

# A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

# A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

 **Atena**  
Editora

Ano 2020

2020 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

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

**Diagramação:** Natália Sandrini de Azevedo

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

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

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília

Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa

Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará

Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia

Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá

Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima

Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões

Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice

Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense

Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste

Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador

Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília  
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira  
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federaci do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof<sup>a</sup> Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar  
Prof<sup>a</sup> Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Prof<sup>a</sup> Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Prof<sup>a</sup> Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof<sup>a</sup> Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina  
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof<sup>a</sup> Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco



Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis  
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior  
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
D618	<p>A diversidade de debates na pesquisa em química 2 [recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2020.</p> <p>Formato: PDF            Requisitos de sistemas: Adobe Acrobat Reader            Modo de acesso: World Wide Web            Inclui bibliografia            ISBN 978-65-5706-036-0            DOI 10.22533/at.ed.360202105</p> <p>1. Química – Pesquisa – Brasil. 2. Pesquisa – Metodologia.            I.Nardeli, Jéssica Verger.</p> <p style="text-align: right;">CDD 540.7</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
 contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A coleção “A Diversidade de Debates na Pesquisa em Química 2” é uma obra que tem um conjunto fundamental de conhecimentos direcionados a industriais, pesquisadores, engenheiros, técnicos, acadêmicos e, é claro, estudantes. A coleção abordará de forma categorizada pesquisas que transitam nos vários caminhos da química de forma aplicada, inovadora, contextualizada e didática objetivando a divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõem seus capítulos.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos relacionados a revestimentos inteligentes – *smart coatings*; técnicas eletroquímicas; modificação de superfície; processo foto-Fenton; dessulfurização adsortiva de diesel; otimização de sensores; contaminantes orgânicos; degradação de compostos; nanotubos de carbono hidrofílicos; oxidação parcial do metano; produção de etanol; tratamento de efluente aquoso; produção de biogás; processo oxidativo avançado; partição de íons metálicos; ensino de polímeros; reutilização de óleo industrial; análise complexométrica de alumínio e modelagem molecular. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, entre outras abordagens importantes na área de química, ensino e engenharia química. A diversidade de Debates na pesquisa em Química tem sido um fator importante para a contribuição em diferentes áreas.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de química tecnológica, bacharel e licenciatura. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, aplicações de processos, caracterização com diferentes técnicas (eletroquímica, microscopia, espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier e raios-X) substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Portanto, esta obra é oportuna e visa fornecer uma infinidade de estudos fundamentados nos resultados experimentais obtidos pelos diversos pesquisadores, professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática.

Jéssica Verger Nardeli

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
SMART COATING FOR CORROSION PROTECTION OF ALUMINIUM ALLOYS: GLOBAL AND LOCALIZED STUDY OF ANTI- CORROSION PERFORMANCE	
Jéssica Verger Nardeli Cecílio Sadao Fugivara Fátima Montemor Assis Vicente Benedetti	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021051</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
FACTORIAL EXPERIMENTAL DESIGN APPLIED FOR OPTIMIZATION OF TARTRAZINE REMOVAL BY PHOTO-FENTON PROCESS USING $Cu_2FeSn_4$ CATALYST	
Julia da Silveira Salla Vitória Segabinazzi Foletto Jivago Schumacher de Oliveira Gabriela Carvalho Collazzo Evandro Stoffels Mallmann Edson Luiz Foletto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021052</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>23</b>
TRANSFORMACIÓN DE ÁCIDO FERÚLICO CON HONGOS AISLADOS DE BAGAZO DE CAÑA	
Miguel Ávila Jiménez Myriam Gisela Gutiérrez Rueda Julia Aguilar Pliego María del Rocío Cruz Colín María Teresa Castañeda Briones	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021053</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>32</b>
APLICAÇÃO DE MATERIAIS MCM-41 E SBA-15 COMO SINTETIZADOS E MODIFICADOS COM ÍONS NÍQUEL E PRATA NA DESSULFURIZAÇÃO ADSORTIVA DE DIESEL	
Clenildo de Longe Rafael Viana Sales Anne Beatriz Figueira Câmara Adriano Santos de Sousa Leila Maria Aguilera Campos Maritza Montoya Urbina Tatiana de Campos Bicudo Luciene Santos de Carvalho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021054</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>43</b>
AVALIAÇÃO DO SENSOR BASEADO GRAFENO E COBRE PARA DETECÇÃO DE GLIFOSATO E AMPA	
Sarah Setznagl Ivana Cesarino	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021055</b>	



