

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

# 2

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua  
(Organizador)

# 2

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes editoriais**

Natalia Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

**Revisão**

Os autores

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2021 Os autores

Copyright da Edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial**

**Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná

Prof. Dr. Américo Junior Nunes da Silva – Universidade do Estado da Bahia

Profª Drª Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa

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. Arnaldo Oliveira Souza Júnior – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Crisóstomo Lima do Nascimento – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Daniel Richard Sant’Ana – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Dilma Antunes Silva – Universidade Federal de São Paulo  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Elson Ferreira Costa – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros  
Prof. Dr. Humberto Costa – Universidade Federal do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
Prof. Dr. José Luis Montesillo-Cedillo – Universidad Autónoma del Estado de México  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Luis Ricardo Fernandes da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Pontifícia Universidade Católica de Campinas  
Profª Drª Maria Luzia da Silva Santana – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Miguel Rodrigues Netto – Universidade do Estado de Mato Grosso  
Prof. Dr. Pablo Ricardo de Lima Falcão – Universidade de Pernambuco  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Vanessa Ribeiro Simon Cavalcanti – Universidade Católica do Salvador  
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. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
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  
Profª Drª Daniela Reis Joaquim de Freitas – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Débora Luana Ribeiro Pessoa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Douglas Siqueira de Almeida Chaves – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina  
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  
Profª Drª Fernanda Miguel de Andrade – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Dr. Fernando Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra  
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. Helio Franklin Rodrigues de Almeida – Universidade Federal de Rondônia  
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco  
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Jefferson Thiago Souza – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Jesus Rodrigues Lemos – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Jônatas de França Barros – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
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 Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federac do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá  
Prof. Dr. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Drª Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino  
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Vanessa da Fontoura Custódio Monteiro – Universidade do Vale do Sapucaí  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Welma Emidio da Silva – Universidade Federal Rural de Pernambuco

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro

Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª 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. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Sidney Gonçalves de Lima – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

#### **Linguística, Letras e Artes**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Profª Drª Carolina Fernandes da Silva Mandaji – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Edna Alencar da Silva Rivera – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Drª Fernanda Tonelli – Instituto Federal de São Paulo,  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Paraná  
Profª Drª Miraniilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia

**Diagramação:** Camila Alves de Cremona  
**Correção:** Giovanna Sandrini de Azevedo  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

E59 O ensino e a pesquisa em química 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-423-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.235213108>

1. Química - Estudo e ensino. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 540.7

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

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

contato@atenaeditora.com.br

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

O e-book: “O ensino e a pesquisa em química” volume II é constituído por quinze capítulos de livro que foram reunidos em três grandes áreas temáticas, a saber: *i)* química analítica: determinação, otimização e validação; *ii)* desenvolvimento de adsorventes e catalisadores para remoção de diferentes classes de contaminantes e aplicação industrial e *iii)* temas diversos.

A primeira temática é constituída por seis capítulos e apresentam diversos estudos, entre os quais: *i)* determinação quantitativa de glicazida em comprimidos e os problemas provenientes do uso de comprimidos pelo sistema de partição não homogêneo; *ii)* a determinação de Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs) empregando-se a técnica de voltametria; *iii)* a validação de um sistema fotocolorímetro em análises para o ensino de química na Universidade Tecnológica de Gutiérrez Zamora na cidade de Vera Cruz no México; *iv)* a importância da otimização para melhor entendimento dos estudos cinéticos em uma reação de hidrologenação; *v)* a triagem fitoquímica e análise de propriedades antioxidantes e *vi)* avaliação de estruturas metálicas orgânicas como fase estacionária em Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC).

A segunda temática é composta por cinco capítulos e apresentam: estudo de revisão que demonstram: *i)* o potencial de extração de fósforo em efluentes líquidos; *ii)* estudo de Montmorilonita como potencial adsorvente e aplicação em sistemas de fluxo contínuo e *iii)* avaliação e estudo de diferentes catalisadores para remoção de inúmeras classes de poluentes em matrizes aquáticas e reforma do etanol com vapor d’água.

Por fim, a terceira temática que apresenta quatro diferentes estudos que contemplam a corrosão obtida por pulverização de gás frio, a importância e utilização de supressores de poeira na mineração, preparação de nanopartículas poliméricas enriquecidas com óleos essenciais poliméricas e estudo de revisão das propriedades químicas da série de lantanídeos.

Nesta perspectiva, a Atena Editora vem trabalhando por meio do incentivo de publicações de trabalhos de pesquisadores de todas as regiões do Brasil e de outros países com o intuito de colaborar com a publicação de e-books e, conseqüentemente, sua divulgação de forma gratuita em diferentes plataformas digitais de fácil acesso. Logo, a Atena Editora contribui para a divulgação e disseminação do conhecimento científico gerado dentro de instituições de ensino e pesquisa e que pode ser acessado de qualquer lugar e em tempo real por qualquer pessoa interessada na busca pelo conhecimento.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

#### **DETERMINAÇÃO QUANTITATIVA DE GLICLAZIDA EM COMPRIMIDOS SULCADOS**

Jacqueline Cristinne Guimarães Vidal

Maria Amélia Albergaria Estrela

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131081>

### **CAPÍTULO 2..... 13**

#### **DETERMINAÇÃO VOLTAMÉTRICA DE HIDROCARBONETOS POLICÍCLICOS AROMÁTICOS USANDO UM ELETRODO DE PASTA DE CARBONO MODIFICADO COM FTALOCIANINA DE ZINCO**

