

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

4

Francisco Odécio Sales  
(Organizador)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

4

Francisco Odécio Sales  
(Organizador)

  
Atena  
Editora  
Ano 2021

**Editora Chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Assistentes Editoriais**

Natalia Oliveira

Bruno Oliveira

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto Gráfico e Diagramação**

Natália Sandrini de Azevedo

Camila Alves de Cremona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

**Imagens da Capa**

Shutterstock

**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.



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

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  
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  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Jadson Correia de Oliveira – Universidade Católica do Salvador  
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  
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. 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  
Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria  
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. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elizabeth Cordeiro Fernandes – Faculdade Integrada Medicina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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 Mendes – Instituto Politécnico de Coimbra – Escola Superior de Saúde de Coimbra

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande

Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Maria Tatiane Gonçalves Sá – Universidade do Estado do Pará

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Natiéli Piovesan – Instituto Federaci 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

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Regiane Luz Carvalho – Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa

Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> 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. 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. 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. 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  
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 Miranilde 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

### **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. Dr. Adailson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva – Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí  
Prof. Dr. Alex Luis dos Santos – Universidade Federal de Minas Gerais  
Prof. Me. Alexsandro Teixeira Ribeiro – Centro Universitário Internacional  
Profª Ma. Aline Ferreira Antunes – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Ma. Andréa Cristina Marques de Araújo – Universidade Fernando Pessoa  
Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Faculdade da Amazônia  
Profª Ma. Anelisa Mota Gregoleti – Universidade Estadual de Maringá  
Profª Ma. Anne Karynne da Silva Barbosa – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
Prof. Me. Armando Dias Duarte – Universidade Federal de Pernambuco  
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar

Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Me. Christopher Smith Bignardi Neves – Universidade Federal do Paraná  
Prof. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
Profª Drª Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas  
Prof. Me. Clécio Danilo Dias da Silva – Universidade Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
Profª Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília  
Profª Ma. Daniela Remião de Macedo – Universidade de Lisboa  
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas – Universidade Estadual de Goiás  
Prof. Me. Edevaldo de Castro Monteiro – Embrapa Agrobiologia  
Prof. Me. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases  
Prof. Me. Eduardo Henrique Ferreira – Faculdade Pitágoras de Londrina  
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás  
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí  
Prof. Dr. Everaldo dos Santos Mendes – Instituto Edith Theresa Hedwing Stein  
Prof. Me. Ezequiel Martins Ferreira – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
Prof. Me. Fabiano Eloy Atilio Batista – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
Prof. Me. Francisco Odécio Sales – Instituto Federal do Ceará  
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
Prof. Me. Givanildo de Oliveira Santos – Secretaria da Educação de Goiás  
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  
Profª Ma. Isabelle Cerqueira Sousa – Universidade de Fortaleza  
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará  
Prof. Dr. José Carlos da Silva Mendes – Instituto de Psicologia Cognitiva, Desenvolvimento Humano e Social  
Prof. Me. Jose Elyton Batista dos Santos – Universidade Federal de Sergipe  
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 Drª Juliana Santana de Curcio – Universidade Federal de Goiás  
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA  
Prof. Dr. Kárpio Márcio de Siqueira – Universidade do Estado da Bahia  
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. Dr. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe  
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná  
Profª Ma. Luana Ferreira dos Santos – Universidade Estadual de Santa Cruz  
Profª Ma. Luana Vieira Toledo – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
Profª Ma. Luma Sarai de Oliveira – Universidade Estadual de Campinas  
Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos  
Prof. Me. Marcelo da Fonseca Ferreira da Silva – Governo do Estado do Espírito Santo  
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. Maria Elanny Damasceno Silva – Universidade Federal do Ceará  
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Prof. Me. Pedro Panhoca da Silva – Universidade Presbiteriana Mackenzie  
Profª Drª Poliana Arruda Fajardo – Universidade Federal de São Carlos  
Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco  
Prof. Me. Renato Faria da Gama – Instituto Gama – Medicina Personalizada e Integrativa  
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
Prof. Me. Robson Lucas Soares da Silva – Universidade Federal da Paraíba  
Prof. Me. Sebastião André Barbosa Junior – Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Profª Ma. Silene Ribeiro Miranda Barbosa – Consultoria Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
Profª Ma. Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
Profª Ma. Thatianny Jasmine Castro Martins de Carvalho – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Me. Tiago Silvio Dedoné – Colégio ECEL Positivo  
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

**Editora Chefe:** Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
**Bibliotecária:** Janaina Ramos  
**Diagramação:** Luiza Alves Batista  
**Correção:** Mariane Aparecida Freitas  
**Edição de Arte:** Luiza Alves Batista  
**Revisão:** Os Autores  
**Organizador:** Francisco Odécio Sales

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

C569 Ciências exatas e da terra: exploração e qualificação de diferentes tecnologias 4 / Organizador Francisco Odécio Sales. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5706-713-0

DOI 10.22533/at.ed.130211301

1. Terra. 2. Ciências Exatas. I. Sales, Francisco Odécio (Organizador). II. Título.

CDD 551.1

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](mailto: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.

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 4” é uma obra que objetiva uma profunda discussão técnico-científica fomentada por diversos trabalhos dispostos em meio aos seus 21 capítulos. Esse 4º volume, bem como o volume 3, abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Ciências exatas e da Terra, bem como suas reverberações e impactos econômicos e sociais.

Tal obra objetiva publicitar de forma objetiva e categorizada estudos e pesquisas realizadas em diversas instituições de ensino e pesquisa nacionais e internacionais. Em todos os capítulos aqui expostos a linha condutora é o aspecto relacionado às Ciências Naturais, tecnologia da informação, ensino de ciências e áreas afins.