<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>57</b>
COMPORTAMENTO DE CONTAMINANTES ORGÂNICOS EM SUBSUPERFÍCIE	
Vivian Maria de Arruda Magalhães	
Oswaldo Chiavone Filho	
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021056</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>76</b>
INVESTIGAÇÃO DA DEGRADAÇÃO DO FENOL EM MEIO AQUOSO UTILIZANDO PERÓXIDO DE HIDROGÊNIO E IRRADIAÇÃO SOLAR	
Julia da Silveira Salla	
Humberto Neves Maia de Oliveira	
André Luís Novais Mota	
Cláudio Augusto Oller do Nascimento	
Edson Luiz Foletto	
Oswaldo Chiavone-Filho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021057</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>89</b>
PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO HIDROFÍLICOS	
Leila Cottet	
Luís Otávio de Brito Benetoli	
Nito Angelo Debacher	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021058</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>98</b>
ÓXIDOS DO TIPO PEROVSKITA $Nd_{0,95}FeO_3$ E $Nd_{0,95}CrO_3$ PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE ATRAVÉS DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO	
Karina Tamião de Campos Roseno	
Rodrigo Brackmann	
Rita Maria de Brito Alves	
Reinaldo Giudici	
Martin Schmal	
<b>DOI 10.22533/at.ed.3602021059</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>107</b>
PRODUÇÃO DE ETANOL UTILIZANDO BAGAÇO DE SORGO BIOMASSA	
Cristian Jacques Bolner de Lima	
Charles Nunes de Lima	
Fernanda Maria da Silva Costa	
Érik Ramos da Silva de Oliveira	
Monique Virões Barbosa dos Santos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36020210510</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>118</b>
UTILIZAÇÃO DAS CINZAS PESADAS DE TERMOELÉTRICA COMO CATALISADOR EM REAÇÃO FOTO-FENTON PARA REMOÇÃO DE CORANTE TÊXTIL EM EFLUENTE AQUOSO	
Fernanda Caroline Drumm	
Patrícia Grassi	
Jivago Schumacher de Oliveira	
Julia da Silveira Salla	
Sérgio Luiz Jahn	
Edson Luiz Foletto	
<b>DOI 10.22533/at.ed.36020210511</b>	

**CAPÍTULO 12 ..... 128**

**AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE ETANOL A PARTIR DA SELEÇÃO DE UM CULTIVAR DE SORGO SACARINO NO ESTADO DE MATO GROSSO**

Cristian Jacques Bolner de Lima  
Fernanda Maria da Silva Costa  
Érik Ramos da Silva de Oliveira  
Francieli Fernandes  
Charles Souza da Silva  
Juniele Gonçalves Amador  
Monique Virões Barbosa dos Santos

**DOI 10.22533/at.ed.36020210512**

**CAPÍTULO 13 ..... 141**

**PRODUÇÃO DE BIOGÁS A PARTIR DA BIODIGESTÃO ANAERÓBICA DO LODO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS (ETE) DA UFRN**

Oscar Eduardo Reyes Cavalcanti  
Ana Beatriz de Gois Lima  
Thalita Gomes Ferreira  
Nathalia Souza Teixeira  
Rosangela Dala Possa  
Leila Maria Aguilera Campos  
Maritza Montoya Urbina  
Adriano Santos de Sousa  
Luciene Santos de Carvalho

**DOI 10.22533/at.ed.36020210513**

**CAPÍTULO 14 ..... 154**

**REMEDIAÇÃO DE SOLO CONTAMINADO COM NAFTALENO: ESTUDO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DE PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS HOMOGÊNEO E HETEROGÊNEO**

Vivian Maria de Arruda Magalhães  
Gabriela Paupitz Mendes  
Rayanne Macêdo Aranha  
Oswaldo Chiavone Filho  
Marilda Mendonça Guazzelli Ramos Vianna

**DOI 10.22533/at.ed.36020210514**

**CAPÍTULO 15 ..... 170**

**SISTEMA AQUOSO BIFÁSICO: CONCEITOS, PROPRIEDADES E APLICAÇÕES NA PARTIÇÃO DE ÍONS METÁLICOS**

Ednilton Moreira Gama  
Roberta Pereira Matos  
Guilherme Dias Rodrigues

**DOI 10.22533/at.ed.36020210515**

**CAPÍTULO 16 ..... 179**

**UTILIZAÇÃO DE ANALOGIAS E ATIVIDADES CONTEXTUALIZADAS: UMA PERSPECTIVA DE APRIMORAMENTO DE COMPETÊNCIAS PARA O ENSINO DE POLÍMEROS**

Amanda Rebelo de Azevedo  
Vinicius Fernandes Moreira

**DOI 10.22533/at.ed.36020210516**

**CAPÍTULO 17 ..... 201**

PRODUÇÃO DE SABÃO UTILIZANDO ÓLEO RESIDUAL ORIUNDO DE PROCESSAMENTO DE MÁQUINAS DE FRANGO

Gisele Carvalho Conceição  
Thayssa Sales Cardoso  
Diego Ribeiro Nunes  
Ronald Almeida dos Santos  
Sérgio Vinicius Machado dos Santos  
Emanoel Oliveira de Aviz  
Arlesson Pereira da Silva  
Ronald Vieira Garcia  
Josiney Farias de Araújo  
Simonny do Carmo Simões Rolo de Deus  
Ricardo Jorge Amorim de Deus  
Manolo Cleiton Costa de Freitas  
Leandro Marques Correia

**DOI 10.22533/at.ed.36020210517**

**CAPÍTULO 18 ..... 221**

ANÁLISE COMPLEXOMÉTRICA DE ALUMÍNIO EM ARROZ COZIDO EM PANELAS DE ALUMÍNIO E/OU INOX, EM RESTAURANTES DE SÃO LUÍS – MA

Elis Cristina de Sousa Ferreira  
Ricardo Santos Silva  
Anna Karolyne Lages Leal  
Raissa Soares Penha Ferreira  
Maria do Socorro Nahuz Lourenço

