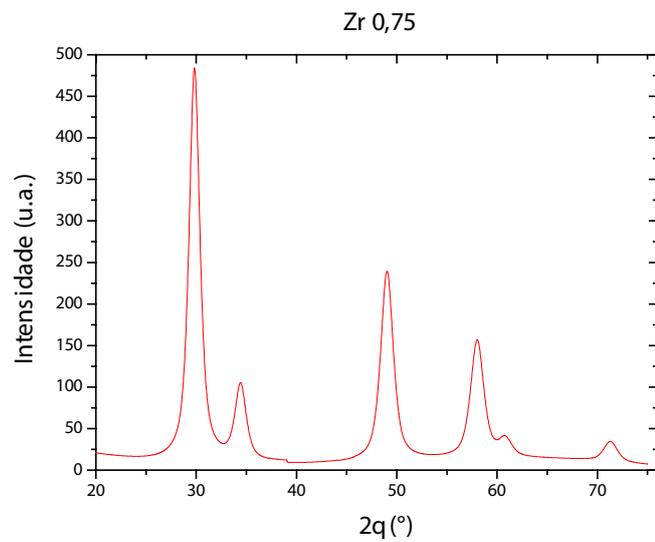
Na Figura 6 estão representados os gráficos representativos dos difratogramas relativos às amostras Zr 0,25, Zr 0,50 e Zr 0,75, respectivamente.



a)



b)



c)

**Figura 6** – Gráficos representativos dos difratogramas das amostras (a) Zr 0,25; (b) Zr 0,50 e (c) Zr 0,75.

Os picos mais altos em  $2\theta = 30^\circ$  e  $50^\circ$  correspondem à uma fase tetragonal da zircônia. O terceiro pico alto próximo a  $2\theta = 60^\circ$  é um indicativo da fase cúbica de estrutura fluorita da céria ( $\text{CeO}_2$ ). O pico menor próximo a  $2\theta = 35^\circ$  é referente à fase tetragonal da zircônia, já os picos próximos a  $2\theta = 62,5^\circ$  e  $74^\circ$  são referentes à fase cúbica de estrutura fluorita da céria. Pode-se observar que a composição das amostras não apresenta grande influência na estrutura do composto, pela semelhança dos gráficos. No entanto, a composição das amostras modifica a intensidade dos picos, os quais referem-se à distância interplanar das amostras (HERNÁNDEZ-ENRÍQUEZ, 2012).

## 5 | CONCLUSÃO

Após a análise dos resultados constatou-se que o objetivo geral do trabalho foi obtido satisfatoriamente, visto que foi possível sintetizar nanocatalisadores cerâmicos a partir do método de síntese Pechini, e caracterizá-los. Os resultados de DLS, determinação de tamanho de poro e isothermas evidenciaram que as amostras dos nanocatalisadores obtidas são porosas, na faixa de mesoporosidade. As micrografias de MEV indicaram que as diferentes concentrações do dopante não exerceram influência no tamanho médio dos poros, visto que essa característica se apresentou de forma muito similar, em suas morfologias, para as três amostras sintetizadas. A análise de DRX apresentou a fase com estrutura pertencente ao sistema tetragonal relativa ao óxido de zircônio e a presença de fases secundárias constituídas por estrutura cúbica, do tipo fluorita, característica típica do óxido de cério. A concentração do elemento dopante não exerceu influência pronunciada sobre as fases majoritárias das estruturas das amostras; no entanto, exerceu influência evidente na intensidade dos picos em cada amostra, de forma diretamente proporcional ao valor da concentração do elemento dopante, fazendo referência a distância dos planos ( $d_{hkl}$ ).

## AGRADECIMENTOS

À UFCA e ao CNPq pelo suporte financeiro destinado à realização desse projeto.

## REFERÊNCIAS

ABREU, Amanda Jordão de. **Desenvolvimento e caracterização de catalisadores de níquel suportados em matrizes  $\text{CeO}_2\text{-ZrO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CeO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{ZrO}_2\text{-La}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$  avaliados para as reações de reforma do metano.** 2012. 130 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BACANI, Rebeca. **Síntese e caracterização de nanocatalisadores de  $\text{ZrO}_2\text{-CeO}_2/\text{Ni}$  para aplicação em ânodos de células a combustível de óxido sólido.** 2014. 165 f. Tese (Doutorado) – Curso de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

CALLISTER JUNIOR, William D.; RETHWISCH, David G.. **Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2012.

FERREIRA, Hadma Sousa; RANGEL, Maria do Carmo. **Nanotecnologia: aspectos gerais e potencial de aplicação em catálise**. *Química Nova*, Salvador, v. 32, n. 7, p.1860-1870, fev. 2009.

LEE, Jinwoo et al. **Direct access to thermally stable and highly crystalline mesoporous transition-metal oxides with uniform pores**. *Nature Materials*, [s.l.], v. 7, n. 3, p.222-228, 27 jan. 2008. Springer Nature.

HERNÁNDEZ-ENRÍQUEZ, Juan Manuel et al. Synthesis and Physico-Chemical Characterization of CeO<sub>2</sub>/ZrO<sub>2</sub>-SO<sub>4</sub> 2- Mixed Oxides. *Journal Of The Mexican Chemical Society*, Ciudad Madero, v. 56, n. 2, p.115-120, jan. 2012.

MEIRA, Débora Motta. **Síntese e Caracterização de Nanocatalisadores de Platina Suportados Aplicados à Reação de Reforma do Metano**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Química, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

MORENO, E. L. **Propriedades de Catalisadores de Cobre Suportados em Aluminato de Zinco sob a Reação de Shift.**, Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1996.

SOUZA, M. M. V. M., **Geração de hidrogênio a partir do gás natural para células combustíveis**, Prêmio Mercosul de Ciência e Tecnologia, 2004.

STORCK, S; BRETINGER, H.; MAIER, W. F., **Characterization of micro-and mesoporous solids by physisorption methods and pore-size analysis**, *Applied Catalysis A: General*, 174, p.137-146, 1998.

YANG, Peidong et al. **Generalized syntheses of large-pore mesoporous metal oxides with semicrystalline frameworks**. *Nature*, [s.l.], v. 396, n. 6707, p.152-155, nov. 1998. Springer Nature.

## **SOBRE A ORGANIZADORA**

**Marcia Regina Werner Schneider Abdala:** Mestre em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Possui experiência na área de Educação a mais de 06 anos, atuando na área de gestão acadêmica como coordenadora de curso de Engenharia e Tecnologia. Das diferentes atividades desenvolvidas destaca-se a atuação como professora de ensino superior atuando em várias áreas de graduações; professora de pós-graduação lato sensu; avaliadora de artigos e projetos; revisora de revistas científicas; membro de bancas examinadoras de trabalhos de conclusão de cursos de graduação. Atuou como inspetora de Aviação Civil, nas áreas de infraestrutura aeroportuária e segurança operacional em uma instituição federal.

Agência Brasileira do ISBN  
ISBN 978-85-85107-62-8