Daniel Jackson Estevam da Costa

Rhayane Silva Rodrigues do Nascimento

Larissa da Silva Pereira

Janete Clair da Silva Santos

Camila Luciana Silva de Mesquita

Fátima Aparecida Castriani Sanches-Brandão

William Farias Ribeiro

Francisco Antonio da Silva Cunha

Mário César Ugulino de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131082>

### **CAPÍTULO 3..... 25**

#### **VALIDACIÓN DE UN FOTOCOLORÍMETRO PARA ANÁLISIS CUANTITATIVOS EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA**

Raúl Alejandro Limón Hernández

Verónica López Hernández

Fidel Alejandro Aguilar Aguilar

Iriana Hernández Martínez

José Luis Xochihua Juan

Arsenio Sosa Fomperosa

Oscar Enrique Morales Moguel

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131083>

### **CAPÍTULO 4..... 40**

#### **OTIMIZAÇÃO NUMÉRICA E ESTUDO CINÉTICO DA REAÇÃO DE HIDROALOGENAÇÃO DO ALFA-PINENO**

Vladimir Lavayen

Thágor Moreira Klein

Chádia Schissler

Leticia Antunes Natividade

Alexandre Chagas

Jacqueline Arguello da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131084>

**CAPÍTULO 5..... 50**

TRIAGEM FITOQUÍMICA E ANÁLISE QUALITATIVA DO POTENCIAL ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS FOLIARES DE *Cinnamomum zeylanicum* E *Cinnamomum burmannii*

Ana Francisca Gomes da Silva

Valéria Flávia Batista da Silva

Carolina Lopes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131085>

**CAPÍTULO 6..... 58**

MOFs (METAL ORGANIC FRAMEWORKS) AS A STATIONARY PHASE IN LIQUID CHROMATOGRAPHY (HPLC)

Tamires dos Reis Menezes

Kátilla Monique Costa Santos

Sílvia Maria Egues Dariva

Juliana Faccin de Conto Borges

Cesar Costapinto Santana

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131086>

**CAPÍTULO 7..... 76**

POTENCIAL DE EXTRAÇÃO DE FÓSFORO DE EFLUENTES LÍQUIDOS – REVISÃO DE LITERATURA

Luciana Faria Caetano de Souza

Suzana Maria Loures de Oliveira Marcionilio

Ana Carolina Ribeiro Aguiar

Ana Paula Cardoso Gomide

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131087>

**CAPÍTULO 8..... 84**

ESTUDO DE OBTENÇÃO DE MONTMORILONITA POR PRECIPITAÇÃO SEQUENCIAL PARA USO COMO ADSORVENTE PARA SISTEMAS DE FLUXO CONTÍNUO

Kathely Priscila de Souza Trindade

Graciele Vieira Barbosa

Alberto Adriano Cavalheiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131088>

**CAPÍTULO 9..... 97**

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DO CORANTE AZUL DE METILENO USANDO NOVOS CATALISADORES  $Fe_2O_3$

Matheus de Araújo Moura

Henrique Rebouças Marques Santos

Márcio Souza Santos

Rennan Noronha de Franca

Alexilda Oliveira de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.2352131089>

**CAPÍTULO 10..... 107**

**AVALIAÇÃO DA SELETIVIDADE DO CATALISADOR FORMADO A PARTIR DO SULFATO DE MAGNÉSIO *in situ* NA PIRÓLISE CATALÍTICA DA BIOMASSA DE MACRÓFITA AQUÁTICA PARA OBTENÇÃO DE BIO-ÓLEO PIROLÍTICO**

Júnior da Silva Camargo  
Sonia Tomie Tanimoto  
Fernando Alves Ferreira  
Vitor Vinícius Anjos Bonfim Ribeiro  
Regineide de Oliveira Lima  
Ricardo Faustino Rits de Barros  
José Alfredo Valverde  
Layssa Aline Okamura  
Paulo Renato dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310810>

**CAPÍTULO 11 ..... 120**

**REFORMA DO ETANOL COM VAPOR D' ÁGUA: AVALIAÇÃO DA ATIVAÇÃO PRÉVIA DO CATALISADOR Cu/Ni/Na<sub>2</sub>O-Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**

Laura dos Santos Costa  
Maria Eduarda Bogado dos Santos  
Marília de Oliveira Camargo  
Marcos de Souza  
Isabela Dancini Pontes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310811>

**CAPÍTULO 12..... 129**

**STUDY OF CORROSION AND MECHANISMS OF COATINGS OBTAINED BY COLD GAS SPRAY USING OPEN CIRCUIT POTENTIAL AND MICROSCOPIC ANALYSIS**

Fernando Santos da Silva  
Sergi Dosta  
Assis Vicente Benedetti

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310812>

**CAPÍTULO 13..... 144**

**SUPRESSORES DE POEIRA DE MINERAÇÃO**

Stéphane Miranda Francisco  
Enio Nazaré de Oliveira Júnior  
Ana Maria de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310813>