**DOI 10.22533/at.ed.36020210518**

**CAPÍTULO 19 ..... 231**

A PRIMEIRA MODELAGEM MOLECULAR POR HOMOLOGIA DA PROTEÍNA VP4 DO VÍRUS CHANGUINOLA

Bruno Rafael Costa Guimarães  
Raul Alexandre Maciel Campos  
Jânio di Paula Cavalleiro de Macêdo dos Santos  
Adriano Santos da Rocha  
Alan Sena Pinheiro  
Jorddy Neves Cruz  
Sandro Patroca da Silva  
Davi Henrique Trindade Amador  
Miguel Braga  
Renato Araújo da Costa  
Elaine Cristina Medeiros da Rocha  
João Augusto Pereira da Rocha

**DOI 10.22533/at.ed.36020210519**

**CAPÍTULO 20 ..... 249**

POESIA COMO SIGNO ARTÍSTICO EM AULAS DE QUÍMICA

Elaine da Silva Ramos  
Carlos Eduardo Laburú

**DOI 10.22533/at.ed.36020210520**

**CAPÍTULO 21 ..... 261**

ALBERTO MAGNO IN CHEMICAL TEACHING: THE COMICS AS A LEARNING METHOD

Ednalva Dantas Rodrigues da Silva Duarte  
Ismael Montero Fernández

Cecilia Araujo

DOI 10.22533/at.ed.36020210521

**CAPÍTULO 22 ..... 269**

ESTUDO QUÍMICO DE PINTURAS RUPESTRES DO SÍTIO ARQUEOLÓGICO TOCA DA BAIXA DO CAJUEIRO POR FRX PORTÁTIL E SUAS IMPLICAÇÕES PARA A CONSERVAÇÃO

Maria Conceição Soares Meneses Lage

Wilkins Oliveira de Barros

Iasmin Maria Rodrigues de Sales Vieira

Anibal Gustavo Sousa Oliveira

Andressa Carvalho Lima

Benedito Batista Farias Filho

DOI 10.22533/at.ed.36020210522

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 281**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 282**

## ÓXIDOS DO TIPO PEROVSKITA $\text{Nd}_{0,95}\text{FeO}_3$ E $\text{Nd}_{0,95}\text{CrO}_3$ PARA PRODUÇÃO DE GÁS DE SÍNTESE ATRAVÉS DA OXIDAÇÃO PARCIAL DO METANO

Data de aceite: 04/05/2020

<http://lattes.cnpq.br/4707025505903896>

Data de submissão: 28/01/2020

### **Karina Tamião de Campos Roseno**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,  
Departamento de Engenharia Química  
São Paulo – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/7887306801931681>

### **Rodrigo Brackmann**

Universidade Tecnológica Federal do Paraná,  
Departamento de Química  
Pato Branco – Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/4017429345069523>

### **Rita Maria de Brito Alves**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,  
Departamento de Engenharia Química  
São Paulo – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/2784703187800324>

### **Reinaldo Giudici**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,  
Departamento de Engenharia Química  
São Paulo – São Paulo  
<http://lattes.cnpq.br/4750838304742762>

### **Martin Schmal**

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo,  
Departamento de Engenharia Química  
São Paulo – São Paulo  
Universidade Federal do Rio de Janeiro,  
Programa de Engenharia Química – COPPE  
Rio de Janeiro – Rio de Janeiro

**RESUMO:** Óxidos mistos com estrutura perovskita  $\text{Nd}_{0,95}\text{FeO}_3$  (NF) e  $\text{Nd}_{0,95}\text{CrO}_3$  (NC) foram sintetizados por meio da calcinação de polímeros obtidos pelo método de Pechini. Os catalisadores foram caracterizados por análise termogravimétrica (TG/DTA), microscopia eletrônica de transmissão (MET) e difração de raios X (DRX) com o intuito de se verificar a estabilidade térmica, a morfologia e a estrutura cristalina dos materiais sintetizados, respectivamente. Os óxidos obtidos foram empregados na reação de oxidação parcial do metano. As perovskitas apresentaram-se altamente cristalinas e aglomeradas. Ambos os óxidos se mostraram promissores candidatos a catalisadores da reação de oxidação parcial do  $\text{CH}_4$  com destaque para a perovskita NC, que se evidenciou ativa e seletiva à formação de gás de síntese a 700 °C. A reação de oxidação total do  $\text{CH}_4$  foi favorecida, em maior extensão, quando se empregou a perovskita NF. Os produtos da combustão total do  $\text{CH}_4$ , por sua vez, conduziram à ocorrência de reações paralelas como a reforma a vapor do  $\text{CH}_4$  e a reação de *Shift*, o que explica a elevada razão  $\text{H}_2/\text{CO}$  determinada para este catalisador (6,5)

em comparação ao catalisador NF (3,7).