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 por inovação, tecnologia, ensino de ciências e demais temas. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes campos da engenharia, ciência e ensino de forma temporal com dados geográficos, físicos, econômicos e sociais de regiões específicas do país é de suma importância, bem como abordar temas atuais e de interesse direto da sociedade.

Deste modo a obra Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias 4 apresenta uma profunda e sólida fundamentação teórica bem com resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolvem seu trabalho de forma séria e comprometida, apresentados aqui de maneira didática e articulada com as demandas atuais. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Francisco Odécio Sales

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

**A AGRICULTURA URBANA COMO PROPOSTA DE USO E OCUPAÇÃO PARA AS ÁREAS DE RISCO: EXPERIÊNCIAS POTENCIAIS QUE SUBSIDIAM AÇÕES ESTRATÉGICAS PARA A CIDADE DE FORTALEZA-CE**

Ana Carla Alves Gomes

Maria Lúcia Brito da Cruz

**DOI 10.22533/at.ed.1302113011**

### **CAPÍTULO 2..... 15**

**ANÁLISE DE ESPECTROS UTILIZANDO ESPECTROSCÓPIO CASEIRO**

Marcelo Antonio Amorim

Denes Alves de Farias

Edite Maria dos Anjos

Eryka Christine Viana Nascimento

Wellington Francisco da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.1302113012**

### **CAPÍTULO 3..... 26**

**ANÁLISE GEOESTATÍSTICA DOS ROUBOS NA CIDADE DE SÃO PAULO – SP PARA OS ANOS DE 2016 E 2017**

Ícaro Viterbre Debique Sousa

Alexandre Alves Oliveira

Heron Viterbre Debique Sousa

Antonio Mendes Magalhães Júnior

**DOI 10.22533/at.ed.1302113013**

### **CAPÍTULO 4..... 36**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ÁCIDO INDOLBUTÍRICO NA PRODUÇÃO DE CLONES DE *SWIETENIA MACROPHYLLA KING***

Ingrid Loraine Rocha Ribeiro

Rogério Oliveira Souza

**DOI 10.22533/at.ed.1302113014**

### **CAPÍTULO 5..... 47**

**BAGAÇO DE MALTE: ALTERNATIVAS DE REAPROVEITAMENTO**

Jean Lucas Ribeiro de Farias

Jonas Cardoso de Oliveira

Kamila Paula Machado Rech

Vanessa Zorzan

Claudia Eugênia Castro Bravo

Ellen Porto Pinto

**DOI 10.22533/at.ed.1302113015**

### **CAPÍTULO 6..... 52**

**COLORIMETRIA E ABSORBÂNCIA DE FIBRAS DE TiO<sub>2</sub> OU DE TiO<sub>2</sub> CONTENDO**

## PERCURSORES DE TUNGSTÊNIO APLICANDO O SISTEMA CIELa\*b\*

Luana Góes Soares da Silva

Annelise Kopp Alves

**DOI 10.22533/at.ed.1302113016**

## **CAPÍTULO 7..... 64**

### CONSTRUÇÃO E VALIDAÇÃO DE UM COULOMBOSCÓPIO DE BAIXO CUSTO

José Antônio Pinto

Luciano Soares Pedroso

Maria Lúcia Soares Pedroso

Giovanni Armando da Costa

Guilherme Almeida de Souza Pereira

**DOI 10.22533/at.ed.1302113017**

## **CAPÍTULO 8..... 77**

### CYTOTOXICITY OF ESSENTIAL OILS FROM *Murraya paniculata* (L.) JACK. AND THEIR BIOLOGICAL POTENTIAL AGAINST FUNGI OF AGRONOMIC INTEREST

Flávia Fernanda Alves da Silva

Cassia Cristina Fernandes

Aline Soares Diniz

Mayker Lazaro Dantas Miranda

**DOI 10.22533/at.ed.1302113018**

## **CAPÍTULO 9..... 86**

### DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE MÁXIMA DE ADSORÇÃO DE COBRE (II) EM CASCA DE OVO E REUSO NA PRODUÇÃO DE ALFACE AMERICANA (LACTUCA SATIVA L.)

José Antonio Rodrigues de Souza

Débora Astoni Moreira

Ellen Lemes Silva

Diego César Veloso Rezende

Matheus Rocha Mendes

João Gabriel Felismino

Wesley Anderson Siqueira Ribeiro

Walisson Marques de Oliveira

**DOI 10.22533/at.ed.1302113019**

## **CAPÍTULO 10..... 100**

### ESTUDO COMPARATIVO DE CATALISADORES $La_{(1-x)}Ca_xMnO_3$ (X=0,3) VIA MÉTODOS ÚMIDOS PARA APLICABILIDADE ECONÔMICA INDUSTRIAL AUTOMOBILÍSTICA

Symone Leandro de Castro

Davidson Nunes de Oliveira

Julia Alanne Silvino dos Santos

Filipe Martel de Magalhães Borges

**DOI 10.22533/at.ed.13021130110**

## **CAPÍTULO 11..... 111**

### IMPLEMENTAÇÃO DE UM DETECTOR DE CONTAS BOTS EM REDES SOCIAIS

Mateus da Silveira Colissi

Guilherme Chagas Kurtz  
Sylvio André Garcia Vieira  
Alexandre de Oliveira Zamberlan  
**DOI 10.22533/at.ed.13021130111**

**CAPÍTULO 12..... 132**

LA MICROFÍSICA DEL PODER Y LA TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA: ELEMENTOS FUNDAMENTALES EN LA EMERGENCIA DEL SABER ESCOLAR MATEMÁTICO