**CAPÍTULO 14..... 156**

**PREPARATION OF SUB-50 NM POLYMERIC NANOPARTICLES LOADED WITH ESSENTIAL OILS**

Hened Saade Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310814>

<b>CAPÍTULO 15.....</b>	<b>160</b>
QUÍMICA DE LANTANÍDEOS	
Jorge Fernando Silva de Menezes	
Rodrigo Galvão dos Santos	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310815">https://doi.org/10.22533/at.ed.23521310815</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR.....</b>	<b>192</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO.....</b>	<b>193</b>

## OXIDAÇÃO CATALÍTICA DO CORANTE AZUL DE METILENO USANDO NOVOS CATALISADORES



Data de aceite: 23/08/2021

Data de submissão: 16/08/2021

### Matheus de Araújo Moura

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Discente do Curso de Bacharelado em Química  
com Atribuições Tecnológicas  
Itapetinga-BA, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/0533183063848154>

### Henrique Rebouças Marques Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Programa de Pós-Graduação em Química  
Itapetinga-BA, Brasil  
Orcid: 0000-0001-5124-4943

### Márcio Souza Santos

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Programa de Pós-Graduação em Química  
Itapetinga-BA, Brasil  
Orcid: 0000-0003-4209-6752

### Rennan Noronha de Franca

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Discente do Curso de Bacharelado em Química  
com Atribuições Tecnológicas  
Itapetinga-BA, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/8852940939620577>

### Alexilda Oliveira de Souza

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia,  
Programa de Pós-Graduação em Química,  
Departamento de Ciências Exatas e Naturais  
Itapetinga-BA, Brasil  
Orcid: 0000-0003-2306-3197

**RESUMO:** Os Processos Oxidativos Avançados (POA's) são os mais utilizados nos tratamentos dos efluentes têxteis, dentro deste, o processo Fenton heterogêneo tem se destacado. O processo Fenton é caracterizado pela reação dos íons  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  e o  $\text{H}_2\text{O}_2$  em meio aquoso. Com o objetivo de obter novos catalisadores para oxidação de contaminantes orgânicos em meio aquoso, estudou-se neste trabalho, o desempenho de catalisadores à base de óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) produzidos por diferentes métodos. Os materiais foram caracterizados por difração de raios X e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier. Todos os catalisadores foram ativos na degradação do corante azul de metileno em meio aquoso. Devido à simples e econômica síntese, combinadas com sua eficiência, estes sólidos podem vir a se constituir em catalisadores com potencial para o tratamento de efluentes coloridos, usando a reação de Fenton heterogêneo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Fenton heterogêneo, hematita, corantes azo, catalisadores.

### CATALYTIC OXIDATION OF METHYLENE BLUE DYE USING NEWS CATALYSTS



**ABSTRACT:** The Advanced Oxidation Processes (AOPs) are the most used in the treatment of textile effluents, among which the heterogeneous Fenton process has stood out. The Fenton process is characterized by the reaction of ions  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$  and  $\text{H}_2\text{O}_2$  in aqueous media. In order to obtain new catalysts for oxidation of organic contaminants in aqueous media, in this work it was studied the performance of iron oxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

produced by different methods. The materials were characterized by X-ray diffraction and infrared spectroscopy with Fourier transform. All catalysts were active in the degradation of the methylene blue in aqueous medium. Due to a simple and economical synthesis, combined with their efficiency in the catalysis, these solids could become potential catalysts for the treatment of colored effluents, using the heterogeneous Fenton reaction.

**KEYWORDS:** Heterogeneous Fenton, hematite, azo dyes, catalysts.

## 1 | INTRODUÇÃO

A poluição dos recursos hídricos é um problema de grande escala associado ao aumento da atividade industrial e agrícola. Estas geram compostos tóxicos de várias classes e em grande quantidade, que em muitos casos são descartados inadequadamente no meio ambiente (ANASTOPOULOS & KYZAS, 2014). Resíduos orgânicos resultantes da pecuária, como fezes de gado e de aves, contém bactérias patogênicas e metais traços que, quando descartados sem o devido tratamento, contaminam mananciais de águas superficiais e subterrâneas (DAI et al., 2018). Os pesticidas e fertilizantes usados de forma excessiva pelo setor agrícola constituem outra classe importante de poluentes. Indústrias produtoras de aço e outros metais, de processamento de alimentos, de manufatura têxtil e química são fontes de poluentes para o ambiente aquático (ZELIGER, 2011). Os efluentes industriais contêm poluentes orgânicos variados como solventes, dioxinas, dibenzofuranos, bifenilos policlorados (PCB's), clorofenóis, fármacos e corantes. A descarga destes efluentes sem o devido tratamento constitui uma das principais causas da poluição dos recursos hídricos (NATARAJAN et al., 2017).

No âmbito das indústrias que utilizam corantes, destacam-se a indústria de alimentos e do setor têxtil. As indústrias têxteis são responsáveis por uma parcela considerável de poluentes orgânicos que chegam ao meio ambiente, pois descartam seus efluentes sem tratá-los adequadamente (KATHERESAN et al., 2018).

Devido à crescente exigência da sociedade civil, o poder público tem sido pressionado a tomar medidas que revertam esse quadro. Com o aumento da rigidez da legislação ambiental, estudos de métodos para o tratamento dos resíduos industriais tem se tornado cada vez mais importantes para as indústrias, principalmente pelo fato que os métodos tradicionalmente utilizados apresentam inconvenientes e, geralmente, elevados custos (MELO et al., 2009).