**PALAVRAS-CHAVE:** perovskita, oxidação parcial do metano, gás de síntese, neodímio, reforma do metano.

## ND<sub>0,95</sub>FeO<sub>3</sub> AND ND<sub>0,95</sub>CrO<sub>3</sub> PEROVSKITE-TYPE OXIDES FOR PRODUCTION OF SYNTHESIS GAS THROUGH PARTIAL OXIDATION OF METHANE

**ABSTRACT:** Nd<sub>0,95</sub>FeO<sub>3</sub> (NF) and Nd<sub>0,95</sub>CrO<sub>3</sub> (NC) perovskite-type structures were synthesized by the calcination of polymers obtained by the Pechini method. The catalysts were characterized by thermogravimetric analysis (TG/DTA), transmission electron microscopy (TEM) and X-ray diffraction (XRD) in order to verify the thermal stability, morphology and crystalline structure of the synthesized materials, respectively. The obtained oxides were used in the partial oxidation of methane (POM reaction). The perovskites were highly crystalline and agglomerated. Both oxides are promising candidates as catalysts for the POM reaction with prominence for NC perovskite, which was active and selective for the formation of synthesis gas at 700 °C. Total oxidation of CH<sub>4</sub> was favored to a greater extent when the perovskite NF was used. Products of the total combustion of CH<sub>4</sub>, in turn, led to the occurrence of parallel reactions such as CH<sub>4</sub> steam reforming and the Shift reaction, which explains the high H<sub>2</sub>/CO ratio determined for this catalyst (6.5) compared to the NF catalyst (3.7).

**KEYWORDS:** perovskite, partial oxidation of methane, syngas, neodymium, methane reforming.

## 1 | INTRODUÇÃO

As preocupações ambientais levaram a um aumento do interesse em fontes alternativas de energia para substituir recursos energéticos à base de combustíveis fósseis (IZQUIERDO *et al.*, 2012). O gás de síntese ou *syngas* (CO + H<sub>2</sub>) utilizado como matéria-prima no processo de produção de metanol e combustíveis sintéticos pode ser produzido por diferentes reações dentre as quais a oxidação parcial do metano tem despertado interesse, devido a sua exotermicidade e, portanto, trata-se de uma reação que requer menos energia em relação à convencional e endotérmica reação de reforma a vapor do metano (ZHAO *et al.*, 2014). Os catalisadores à base de metais nobres apresentam elevado desempenho na conversão do metano e seletividade a gás de síntese, além de serem menos sensíveis à formação de carbono. No entanto, os metais de transição têm sido estudados devido ao seu baixo custo e maior disponibilidade em comparação aos metais nobres. Porém, os catalisadores à base de metais de transição apresentam como desvantagem a desativação pela formação de coque e sinterização de partículas metálicas como



consequência das elevadas temperaturas no reator de reforma.

Na busca por catalisadores ativos nas reações de reforma de hidrocarbonetos, os precursores óxidos do tipo perovskita, com fórmula geral  $ABO_3$ , apresentam significativa atividade catalítica, estabilidade térmica e capacidade de impedir a deposição de carbono. Estes óxidos são muito interessantes em função de suas propriedades redox (mobilidade de oxigênio), além de tolerarem a substituição parcial e não estequiométrica de uma variedade de cátions nos sítios A e/ou B, e ainda manter a estrutura perovskita (PENA; FIERRO, 2001).

A perovskita  $LaCrO_3$  tem destaque devido à sua estabilidade e alta atividade sob condições de reforma (MELCHIORI *et al.*, 2014), enquanto que a estrutura  $LaFeO_3$  é muito atrativa pela sua elevada mobilidade de oxigênio (TANG; XU; FAN, 2015). Watanabe *et al.* (2016) estudaram o desempenho de uma série de perovskitas não estequiométricas do tipo  $A_xCrO_{3-\delta}$  (A: La, Pr, Nd,  $0,90 \leq x \leq 1,05$ ) na desidrogenação do propano com vapor. Os autores verificaram que o catalisador  $Nd_{0,95}CrO_{3-\delta}$  foi o que apresentou o melhor desempenho na reação dentre as perovskitas estudadas.

Inserido nesse contexto, o presente trabalho visa a análise do desempenho das perovskitas  $Nd_{0,95}FeO_3$  e  $Nd_{0,95}CrO_3$  na reação de oxidação parcial do metano para a produção de gás de síntese.

## 2 | EXPERIMENTAL

### 2.1 Síntese das perovskitas

As perovskitas  $Nd_{0,95}FeO_3$  (NF) e  $Nd_{0,95}CrO_3$  (NC) foram preparadas na forma mássica através da Rota do Complexo Polimerizável (RCP), também conhecida como método de Pechini. Soluções 0,4M de  $Nd(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ ,  $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  e/ou  $Cr(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  e solução 1,1M de ácido cítrico (AC) foram preparadas. As soluções dos nitratos metálicos foram misturadas, à temperatura ambiente, de modo a se obter uma mistura estequiométrica dos cátions. Em seguida, adicionou-se o AC ao sistema, e a temperatura foi elevada a 60°C, permanecendo, sob agitação, nesta condição por 30 minutos. Adicionou-se então o etilenoglicol (EG) na razão AC:EG de 3:2 e elevou-se a temperatura para 90°C, mantendo-a constante por aproximadamente 3 horas. Nesta condição, ocorre a reação de poliesterificação entre o complexo metálico e o EG, produzindo a resina polimérica e água. As resinas foram secas a 110°C por 19 horas com o objetivo de se eliminar a água produzida na reação e que tenha permanecido retida em sua estrutura. O polímero seco foi macerado com grau e pistilo e submetido a duas etapas de calcinação em forno mufla, sob atmosfera estática: a primeira à temperatura de 500°C por 30 minutos com taxa de aquecimento de 1°C/min, e a segunda a 700°C por 3 horas com taxa

de 5°C/min.