Ana Mercedes Pérez Martínez

**DOI 10.22533/at.ed.13021130112**

**CAPÍTULO 13..... 143**

AVANÇOS METODOLÓGICOS NA DATAÇÃO POR TRAÇOS DE FISSÃO E U-Pb EM ZIRCÃO

Carlos Alberto Tello Sáenz  
Luiz Augusto Stuani Pereira  
Murilo Candido de Azevedo  
Rosana Silveira Resende

**DOI 10.22533/at.ed.13021130113**

**CAPÍTULO 14..... 155**

O USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS EM AUXÍLIO À EDUCAÇÃO EM TEMPO DE DISTANCIAMENTO SOCIAL

Gabriel Kenji Furtado Mitome  
Alexandre M. Melo Silva Pessoa

**DOI 10.22533/at.ed.13021130114**

**CAPÍTULO 15..... 166**

OXIDAÇÃO CATALÍTICA DE AZO-CORANTES SOBRE ÓXIDO DE FERRO SUPORTADO EM CARVÃO OBTIDO DA *Pachira aquatica Aubl*

Juraci Santos do Nascimento  
Erlan Aragão Pacheco  
Márcio Souza Santos  
Tereza Simonne Mascarenhas Santos  
Alexilda Oliveira de Souza  
Cesário Francisco das Virgens

**DOI 10.22533/at.ed.13021130115**

**CAPÍTULO 16..... 178**

QUANTITATIVE ANALYSIS OF LIGHT ELEMENTS USING COMPACT XRF SPECTROMETERS

Cibele Bugno Zamboni  
Dalton Giovanni Nogueira da Silva  
Orion Giovane Tasso  
Jose Agostinho Gonçalves de Medeiros  
Maria Regina Andrade de Azevedo

**DOI 10.22533/at.ed.13021130116**

|  |            |
|--|------------|
| <b>CAPÍTULO 17</b> .....   | <b>187</b> |
| REVISÃO QUANTO A UTILIZAÇÃO DO FÍLER CALCÁRIO COMO MATERIAL CIMENTÍCIO SUPLEMENTAR   |            |
| Jayne Carlos Piovesan<br>Raduan Krause Lopes   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.13021130117</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 18</b> .....   | <b>200</b> |
| SINCRONIZAÇÃO DO TEMPO DE SÍMBOLO EM SISTEMAS OFDM   |            |
| Rubem Vasconcelos Pacelli<br>Antônio Macílio Pereira de Lucena<br>Daniel Costa Araújo<br>Jonas Almeida Mourão              |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.13021130118</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 19</b> .....   | <b>208</b> |
| SOLUÇÃO COMPUTACIONAL PARA COMUNICADO DE ACIDENTE DE TRABALHO NA CONSTRUÇÃO CIVIL  |            |
| Gustavo Batista Castagna<br>Ana Paula Canal  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.13021130119</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 20</b> .....   | <b>228</b> |
| “ <i>WEEPING ANGEL</i> ”: BIBLIOTECA <i>CROSS PLATAFORM</i> DE BAIXO CUSTO PARA DETECÇÃO DE ATENÇÃO EM DISPOSITIVOS MÓVEIS |            |
| Alano Martins Pinto<br>Yuri Lenon Barbosa Nogueira   |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.13021130120</b>  |            |
| <b>CAPÍTULO 21</b> .....   | <b>235</b> |
| APLICANDO O DESIGN THINKING NOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES  |            |
| Jonnathan Alves Teixeira<br>Fellipe Henrique Alves de Paula<br>Reane Franco Goulart  |            |
| <b>DOI 10.22533/at.ed.13021130121</b>  |            |
| <b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....   | <b>241</b> |
| <b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....  | <b>242</b> |

## OXIDAÇÃO CATALÍTICA DE AZO-CORANTES SOBRE ÓXIDO DE FERRO SUPOSTADO EM CARVÃO OBTIDO DA *Pachira aquatica Aubl*

Data de aceite: 04/01/2021

Data da submissão: 06/11/2020

### **Juraci Santos do Nascimento**

Universidade do Estado da Bahia, Campus I, Programa de Pós-graduação em Química, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Salvador-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0267590200584644>

### **Erlan Aragão Pacheco**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Química, Itapetinga-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/5126555557633598>

### **Márcio Souza Santos**

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Química, Itapetinga-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/0715692648363651>

### **Tereza Simonne Mascarenhas Santos**

Universidade Estadual de Feira de Santana, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Departamento de Tecnologia, Feira de Santana-BA, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6525984408366189>

### **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.

<http://lattes.cnpq.br/1082687379842847>

### **Cesário Francisco das Virgens**

Universidade do Estado da Bahia, Campus I, Programa de Pós-graduação em Química, Departamento de Ciências Exatas e da Terra, Salvador-Ba, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6089875159011042>

**RESUMO:** Os azo-corantes são amplamente utilizados em uma variedade de indústrias, como têxteis, cosméticos, impressão, alimentos e plásticos. Muitos desses corantes são cancerígenos e reduzem a penetração da luz em sistemas aquosos, dificultando a fotossíntese e prejudicando a saúde humana. Com o objetivo de obter novos catalisadores para a oxidação de corantes orgânicos em meio aquoso, estudou-se neste trabalho, o desempenho de catalisadores à base de óxido de ferro ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) suportado em carvão produzido com cascas da *Pachira aquática Aubl*, com vistas à aplicação na oxidação do corante azul de metileno. Os materiais foram caracterizados por Difração de Raios X (DRX), Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e propriedades texturais (área específica, volume e tamanho de poro). De acordo com os resultados de DRX, verificaram-se em todos os sólidos, dois picos largos que são característicos de planos gráficos desordenados dos carvões. Todos os catalisadores foram ativos na degradação do corante azul de metileno com capacidade para remover em torno de 60% do poluente, indicando que eles podem vir a se constituir em alternativa viável e eficiente para o tratamento de efluentes contaminados por corantes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Reação de Fenton Heterogêneo, recursos hídricos, poluentes orgânicos, resíduos.