Existem diversos métodos de tratamento de efluentes, que podem ser classificados em físico, biológico e químico. A adsorção é um tipo de método físico eficiente que tem recebido muita atenção por especialistas, principalmente, no sentido de desenvolver adsorventes mais eficientes e fáceis de separar do meio em que foi aplicado (TAN et al, 2015).

Entre os métodos químicos, destacam-se os Processos Oxidativos Avançados (POA's), um conjunto de métodos baseados no alto potencial oxidante dos radicais hidroxila,

gerados por diferentes meios. Os POA's são bastante eficientes no tratamento de efluentes coloridos, degradando ou mineralizando os contaminantes orgânicos, transformando-os em dióxido de carbono, água e ânions inorgânicos (BABUPONNUSAMI & MUTHUKUMAR, 2013). O principal mecanismo do processo é a geração de radicais hidroxilas, extremamente reativos, não seletivos e capazes de reagir rapidamente com quase todos os compostos orgânicos.

Um processo oxidativo de destaque é a reação de Fenton, que utiliza  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{H}_2\text{O}_2$  para a geração de radicais hidroxilas. Trata-se de um sistema eficiente, porém, o processo Fenton homogêneo leva à geração de lodo, pela precipitação de  $\text{Fe}^{3+}$  como o hidróxido  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . Por outro lado, a reação de Fenton Heterogêneo utiliza a fonte de ferro na forma sólida como um material suportado ou mássico. Nesta condição, não existe a formação de lodo, tornando o processo mais limpo (VORONTSOV, 2018).

No processo Fenton Heterogêneo, catalisadores sólidos contendo íons  $\text{Fe}^{2+}$  e/ou  $\text{Fe}^{3+}$ , promovem a formação do radical hidroxila a partir do peróxido de hidrogênio. Entre os catalisadores utilizados, destacam-se os óxidos de ferro como goetita, maghemita e hematita, e óxidos de ferro suportado em sílicas, zeólitas, carvão ativado, alumina, entre outros materiais. Diferente do Fenton Homogêneo, em que a geração do radical hidroxila depende apenas da reação em meio aquoso entre íons de Fe e peróxido de hidrogênio, cuja condições operacionais adequadas e viabilidade estão bem estabelecidas, no Fenton Heterogêneo, a reação de oxidação ocorre na superfície do sólido e seu desempenho depende das etapas de adsorção/dessorção dos reagentes/produtos nos sítios ativos que, por sua vez, relacionam-se com as características texturais do sólido como área superficial e porosidade. A eficiência da reação por um mecanismo do tipo Fenton Heterogêneo depende, portanto, de uma elevada disponibilidade de íons  $\text{Fe}^{2+}$  e/ou  $\text{Fe}^{3+}$  na superfície dos catalisadores, concentração adequada de  $\text{H}_2\text{O}_2$  no meio reacional e uma elevada afinidade entre a superfície do catalisador e o peróxido de hidrogênio (SOON & HAMEED, 2011).

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Catálise e Química de Materiais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Itapetinga, como atividade de pesquisa desenvolvida por alunos de iniciação científica. O objetivo do trabalho foi sintetizar óxidos de ferro por diferentes rotas de síntese e aplicá-los como catalisadores para degradação do corante azul de metileno em meio aquoso por um mecanismo do tipo Fenton heterogêneo, que consiste na utilização de sólidos à base de óxido de ferro, que reage com o peróxido de hidrogênio, promovendo a degradação da matéria orgânica por oxidação.

O desenvolvimento de novos catalisadores de baixo custo e eficientes para o processo Fenton Heterogêneo pode constituir uma importante contribuição para tornar viável a aplicação deste método.

## 2 | PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 Síntese dos catalisadores

Foram sintetizadas duas séries de materiais pelo método sol-gel não hidrolítico variando-se o sal precursor de ferro:

- (i) Óxido de ferro utilizando nitrato de ferro como sal precursor
- (ii) Óxido de ferro utilizando cloreto de ferro como sal precursor

#### *2.1.1 Síntese do óxido de ferro utilizando nitrato de ferro como sal precursor*

Preparou-se 0,5 L de uma solução utilizando-se 0,37 mol.L<sup>-1</sup> de nitrato de ferro (III) nonahidratado (Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>×9H<sub>2</sub>O) e 0,5 L de uma solução 1,35 mol.L<sup>-1</sup> de hidróxido de sódio. As soluções do nitrato de ferro e do hidróxido de sódio (agente precipitante) foram adicionadas simultaneamente (gota a gota), utilizando uma bomba peristáltica, a um béquer, contendo 50 mL de água, sob agitação constante, ajustou-se o pH do gel obtido para 10 e o mesmo foi mantido no meio reacional por 24 h, depois foi isolado por decantação e lavado 5 vezes com água destilada à 60°C. Em seguida, o material foi seco a 120 °C, triturado e dividido em duas porções que foram calcinadas em mufla com temperatura programada por duas horas, com taxa de aquecimento de 10°C.min<sup>-1</sup>. Cada porção foi calcinada em uma determinada temperatura: 400 °C ou 500 °C.