## 2.2 Caracterização das perovskitas

Análise termogravimétrica e análise térmica diferencial (TG/DTA) foram conduzidas usando-se os precursores dos catalisadores (não-calcinados), com o objetivo de se estudar a estabilidade térmica dos materiais bem como monitorar a decomposição dos compostos de partida como nitratos, carbonatos, água e outros materiais. Os experimentos foram conduzidos em um aparelho Shimadzu DTG-60H. Aproximadamente 10 mg de amostra foram inseridas em cadinho de alumina e aquecidas da temperatura ambiente (25°C) até 1000°C, com taxa de aquecimento de 10°C/min, sob vazão de ar sintético (100 cm<sup>3</sup>/min). As perdas de massa foram monitoradas utilizando-se uma termobalança sensível a pequenas variações de massa. As análises de DTA foram realizadas utilizando-se um cadinho vazio como material de referência.

Os experimentos difração de raios X foram realizados em aparelho Rigaku modelo Miniflex, com radiação de cobre (CuK $\alpha$   $\lambda$  =1,5418 Å). Foram registradas varreduras angulares de 10 a 90° com passo de 2 $\theta$  de 0,05° e 6 segundos por passo. O tamanho médio dos cristalitos foi calculado empregando-se a equação de Scherrer com base no pico mais intenso dos difratogramas referente aos planos cristalográficos (121).

Para avaliação morfológica das perovskitas, foram realizadas análises de microscopia eletrônica de transmissão (MET). O equipamento utilizado foi um modelo JEOL JEM 2100, com tensão de aceleração máxima de 200 kV; resolução de 0,23 nm (ponto) e 0,14 nm (rede); magnificação máxima de 1.500.000 vezes e detector HAADF (*High Angle Annular Dark Field*). As amostras foram suspensas em álcool isopropílico e dispersas em ultrassom por 15 min. Uma gota da suspensão foi depositada sobre uma grade circular de cobre coberta por filme de carbono.

## 2.3 Testes catalíticos

Os catalisadores foram avaliados na reação de oxidação parcial do metano à pressão atmosférica e 700°C. 100 mg de amostra foi posicionada entre duas camadas de lã de quartzo em um reator de quartzo na forma de “U” com fluxo descendente, aquecido por um forno com programador de temperatura. A temperatura reacional foi determinada por um termopar instalado na altura do leito e controlada por um regulador. Antes da realização dos testes catalíticos, as perovskitas foram reduzidas em 50 cm<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup> de H<sub>2</sub> a 650°C, com taxa de 10°C/min, permanecendo, nesta temperatura, por 1 h. Em seguida, os testes catalíticos foram conduzidos com razão de alimentação CH<sub>4</sub>:O<sub>2</sub>= 2:1 e vazão total de 200 cm<sup>3</sup>.min<sup>-1</sup>. Os gases efluentes do reator foram analisados por cromatógrafo a gás Perkin Elmer N2000,

equipado com detector de condutividade térmica (TCD) e coluna capilar (Carboxen 1010), utilizando He como gás de arraste. Os produtos reacionais identificados foram H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, eteno e etano. Os gases de alimentação CH<sub>4</sub> e O<sub>2</sub> e o gás de redução H<sub>2</sub> são de alta pureza (99,995%).

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de TG e DTA são apresentadas na Figura 1(a) e 1(b), respectivamente. Através da análise da curva de TG (a), constata-se uma perda de massa total de, aproximadamente, 65% para ambas perovskitas sintetizadas. Em temperaturas inferiores a 240°C, ocorre principalmente a desidratação da resina e a eliminação de compostos orgânicos voláteis. Na faixa de 240°C a 370°C, a perda de massa se deve à decomposição e queima da maior parte do material orgânico. A perda de massa identificada em temperaturas superiores a 400°C está relacionada à decomposição de carbonatos ou compostos orgânicos residuais. Um patamar na curva de TG é estabelecido em temperaturas superiores a 780°C, o que pode indicar a formação da estrutura perovskita (POPA; KAKIHANA, 2002). No entanto, como a perda de massa acima de 400°C não se mostrou muito expressiva, a temperatura de 700°C foi definida para calcinação dos polímeros para formação dos óxidos mistos Nd<sub>0,95</sub>FeO<sub>3</sub> e Nd<sub>0,95</sub>CrO<sub>3</sub>.

O estudo da curva de DTA, uma importante ferramenta de análise do comportamento térmico dos materiais, permitiu verificar que a temperatura de máxima perda de massa ocorre em torno de 350°C com pico exotérmico devido à combustão dos compostos orgânicos.