## CATALYTIC OXIDATION OF AZO-DYES ON IRON OXIDE SUPPORTED ON COAL OBTAINED FROM *Pachira aquatica Aubl*

**ABSTRACT:** Azo dyes are widely used in a variety of industries, such as textiles, cosmetics, printing, food and plastics. Many of these dyes are carcinogenic and reduce the penetration of light into aqueous systems, making photosynthesis difficult and harming human health. In order to obtain new catalysts for oxidation of organic dyes in aqueous media, the performance of catalysts based on iron oxide ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) supported on coal produced from *Pachira aquatica Aubl* husks was studied in this work, with a view to the oxidation application of methylene blue dye. The materials were characterized by X-ray diffraction (DRX), Infrared spectra with Fourier transform (FTIR) and textural properties (specific area, pore volume and size). According to the XRD results, two broad peaks were found in all solids, which are characteristic of disordered graphical planes of the coal. All catalysts were active in the degradation of the methylene blue dye with capacity of removing around 60% of the pollutant, indicating that they may become a viable and efficient alternative for the treatment of effluents contaminated by dyes.

**KEYWORDS:** Heterogeneous Fenton Reaction, water resources, organics pollutants, wastes.

## 1 | INTRODUÇÃO

As indústrias têxteis utilizam ampla variedade, bem como elevadas quantidades de corantes em seus processos, como consequência geram efluentes com elevada carga desses compostos. Os corantes são bastante solúveis em água, constituindo um sério problema ambiental quando são descartados sem tratamento prévio, pois essas espécies apresentam toxicidade e têm propriedades carcinogênicas. A presença de corantes em efluentes dificulta a entrada de luz no meio, impedindo o processo de fotossíntese, levando assim, ao desequilíbrio de todo um sistema ecológico (DUARTE *et al.*, 2013; JAIN *et al.*, 2018).

Os Processos Oxidativos Avançados (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 *et al.*, 2014; BOKARE *et al.*, 2014; PACHECO *et al.*, 2019). 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 simples com elevadas taxas de degradação de poluentes orgânicos, porém, o processo Fenton homogêneo leva à geração de lodo pela precipitação de  $\text{Fe}^{3+}$  como hidróxido,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  (BOKARE *et al.*, 2014; PACHECO *et al.*, 2019; WANG *et al.*, 2016). Por outro lado, a reação de Fenton Heterogêneo utiliza a fonte de ferro na forma sólida, ou seja, suportado ou como um

composto mássico. Nesta condição, não existe a formação de lodo, tornando o processo mais eficiente e ambientalmente amigável.

Diante disso, a proposta deste trabalho foi desenvolver materiais alternativos, de baixo custo, constituído por óxido de ferro suportado em carvão produzido com cascas do fruto da *Pachira aquática aubl* coletados em áreas urbanas da cidade de Salvador-Bahia, Brasil, com vistas à aplicação desses materiais como catalisadores na degradação do azul de metileno, presente em meio aquoso, por um mecanismo do tipo Fenton Heterogêneo.

## 2 | PARTE EXPERIMENTAL

### 2.1 Síntese dos catalisadores

A biomassa para a produção do carvão ativado foi obtida das cascas dos frutos da *Pachira aquática aubl*, uma espécie de árvore urbana. Os frutos maduros foram colhidos diretamente das árvores, secos à temperatura ambiente por 24 horas e, finalmente, foram separadas as cascas das polpas e sementes. As cascas obtidas foram secas em estufa com circulação de ar a 105 °C por 24 horas, e o material resultante foi pulverizado num moinho de facas e peneirado. O carvão foi produzido através da metodologia da pirólise lenta. O processo consistiu no aquecimento da matéria prima (biomassa) num reator de quartzo, sob atmosfera inerte de nitrogênio.

As condições ótimas para a produção do carvão foram determinadas através de planejamento experimental multivariado, que indicou a temperatura de reação de 406 °C, taxa de aquecimento de 2 °C min<sup>-1</sup>, e tempo de residência de 60 minutos.

A deposição do metal sobre o suporte foi realizada através da técnica de impregnação por via úmida em excesso de solução. Nesse processo, a solução foi preparada a partir do precursor do metal (FeOH<sub>3</sub>·8H<sub>2</sub>O), nas concentrações de 5, 10 e 15% do metal em relação à massa do suporte (carvão). Posteriormente uma massa definida do suporte foi adicionada à solução contendo o metal, e em seguida o sistema foi levado à agitação em mesa agitadora a 150 rpm, por 24 horas. Na sequência, o sistema foi filtrado, seco em estufa a 120 °C por 4 horas, e por fim, resfriado em dessecador. As amostras obtidas a partir dessa metodologia foram denominadas como FCM5, FCM10 e FCM15 em que os números 5, 10 e 15 representam os percentuais de ferro em relação à massa de carvão.

### 2.2 Caracterização dos catalisadores

Os catalisadores foram caracterizados por Difração de Raios X (DRX), cujos difratogramas foram analisados no software HighScore Plus produzido pela Panalytical e identificados os padrões cristalográficos e o diâmetro médio de cristalitos (Dp), calculado a partir da reflexão mais intensa do óxido de ferro, empregando a equação de Debye-Scherrer. Os materiais também foram analisados por Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR) e as propriedades texturais foram obtidas de um analisador

de área superficial e porosidade por adsorção de nitrogênio em ambiente criogênico para obtenção dos dados da área específica, volume e tamanho de poros.