#### *2.1.2 Síntese do óxido de ferro utilizando cloreto de ferro como sal precursor*

Preparou-se 0,05L de uma solução de 0,53 mol.L<sup>-1</sup> de cloreto de ferro (III) hexahidratado (FeCl<sub>3</sub>×6H<sub>2</sub>O) e após a homogeneização foram acrescentados 2 ml de ácido clorídrico (HCl) P.A. À solução resultante adicionou-se 500 ml de hidróxido de sódio (NaOH) 1,5 mol.L<sup>-1</sup>, gota a gota utilizando uma bomba peristáltica. O gel produzido permaneceu no meio reacional, sob agitação magnética, durante 15 min. Em seguida, o gel foi lavado por decantação com água deionizada durante 4 vezes e seco em estufa a 120 °C por 12 h. O hidróxido seco foi dividido em duas porções que foram calcinadas em mufla com temperatura programada por 2 horas, com taxa de aquecimento de 10 °C.min<sup>-1</sup>. Cada porção foi calcinada em 400 °C ou 500 °C.

### 2.2 Descrição das amostras

A Tabela 1 apresenta a nomenclatura e descrição das amostras sintetizadas.

Amostra	Descrição
F400	Óxido de ferro obtido pelo método sol-gel não hidrolítico utilizando nitrato de ferro como sal precursor e tratado termicamente a 400 °C.
F500	Óxido de ferro obtido pelo método sol-gel não hidrolítico utilizando nitrato de ferro como sal precursor e tratado termicamente a 500 °C.
FC400	Óxido de ferro obtido pelo método sol-gel não hidrolítico utilizando cloreto de ferro como sal precursor e tratado termicamente a 400 °C.
FC500	Óxido de ferro obtido pelo método sol-gel não hidrolítico utilizando cloreto de ferro como sal precursor e tratado termicamente a 500 °C.

Tabela 1. Nomenclatura e descrição das amostras.

### 2.3 Caracterização dos catalisadores

Os espectros no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) foram obtidos utilizando pastilhas de KBr, em um equipamento Shimadzu (IR Prestige-21), na faixa de 400 a 4000  $\text{cm}^{-1}$ , em intervalos de 2  $\text{cm}^{-1}$ .

Os difratogramas de raios X (DRX) foram obtidos com o difratômetro Bruker D2 Phaser usando radiação  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1,54180 \text{ \AA}$ ), gerada a 30 kV e 10 mA e usando filtro de níquel de 1,0 mm e bloqueador de 1,0 mm. As reflexões foram obtidas no intervalo de ângulo  $2\theta$  entre  $10^\circ$  e  $100^\circ$ , com velocidade de varredura de  $2^\circ \text{ min}^{-1}$ . Foi adotada a metodologia convencional de análise de pó proposta por Debye-Scherrer. As amostras pulverizadas em almofariz de porcelana foram acondicionadas em um porta-amostra de vidro. Na identificação das fases cristalinas presentes nas amostras, foi realizado o cálculo das distâncias interplanares das reflexões, por meio da Equação de Bragg (Equação 1), e comparado com os valores fornecidos nas fichas cristalográficas JCPDS 01-089-0599 e JCPDS 00-025-1402.

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \cdot \sin\theta} \quad (1)$$

### 2.4 Aplicação na reação de Fenton Heterogêneo

Os experimentos de degradação do Azul de Metileno (AM) foram realizados seguindo o seguinte procedimento: tubos falcon de plástico contendo 0,02 g do catalisador, 10 ml de solução aquosa do Azul de Metileno (10 ppm) e 0,3 mL de peróxido de hidrogênio P.A. Os tubos foram colocados em agitação num aparato experimental, por 120 min. Ao fim do tempo estabelecido para cada sistema, o catalisador sólido foi separado por centrifugação por 10 min (3000 rpm) e o sobrenadante, submetido à medida em espectrofotômetro UV/Vis em 665 nm. A eficiência de remoção do Azul de Metileno foi determinada com base nos valores de absorvância da solução inicial,  $A_0$ , e da absorvância média da solução no tempo

t, conforme a Equação 2:

$$\text{Remoção (\%)} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100 \quad (2)$$

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com os espectros no infravermelho (Figura 1) verificou-se que os materiais apresentaram modos vibracionais semelhantes. As atribuições das bandas foram baseadas em informações reportadas na literatura (NAKAMOTO, 1986; SALA, 1996).

As duas séries de materiais exibiram bandas largas e intensas em número de onda próximo a  $3400 \text{ cm}^{-1}$  que podem ser atribuídas aos modos de estiramento (O-H) e uma banda estreita centrada em torno de  $1600 \text{ cm}^{-1}$  devido à deformação (H-O-H) das moléculas de água adsorvidas nos sólidos. Verificou-se a diminuição da intensidade dessas bandas nas amostras calcinadas a  $500 \text{ °C}$  em virtude da maior desidratação dos sólidos. A largura das bandas dos modos de estiramento (O-H) é característica de sistemas contendo ligações de hidrogênio, nos quais as moléculas de água encontram-se perturbadas por interações  $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ . É importante destacar que as moléculas de água possuem três modos fundamentais de vibração, estiramentos O-H simétricos ( $\nu_1$ ,  $\nu_{\text{sim}}$ ) e assimétricos ( $\nu_3$ ,  $\nu_{\text{assim}}$ ), além da deformação H-O-H ( $\nu_2$ ,  $\delta$ ), todos ativos na região do infravermelho. As bandas destacadas eram esperadas, pois à síntese destes materiais ocorreram em meio aquoso e o agente precipitante utilizado foi o hidróxido de sódio.