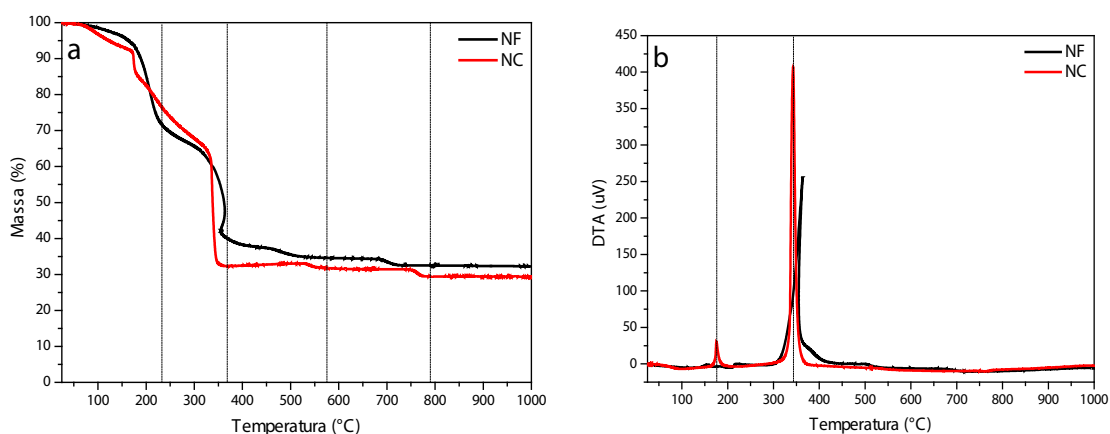


Figura 1. Análise de TG (a) e DTA (b) das resinas precursoras das perovskitas NF e NC.

A Figura 2 mostra a microestrutura obtida pelo método Pechini, com a presença de partículas irregulares de tamanhos inferiores a 100 nm. Existe uma tendência

de aglomeração devido à elevada temperatura de calcinação empregada. Os grãos de maior diâmetro são policristais resultantes da sinterização de vários cristalitos durante a etapa de calcinação.

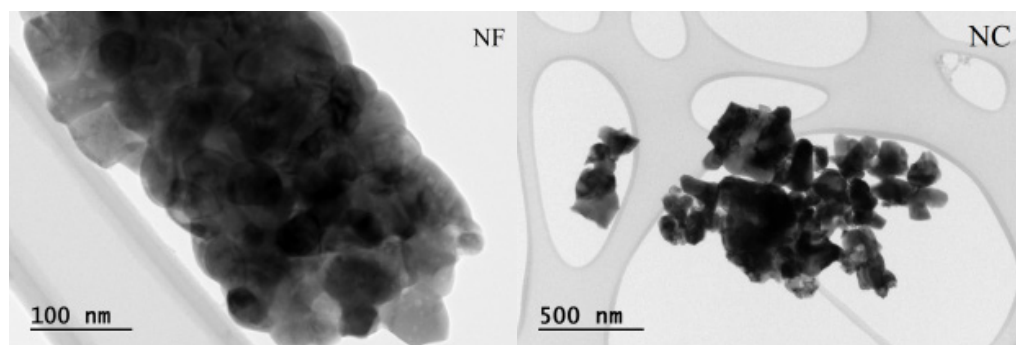


Figura 2. Imagens de TEM das perovskitas NF e NC após a etapa de calcinação a 700°C.

A Figura 3(a) apresenta o difratograma obtido para a perovskita NC. Foi identificada como fase única a perovskita  $\text{NdCrO}_3$  (JCPDS39-1429). Trata-se de uma estrutura muito cristalina devido à elevada temperatura de calcinação empregada durante a síntese. Não foram identificadas fases segregadas contendo os metais Nd e Cr. O tamanho de cristalito calculado foi de 29,5 nm.

A Figura 3(b) mostra o difratograma obtido para o óxido NF. Assim como para a amostra NC, também foi identificada uma única fase cristalina referente à estrutura perovskita  $\text{NdFeO}_3$  (JCPDS25-1149). O tamanho de cristalito foi de 25,7 nm. Verifica-se que ambas as amostras apresentaram elevada cristalinidade, sendo que os tamanhos de cristalito das perovskitas não diferiram significativamente. Pode-se afirmar, dessa forma, que o método de Pechini se mostrou adequado para a síntese de perovskitas, que são estruturas precursoras dos catalisadores empregados na reação de oxidação parcial do metano.

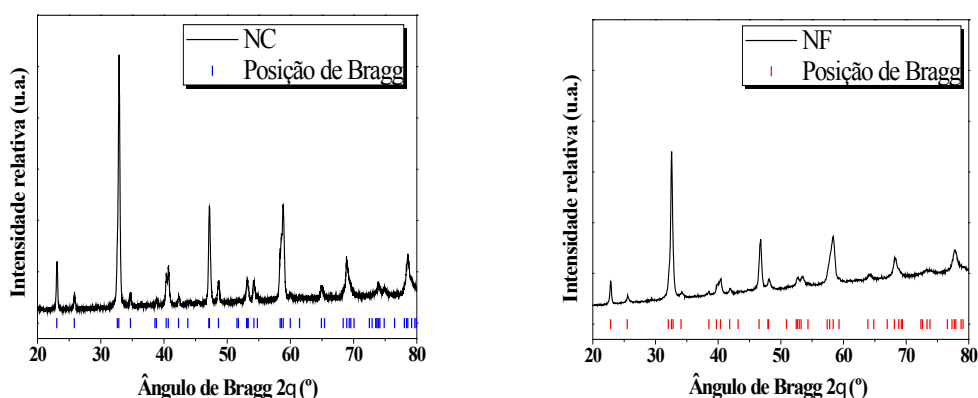


Figura 3. Difratogramas dos óxidos mistos NC (a) e NF (b) obtidos pela decomposição térmica de polímeros sintetizados pelo método de Pechini.