### 2.3 Desempenho catalítico na reação de Fenton

Os experimentos de avaliação catalítica foram realizados utilizando 10 mL da solução do corante orgânico azul de metileno na concentração de  $8 \text{ mg L}^{-1}$ , 0,3 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  P.A e 20 mg do catalisador. Ao fim de cada intervalo de tempo previsto, adicionou-se  $300 \mu\text{L}$  de uma solução aquosa saturada de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  a cada sistema, com o objetivo de finalizar a reação no tempo estabelecido. Em seguida, o material particulado foi separado por centrifugação durante 10 min, a 2000 rpm, e o sobrenadante, submetido à medida espectrofotométrica no comprimento de onda de 665 nm.

Foram realizados experimentos na ausência do peróxido de hidrogênio, nas mesmas condições descritas, com vistas a confirmar se a remoção do corante foi um processo catalítico ou adsorptivo. Ensaio na ausência dos catalisadores foram realizados para confirmar o processo catalítico nas reações de oxidação com  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

A comparação entre os desempenhos dos catalisadores foi realizada através da análise das taxas de reação determinadas pelos modelos de cinética de primeira e segunda ordem. As equações 1 e 2 descrevem os modelos cinéticos aplicados (Youssef et al., 2016):

$$\text{Reação cinética de primeira ordem: } C_t = C_o e^{-k_1 t} \quad \text{Equação (1)}$$

$$\text{Reação cinética de segunda ordem: } \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_o} + k_2 t \quad \text{Equação (2)}$$

Em que  $C_o$  e  $C_t$  são as concentrações de corante no tempo de reação zero e no tempo  $t$ , respectivamente.  $k_1$  e  $k_2$  são as constantes das taxas de primeira e segunda ordem, respectivamente.

Os ajustes dos modelos matemáticos para estudos cinéticos foram avaliados estatisticamente pelo coeficiente de correlação ( $R^2$ ).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão ilustrados os difratogramas de Raios X dos materiais produzidos.

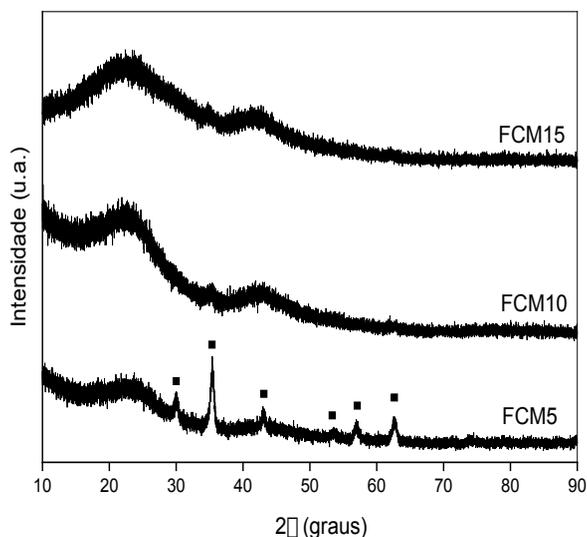


Figura 1. Difratoogramas de Raios X das amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

A presença de dois picos largos foi identificada em todas as amostras, sendo um mais intenso e outro de menor intensidade, centrados em  $2\theta$  próximos a  $24^\circ$  e  $44^\circ$ , respectivamente. Essa característica revela uma estrutura amorfa, com planos gráfiticos desordenados, típicos de carvões (TAKAGI *et al.*, 2004; MANOJ *et al.*, 2012). O pico em  $2\theta = 24^\circ$  pode ser atribuído aos planos de difração 002 da estrutura gráfitica, que ocorre quando o processo de carbonização acontece em elevada temperatura, resultando em estruturas carbonáceas com algum grau de ordem gráfitica (MA *et al.*, 2015).

O material obtido com menor teor de ferro (FCM5) exibiu reflexões características da fase maghemita cúbica, conforme ficha cristalográfica PDF2 00-039-1346, com os principais ângulos  $2\theta$  centrados em  $30^\circ$ ,  $35^\circ$ ,  $43^\circ$ ,  $54^\circ$ ,  $57^\circ$  e  $63^\circ$  (SCHULZ *et al.*, 1987). Por outro lado, as amostras com maiores teores de ferro (FCM10 e FCM15) não apresentaram as linhas de difração correspondentes à fase cristalina. Esse comportamento cristalográfico sugere que o aumento da concentração do precursor de ferro tenha promovido a formação de partículas de óxidos de ferro com baixa cristalinidade, ou cristalitos muito pequenos dispersos na superfície do carvão.

Na Figura 2 são apresentados os espectros de infravermelho dos catalisadores FCM5, FCM10 e FCM15.

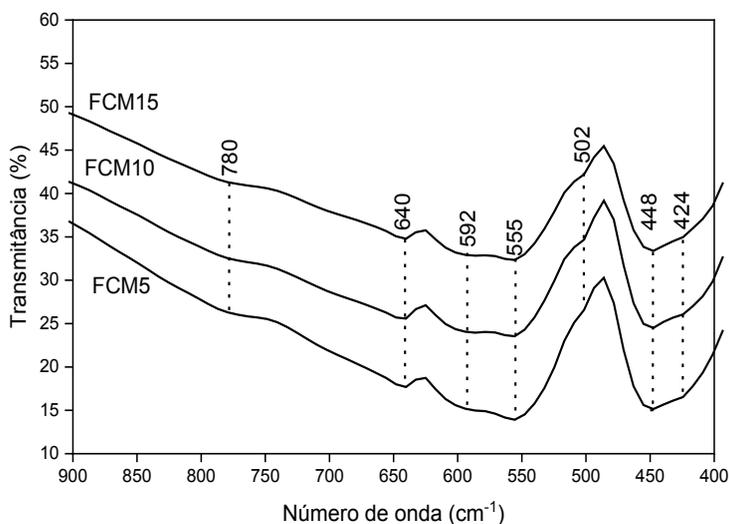


Figura 2. Espectros no infravermelho das amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