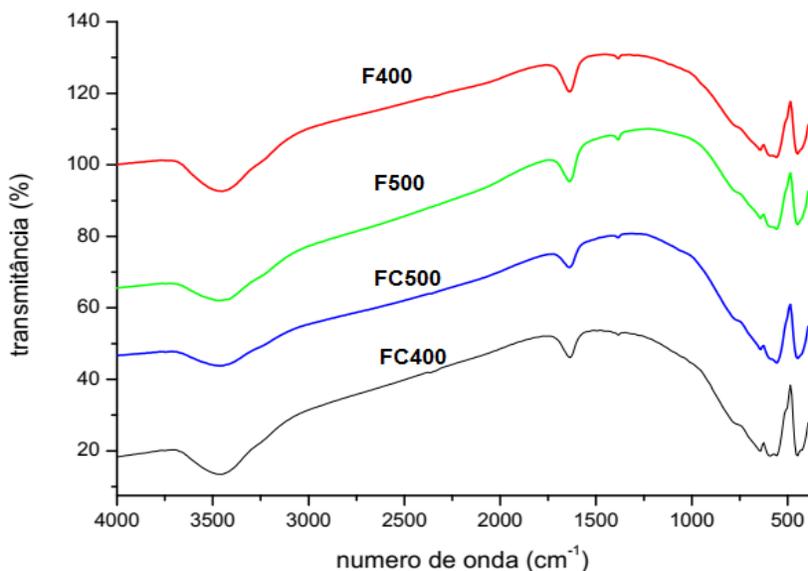


Figura 1. Espectros no infravermelho dos materiais produzidos (amostras F400, F500, FC400 e FC500).

Todas as amostras apresentaram bandas discretas em torno de 600 e 450  $\text{cm}^{-1}$  que podem ser atribuídas aos estiramentos Fe-O devido à formação do óxido de ferro.

Os difratogramas de raios X dos óxidos de ferro sintetizados estão ilustrados nas Figuras 2 e 3.

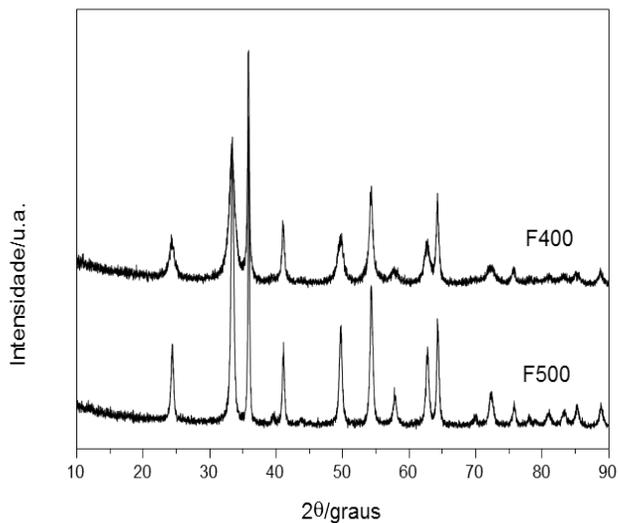


Figura 2. Difratogramas de raios X das amostras da série do nitrato (amostras F400 e F500).

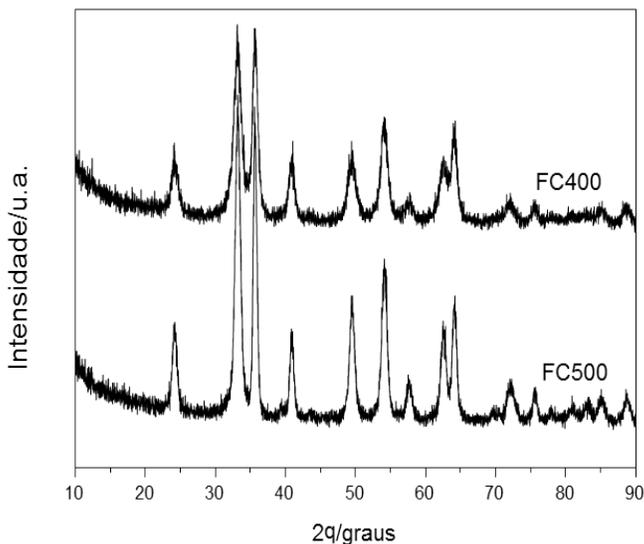


Figura 3. Difratogramas de raios X das amostras da série do cloreto (amostras FC400 e FC500).

Notou-se padrões de difração semelhantes para todas as amostras com linhas de difração em valores de  $2\theta$  próximos a 24, 33, 35, 41, 50, 54, 57, 62, 64 e 72, tais reflexões

são características da fase hematita. A partir das distâncias interplanares calculadas confirmou-se a presença da hematita como única fase de óxido de ferro presente nestes materiais. Nos materiais das duas séries foi possível notar que as reflexões tornaram-se mais intensas para os sólidos aquecidos a 500 °C, indicando a formação de uma estrutura mais cristalina, devido a um melhor ordenamento a média e longa distância.

Os resultados do desempenho catalítico estão destacados na Figura 4. Verificou-se que todos os materiais produzidos foram ativos na degradação do corante azul de metileno em meio aquoso. Notou-se que o desempenho variou com o método de preparação utilizado. Os catalisadores mais ativos foram os preparados utilizando nitrato de ferro como sal precursor (amostras F400 e F500).