A Figura 4 apresenta os resultados de conversão e seletividade obtidas na reação de oxidação parcial do metano empregando as perovskitas NF e NC. Verifica-se que a conversão de metano foi de, aproximadamente, 28% e 35% para os catalisadores NF e NC, respectivamente, enquanto o oxigênio foi consumido quase que na sua totalidade. As conversões de O<sub>2</sub> foram de 90% para a perovskita NF e de 99% para a NC.

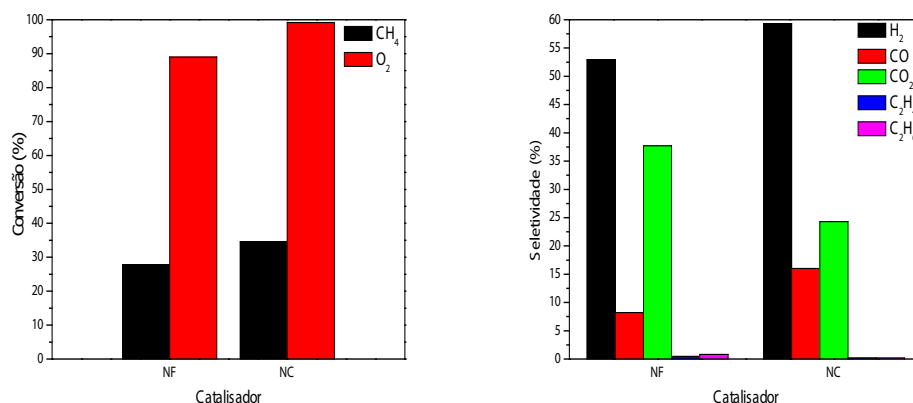
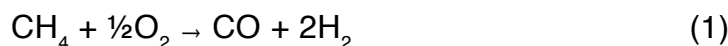


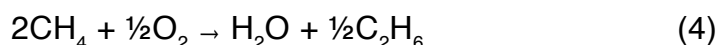
Figura 4. Conversão e seletividade das perovskitas na oxidação parcial do metano a 700°C.

Quanto à seletividade, foram observados os produtos H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, eteno e etano, além de H<sub>2</sub>O (não quantificada). A água, quando formada, era purgada por meio da utilização de um condensador instalado na saída do reator a jusante da entrada dos produtos ao cromatógrafo. Verifica-se maior seletividade a gás de síntese quando utilizado o catalisador NC (59,3% H<sub>2</sub> e 16,1% CO) em relação à perovskita NF (52,9% H<sub>2</sub> e 8,2% CO). No entanto, a razão H<sub>2</sub>/CO foi maior para o catalisador NF (H<sub>2</sub>/CO = 6,5) comparada ao NC (H<sub>2</sub>/CO = 3,7). Contudo, a razão H<sub>2</sub>/CO para ambos os catalisadores foi maior do que 2 (equação 1, oxidação parcial do metano). Este resultado indica a ocorrência de outras reações, como a reforma a vapor (equação 2) e *Shift* (equação 3), além da oxidação parcial do metano (equação 1).



Etano e eteno foram produtos da reação, principalmente quando empregada a perovskita NF. A formação destes hidrocarbonetos é atribuída a reações secundárias. Em particular, pode ocorrer a associação oxidativa do metano formando etano (equação 4) e, em paralelo, a desidrogenação do etano levando à formação de

etano (equação 5) (Roseno *et al.*, 2016).



De posse desses resultados, pode-se sugerir que a presença de ferro favoreceu a reação de combustão do metano com formação de CO, CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, além da reação de associação oxidativa do metano produzindo etano. Enquanto, a presença do cromo na composição do catalisador possibilitou as reações de reforma a vapor e reforma a seco do metano com os produtos da combustão formando H<sub>2</sub> e CO.

## 4 | CONCLUSÕES

Óxidos mistos Nd<sub>0,95</sub>FeO<sub>3</sub> (NF) e Nd<sub>0,95</sub>CrO<sub>3</sub> (NC) foram sintetizados pelo método de Pechini, metodologia simples e barata para obtenção de óxidos nanoparticulados. Os óxidos apresentaram, como fases únicas, as perovskitas correspondentes. Nenhuma fase segregada foi identificada em ambas as amostras, que se mostraram policristalinas e aglomeradas devido à elevada temperatura de calcinação empregada. A perovskita NC se mostrou mais ativa tanto em termos de conversão de CH<sub>4</sub> quanto de O<sub>2</sub>, e também se apresentou mais seletiva à formação de gás de síntese. Já a perovskita NF apresentou atividade significativa para a reação de oxidação total do metano, levando à formação de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. A maior formação destes compostos com o catalisador NF favoreceu a ocorrência de reações paralelas, como a reforma a vapor do metano e a reação de *Shift*, e em consequência, teve uma elevada razão H<sub>2</sub>/CO (6,5), à medida que o catalisador NC apresentou razão 3,7. Ambas as perovskitas levaram à formação de um gás de síntese com razão H<sub>2</sub>/CO superior à estequiométrica (2,0), mostrando-se excelentes candidatas a catalisadores para obtenção de H<sub>2</sub> a partir da reação de oxidação parcial do metano.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do RCGI – *Research Centre for Gas Innovation*, localizado na Universidade de São Paulo (USP) e financiado pela FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2014/50279-4) e Shell Brasil. O presente trabalho também foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.