Nesses espectros foram identificadas bandas largas e intensas na região de 3000 - 3900  $\text{cm}^{-1}$ , que podem ser atribuídas aos modos de estiramento (O–H). Além disso, identifica-se uma banda estreita, centrada em torno de 1600  $\text{cm}^{-1}$ , associada à deformação (H–O–H) das moléculas de água adsorvidas nos sólidos. A largura das bandas, dos modos de estiramento da água (O–H), é uma característica peculiar de sistemas contendo ligações de hidrogênio, nos quais as moléculas de água se encontram perturbadas pelas interações intermoleculares ( $\text{H}_2\text{O}-\text{H}_2\text{O}$ ). Nas amostras dos catalisadores foi identificada uma banda em torno de 1350  $\text{cm}^{-1}$ , que pode ser atribuída à vibração axial de estiramento da ligação C–O e à vibração angular de estiramento da ligação O–H, típicas de grupos fenólicos. As bandas na região de 600-400  $\text{cm}^{-1}$  correspondem às vibrações de ligações metal-oxigênio (Fe–O), corroborando com os difratogramas de raios X que evidenciaram linhas de difração da maghemita na amostra FCM5 (CORNELL & SCHWERTMANN, 2003).

As propriedades texturais identificadas por adsorção de nitrogênio e o diâmetro médio de cristalito calculado pela equação de Debye-Scherrer estão apresentados na Tabela 1. Notou-se que os valores de área específica são muito próximos entre si. O tamanho médio dos cristalitos de óxido de ferro foi de 25 nm para a amostra FCM5. As amostras FCM10 e FCM15 não apresentaram reflexões do óxido de ferro de modo que não foi possível estimar o diâmetro médio dos cristalitos para esses sólidos.

| Amostra | $S_{\text{BET}}$ ( $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ ) | $T_p$ (nm) | $V_p$ ( $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$ ) | $D_p$ (nm) |
|---------|---|------------|---------------------------------------|------------|
| FCM5    | 110   | 8,35       | 0.0318                                | 25         |
| FCM10   | 123   | 8,90       | 0.0323                                | ----       |
| FCM15   | 128   | 8,97       | 0.0312                                | ----       |

Tabela 1. Resultados de área específica ( $S_{\text{BET}}$ ), volume de poro ( $V_p$ ) e diâmetro médio de cristalitos ( $D_p$ ) das amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

As Figuras 3 e 4 apresentam os resultados dos ensaios de adsorção e degradação catalítica do azul de metileno, respectivamente, utilizando os materiais FCM5, FCM10 e FCM15. Os sólidos apresentaram baixas taxas de adsorção, variando na faixa de 19% a 23% de remoção do corante. Por outro lado, todos os materiais produzidos foram eficientes como catalisadores na oxidação do corante, sendo possível notar uma descoloração próxima a 90%.

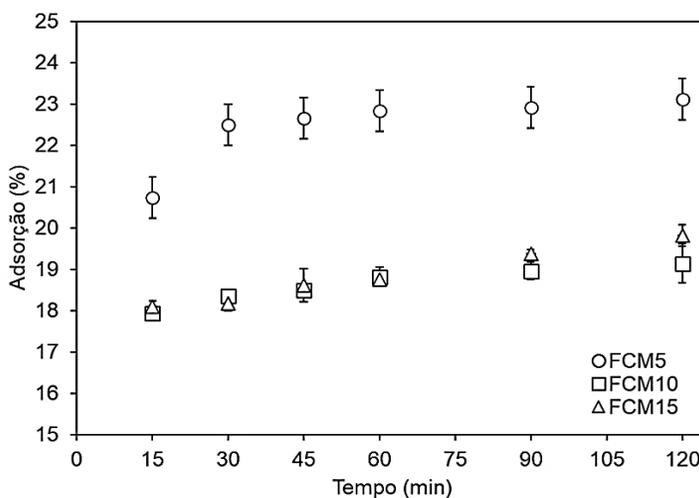


Figura 3. Resultados dos experimentos de adsorção do azul de metileno utilizando as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

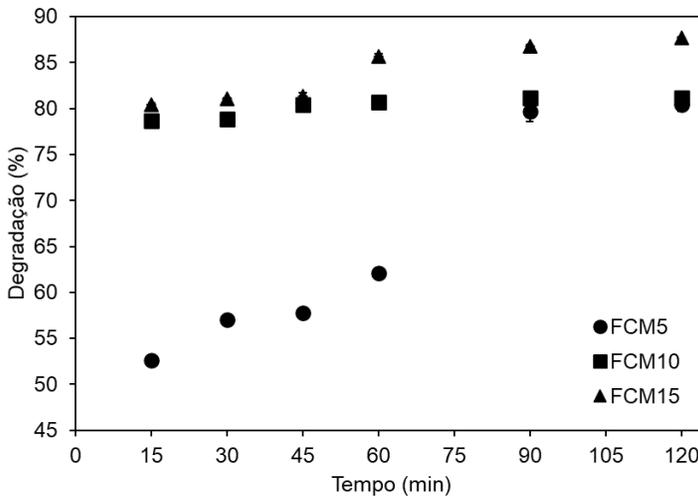


Figura 4. Resultados dos experimentos de oxidação do azul de metileno utilizando as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

O desempenho catalítico das amostras FCM5, FCM10 e FCM15, após subtrair a taxa de adsorção, foi de 56%, 62% e 67%, respectivamente. Estes resultados indicam que a adsorção do corante no catalisador não impede a degradação dos mesmos pelos radicais hidroxilas ( $\cdot\text{OH}$ ) gerados no processo Fenton, por isso, sugere-se que a eficiência de descoloração ao fim do processo, corresponde, em sua maior parte, à degradação do corante.