Os resultados obtidos sugerem que, os catalisadores mais ativos apresentam em sua estrutura maior disponibilidade dos sítios ativos ( $\text{Fe}^{3+}$ ) que promovem a degradação do corante de acordo com o mecanismo descrito.

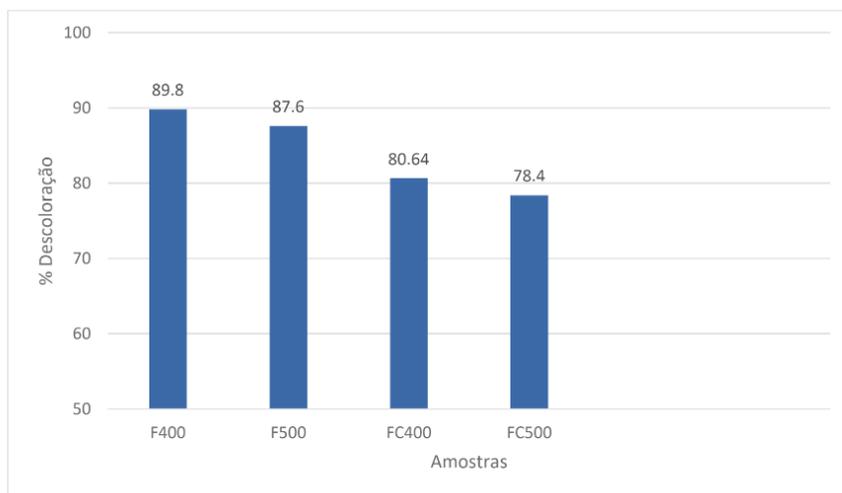
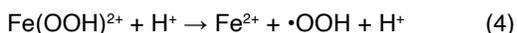
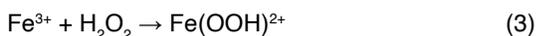


Figura 4. Resultados do desempenho catalítico das amostras F400, F500, FC400 e FC500.

Tendo em vista os resultados de difração de raios-X que, indicaram a presença da hematita como única fase do óxido de ferro presente nos materiais produzidos, sugere-se que a formação inicial dos radicais hidroxila ocorre de acordo com as Equações 3 e 4. O radical hidroperóxido ( $^{\bullet}\text{OOH}$ ) formado pode degradar os orgânicos presentes, mas essa oxidação pode ser lenta ou dependendo da estabilidade, o composto pode não sofrer oxidação em virtude do baixo potencial do radical  $^{\bullet}\text{OOH}$  (1,25 V).



É importante ressaltar que na ausência dos óxidos de ferro, o peróxido de hidrogênio

não foi capaz de decompor o corante no tempo de reação estudado, indicando que os mesmos atuaram como catalisadores no processo.

No decorrer do processo experimental foi possível explorar conceitos importantes abordados em química inorgânica, química analítica e físico-química. O preparo das soluções e o processo de precipitação permitiu a discussão dos conceitos de solubilidade, estequiometria, equilíbrio de precipitação e nucleação e crescimento de cristais. Na sequência da síntese, o precipitado obtido foi isolado por decantação e lavado para remoção dos contra íons sendo necessário rever os conceitos de métodos de separação, na etapa da calcinação do hidróxido para produção do óxido, avaliou-se os conceitos de termodinâmica e cinética de calcinação.

## 4 | CONCLUSÃO

Foram produzidos óxidos de ferro constituídos por hematita como única fase. Todos os sólidos foram ativos frente à degradação do corante azul de metileno, sendo que a amostra F400 exibiu o melhor desempenho, com remoção em torno de 90% do corante. Considerando a rota de síntese simples e econômica para produção dos catalisadores pode-se sugerir que estes materiais podem vir a se constituir numa alternativa viável para o tratamento de efluentes coloridos.

Com o desenvolvimento do trabalho foi possível discutir e rever conceitos importantes no âmbito da química inorgânica, química orgânica, química analítica e físico-química estimulando os alunos a relacionarem os resultados experimentais com a teoria. Dessa forma, a proposta experimental apresentada promoveu de forma positiva a interação do ensino e a pesquisa em química.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES, CNPq e FAPESB, pelo suporte financeiro e bolsas concedidas aos discentes.

## REFERÊNCIAS

ANASTOPOULOS, I; KYZAS, G. Z. Agricultural peels for dye adsorption: A review of recent literature. *Journal Of Molecular Liquids*, v. 200, p.381-389, 2014.

BABUPONNUSAMI, A.; MUTHUKUMAR, K. A review on Fenton and improvements to the Fenton process for wastewater treatment. *Journal Of Environmental Chemical Engineering*, v. 2, n. 1, p.557-572, 2014.

DAI, Y.; SUN, Q.; WENSI, W.; LU, L.; MEI, L.; JINGIING, L.; SHENGSHU, Y.; YUE, S.; ZHANG, K.; XU, J.; WENLEI, Z.; HU, Z.; YANG, Y.; GAO, Y.; YANJU, C.; ZHANG, X.; GAO, F.; ZHANG, Y. Utilizations of agricultural waste as adsorbent for the removal of contaminants: A review. *Chemosphere*, v. 211, p.235-253, 2018.