## REFERÊNCIAS

- IZQUIERDO, U; BARRIO, V.L.; CAMBRA, J.F.; REQUIES, J.; GÜEMEZ, M.B.; ARIAS, P.L.; KOLB, G.; ZAPF, R.; GUTIÉRREZ, A.M.; ARRAIBI, J.R.. Hydrogen production from methane and natural gas steam reforming in conventional and microreactor reaction systems. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.37, p.7026-7033, 2012.
- MELCHIORI, T; DI FELICE, L; MOTA, N; NAVARRO, RM; FIERRO, JLG; VAN SINT ANNALAND, M; GALLUCCI, F. Methane partial oxidation over a  $\text{LaCr}_{0.85}\text{Ru}_{0.15}\text{O}_3$  catalyst: Characterization, activity tests and kinetic modeling. **Applied Catalysis A General**, v.486, p.239-249, 2014.
- PENA, MA; FIERRO, JLG. Chemical structures and performance of perovskite oxides. **Chemical Reviews**, v.101, p.1981-2018, 2001.
- POPA, M; KAKIHANA, M. Synthesis of lanthanum cobaltite ( $\text{LaCoO}_3$ ) by the polymerizable complex route. **Solid State Ionics**, v.151, p.251-257, 2002.
- ROSENO, KTC; BRACKMANN, R; SILVA, MA DA; SCHMAL, M. Investigation of  $\text{LaCoO}_3$ ,  $\text{LaFeO}_3$  and  $\text{LaCo}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}\text{O}_3$  perovskites as catalyst precursors for syngas production by partial oxidation of methane. **International Journal of Hydrogen Energy**, v.41, p.18178-18192, 2016.
- TANG, M; XU, L; FAN, M. Progress in oxygen carrier development of methane-based chemical-looping reforming: A review. **Applied Energy**, v.151, p.143-156, 2015.
- WATANABE, R; TSUJIOKA, M; FUKUHARA, C. Performance of Non-stoichiometric perovskite catalyst ( $\text{A}_x\text{CrO}_{3-\delta}$ , A: La, Pr, Nd) for dehydrogenation of propane under steam condition. **Catalysis Letter**, v.146, p.2458-2467, 2016.
- ZHAO, K; HE, F; HUANG, Z; ZHENG, A; LI, H; ZHAO, Z.  $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{FeO}_3$  perovskites as oxygen carriers for the partial oxidation of methane to syngas. **Chinese Journal of Catalysis**, v.35, p.1196-1205, 2014.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

AA2024 alloy 1, 6, 7  
Adsorção de compostos 32, 36  
Advanced Oxidation Processes 14, 87, 155  
Aluminum alloy 4, 8, 12  
Amplitude de pulso 50, 51, 52, 53, 54  
Anti-corrosion performance 4, 7

### B

Biocombustível 129  
Biodigestor 142, 143, 144  
Bioetanol 107, 115, 129, 139  
Biogás 141, 142, 143, 144, 145, 146, 150, 151, 152  
Biotransformation 24, 30

### C

Chemistry Teaching 250, 261, 262  
Cinza volante 118  
Combustíveis fósseis 33, 99, 143  
Complexometria 221, 222, 224  
Compostos sulfurados 32, 33, 36, 39  
Contaminantes orgânicos 57, 63, 69, 125, 157  
Corrosion protection 1, 2, 12

### D

Decolorization 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 87  
Diagrama de fase 172, 173, 174

### E

Electrochemical Impedance Spectroscopy 1, 5, 7, 8, 281  
Energias renováveis 129, 143  
Espectroscopia fotoeletrônica de raios X 32, 36, 41

### F

Ferulic acid 24, 30, 31

## G

Geoquímica de Contaminantes 69

Glifosato 43, 44, 45, 46, 47, 50, 51, 53, 54, 55, 56

Grafeno 43, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54

## H

Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos 57, 60, 63, 154, 155, 156

## I

Isotermas de adsorção-dessorção 32, 36, 38

## L

Localized impedance 1, 2

## M

Materiais mesoestruturados 37

Mecanismos de partição 57, 69

## N

Nanotubos de carbono hidrofílicos 89, 96

Negro de carbono 89, 90

## O

Óleo Residual 201, 202, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 219, 220

Open circuit potential 1, 5, 7

Oxidação parcial do metano 98

## P

Perfil cinético 113, 114, 135, 136, 137

Perovskita 98, 99, 100, 102, 103, 104, 105

Persulfato 154, 155, 157, 158, 159, 160, 164, 165

Photocatalytic efficacy 14

Photo-fenton process 13, 22

Polymer coating 3

Processo oxidativo avançado 155

Processos enzimáticos 107

## R

Reaction 3, 9, 14, 16, 19, 77, 99, 106, 119, 126, 169, 202

Reator solar 76, 77

Reforma do metano 99

## S

Saponificação 202, 203, 204, 207, 209, 215, 216, 217, 219

Scanning Electron Microscopy 4, 281

Self-healing mechanism 3

Semiologia 249, 251, 259

Sensor eletroquímico 43

Sistema Aquoso Bifásico 170, 172, 177

Smart coating 1, 2, 9, 281

## T

Teaching strategies 261

Toxicidade 46, 57, 65, 154, 156, 176, 222

## V

Voltametria 43, 46, 47, 49

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**