Tendo em vista os resultados de difração de raios X, cuja análise indicou a presença da maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ) como única fase de óxido de ferro presente na amostra FCM5, sugere-se que a formação inicial dos radicais hidroxilas ( $\cdot\text{OH}$ ) ocorre de acordo com as Equações 3 e 4 (CASTRO *et al.*, 2009). Os radicais hidroperóxidos ( $\cdot\text{OOH}$ ) podem degradar os compostos orgânicos presentes, mas essa oxidação pode ser lenta ou dependendo da estabilidade, o composto pode não sofrer oxidação em virtude do baixo potencial do referido radical (1,25 V).



É importante ressaltar que na ausência dos materiais suportados, o peróxido de hidrogênio não foi capaz de decompor o corante no tempo de reação estudado, indicando que eles atuaram como catalisadores para o processo de degradação do azul de metileno.

Foi possível verificar, numa tendência geral, que a degradação do corante foi rápida nos primeiros 15 minutos de reação e o sistema entrou em equilíbrio em 60 minutos para as amostras com 10% e 15% de ferro, enquanto a amostra com 5% de ferro alcançou o equilíbrio com 90 minutos de reação. Esse comportamento é esperado para esses sistemas porque os íons ferrosos ( $\text{Fe}^{3+}$ ) reagem muito rapidamente com o peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), produzindo elevada quantidade de radicais hidroxilas ( $\text{OH}\cdot$ ), promovendo assim, a degradação do corante azul de metileno (DEMARCHIS *et al.*, 2015; KWAN & VOELKER, 2003). Dessa forma, nos primeiros minutos, as moléculas do corante são decompostas rapidamente e, na sequência da reação, os íons férricos, produzidos na primeira fase, reagem com o peróxido de hidrogênio para produzir hidroperóxido (radicais  $\text{HOOD}\cdot$ ), produzindo íons ferrosos que reagem com peróxido de hidrogênio para produzir os radicais hidroxilas.

O desempenho dos catalisadores foi ajustado a dois modelos cinéticos: primeira ordem e segunda ordem. Os resultados estão destacados na Tabela 2 e Figuras 5 e 6.

| Amostra | Modelo cinético de primeira ordem |        | Modelo cinético de segunda ordem             |        |
|---------|-----------------------------------|--------|--|--------|
|         | $k_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )       | $R^2$  | $k_2$ ( $\text{L mg}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) | $R^2$  |
| FCM5    | $1,09 \times 10^{-3}$             | 0,8749 | $2,68 \times 10^{-4}$                        | 0,8820 |
| FCM10   | $3,91 \times 10^{-4}$             | 0,4193 | $1,68 \times 10^{-4}$                        | 0,6024 |
| FCM15   | $1,45 \times 10^{-3}$             | 0,7751 | $5,56 \times 10^{-4}$                        | 0,8237 |

Tabela 2. Parâmetros dos modelos cinéticos avaliados e coeficiente de correlação ( $R^2$ ) para a cinética de degradação do azul de metileno através do mecanismo do tipo Fenton Heterogêneo.

Os valores encontrados para os coeficientes de correlação ( $R^2$ ) estão abaixo de 0,90, no entanto a análise destes resultados indica que os dados cinéticos estão mais bem ajustados ao modelo cinético de segunda ordem. Como os coeficientes de correlação para as amostras FCM5 e FCM15 são maiores do que 0,80, os valores das suas constantes de taxa de reação ( $K_2$ ) podem ser comparados e os resultados corroboram com o melhor desempenho do FCM15, o catalisador com maior teor de ferro.

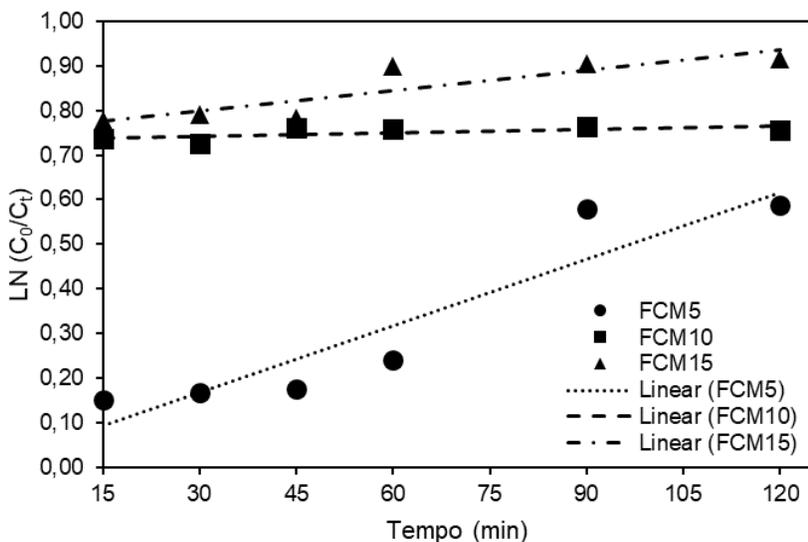


Figura 5. Cinética de primeira ordem para as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