KATHERESAN, V.; KANSEDO, J.; LAU, S. Y. Efficiency of various recent wastewater dye removal methods: A review. **Journal Of Environmental Chemical Engineering**, v. 6, n. 4, p.4676-4697, 2018.

MELO, S. A. S.; TROVÓ, A. G.; BAUTITZ, I. R.; NOGUEIRA, R. F. P. Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados. **Química Nova**, v. 32, n. 1, p. 188-197, 2009.

NAKAMOTO, K. Infrared and Raman Spectra of Inorganic and Coordination Compounds. New York, USA: John Wiley & Sons, 1986.

NATARAJAN, S.; BAJAJ, H. C.; TAYADE, R. J. Recent advances based on the synergetic effect of adsorption for removal of dyes from waste water using photocatalytic process. **Journal Of Environmental Sciences**, v. 65, p.201-222, 2017.

SALA, O. Fundamentos da Espectroscopia Raman e no Infravermelho. São Paulo: UNESP, 1996.

SOON, A. N.; HAMEED, B. H. Heterogeneous catalytic treatment of synthetic dyes in aqueous media using Fenton and photo-assisted Fenton process. **Desalination**, v. 269, n. 1-3, p.1-16, mar. 2011.

TAN, K. B.; VAKILI, M.; HORRI, B. A.; POH, P. E.; ABDULLAH, A. Z.; SALAMATINIA, B. Adsorption of dyes by nanomaterials: Recent developments and adsorption mechanisms. **Separation And Purification Technology**, v. 150, p.229-242, 2015.

VORONTSOV, A. V. Advancing Fenton and photo-Fenton water treatment through the catalyst design. **Journal Of Hazardous Materials**, p.1-29, 2018.

ZELIGER, H. I. Water Pollution. **Human Toxicology Of Chemical Mixtures**, p.65-95, 2011.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adsorção 84, 85, 86, 93, 94, 95, 98, 99, 151  
Adsorvente 84, 94, 95  
Agência de Proteção Ambiental Americana - USEPA 15  
Agência Nacional de Mineração - ANM 145, 153  
Aguas residuales 25  
Águas superficiais 98  
Ambiente aquático 98  
Análise qualitativa 50  
Análise quantitativa 1  
Antioxidante 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57  
Argilominerais sintéticos 84

### B

Biocombustíveis 108, 116  
Biomassa 81, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 114, 118

### C

Câncer 15, 54  
Catalisador 42, 99, 101, 107, 108, 109, 110, 111, 114, 115, 116, 117, 118, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127  
Combustíveis fósseis 120, 121  
Compostos tóxicos 98  
Comprimido 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11  
Contaminantes ambientais 13  
Corantes 17, 97, 98  
Corrosion 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143  
Cromatografia gasosa 41, 42, 46, 47, 112, 116

### D

Degradação térmica 109  
Desenvolvimento sustentável 144  
Destilação 40, 41  
Doseamento 1, 6

## **E**

Ecosistemas aquáticos 79

Efeito estufa 121

Efluentes industriais 98

Electrochemical Impedance Spectroscopy -EIS 130

Eletrodo 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 22, 24

Espectrofotometria 25, 26

Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier - FT IR 109

Essential oils 48, 156, 157

Etanol 43, 50, 52, 120, 121, 126, 127, 184

Eutrofização 79

## **F**

Farmacocinéticos 2

Fármacos 12, 98, 106

Fertilizantes 76, 77, 81, 98

Fitoquímica 50, 52, 53, 54, 55

Flora 51, 150

Fósforo 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83

Fotocolorímetro 25, 27, 28, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 39

## **G**

Green diesel 108, 116

## **H**

Hidroalogenação 40, 42, 43

Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos - HPAs 13, 14, 15, 23

High Performance Liquid Chromatography - HPLC 60, 66, 69, 73, 74

## **I**

Impacto ambiental 16, 144, 153

## **L**

Lantanídeos 160, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 170, 171, 176, 180, 181, 183, 184, 185

Legislação ambiental 98

## **M**

Material particulado em suspensão 145

Medicamentos 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10  
Meio ambiente 13, 14, 23, 81, 98, 107, 120, 121, 146, 148, 152, 153  
Metais pesados 84  
Metais traços 98  
Metal Organic Frameworks - MOF's 58  
Métodos eletroanalíticos 14  
Micro-organismos 152  
Mineração 78, 144, 145, 153

## **N**

Nanoparticles - NP 156, 157, 158, 159, 186  
Normas Reguladoras de Mineração - NRM 145, 153

## **P**

Partículas totais em suspensão - PTS 145  
Pirólise 15, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 114, 115, 116, 117, 118  
Planejamento fatorial 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49  
Plantas medicinais 51, 56, 57  
Poluentes orgânicos 84, 98  
Poluição atmosférica 145  
Potencial carcinogênico 14

## **R**

Reação de Fenton 97, 99, 101  
Recursos hídricos 81, 98

## **S**

Solução tampão 14, 18  
Supressores químicos 144, 145, 146, 153  
Sustentabilidade 76, 82, 107, 149

## **T**

Taninos 50, 52, 53, 54, 56  
Terpeno 40, 42  
Toxicidade 5, 15, 16, 56, 184  
Troca iônica 84, 85, 147

## V

Voltametria 14, 16, 24

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# 2

 **Atena**  
Editora  
Ano 2021

# O ensino e a pesquisa em **QU** **MICA**

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

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br) 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

[www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br) 

# 2