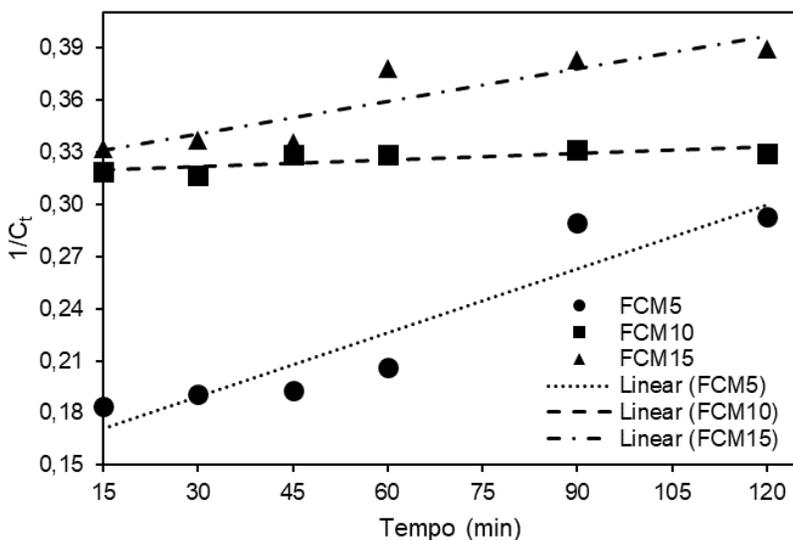


Figura 6. Cinética de segunda ordem para as amostras FCM5, FCM10 e FCM15.

Estes resultados preliminares sugerem que há um intervalo de concentração ótimo para dispersão das partículas de óxido de ferro sobre o carvão obtido das cascas dos frutos da *Pachira aquática Aubl.* Teores abaixo de 10% contribuem para formação da maghemita, fase ativa na reação Fenton, e acima de 10%, o sólido apresentou baixa cristalinidade. Todos os catalisadores foram ativos na reação, mas os resultados cinéticos apontaram

para perfis diferentes em relação ao tempo de equilíbrio. Os catalisadores FCM10 e FCM15 apresentaram elevadas taxas de degradação nos primeiros 15 minutos da reação, diferente da amostra FCM5. No entanto, após 90 minutos os desempenhos dos catalisadores se aproximaram dentro de um intervalo de 80 a 90%. O comportamento singular do catalisador FCM5 é confirmado pelos ajustes aos modelos cinéticos avaliados que indica o  $R^2 > 0,80$  para os dois modelos. Para confirmar a predominância do mecanismo de segunda ordem para estes catalisadores são necessários experimentos com variação da massa dos catalisadores em tempos menores de 15 minutos e a realização da análise de carbono orgânico total (COT), mas tais métodos não fizeram parte do escopo deste trabalho. Os resultados evidenciaram o potencial dos catalisadores estudados, produzidos utilizando o carvão obtido das cascas dos frutos da *Pachira aquática Aubl*, como suporte para dispersão da fase ativa de óxido de ferro, para a reação do tipo Fenton Heterogêneo.

## 4 | CONCLUSÃO

O procedimento experimental simples e de baixo custo, utilizado no presente estudo, levou à produção de materiais com potencial para aplicação como catalisadores na degradação de corantes orgânicos em meio aquoso. Além da eficiência para purificação de recursos hídricos contaminados com corantes, a produção dos catalisadores também contribuiu para remoção de resíduos orgânicos do meio ambiente, pois o carvão utilizado como suporte foi obtido a partir da pirólise das cascas de frutos da *Pachira aquática Aubl* que é uma árvore de arborização urbana e a queda natural dos frutos promove o acúmulo de lixo orgânico nas proximidades onde as árvores estão localizadas.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS

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.

BOKARE, A. D.; CHOI, W. Review of iron-free Fenton-like systems for activating  $H_2O_2$  in advanced oxidation processes. **Journal of hazardous materials**, v. 275, p. 121-135, 2014.

CASTRO, C.S; GUERREIRO, M.C; OLIVEIRA, L.C.A; GONÇALVES, M. Remoção de compostos orgânicos em água empregando carvão ativado impregnado com óxido de ferro: ação combinada de adsorção e oxidação em presença de  $H_2O_2$ . **Química Nova**, v. 32, n. 6, p.1561-1565, 2009

CORNELL, R. M.; SCHWERTMANN, U. **The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrences and uses**. John Wiley & Sons, 2003.

DEMARCHIS, L.; MINELLA, M.; NISTICÒ, R.; MAURINO, V.; MINERO, C.; VIONE, D. Photo-Fenton reaction in the presence of morphologically controlled hematite as iron source. **Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry**, v. 307, p. 99-107, 2015.

DUARTE, F.; MORAIS, V.; MALDONADO-HÓDAR, F. J.; MADEIRA, L. M. Treatment of textile effluents by the heterogeneous Fenton process in a continuous packed-bed reactor using Fe/activated carbon as catalyst. **Chemical Engineering Journal**, v. 232, p. 34-41, 2013.

HO, Y.-S. Review of second-order models for adsorption systems. **Journal of hazardous materials**, v. 136, n. 3, p. 681-689, 2006.

JAIN, B.; SINGH, A. K.; KIM, H.; LICHTFOUSE, E.; SHARMA, V. K. Treatment of organic pollutants by homogeneous and heterogeneous Fenton reaction processes. **Environmental Chemistry Letters**, v. 16, n. 3, p. 947-967, 2018.

KWAN, Wai P.; VOELKER, Bettina M. Rates of hydroxyl radical generation and organic compound oxidation in mineral-catalyzed Fenton-like systems. **Environmental science & technology**, v. 37, n. 6, p. 1150-1158, 2003.

MA, J.; ZHOU, L.; DAN, W.; ZHANG, H.; SHAO, Y.; BAO, C.; JING, L. Novel magnetic porous carbon spheres derived from chelating resin as a heterogeneous Fenton catalyst for the removal of methylene blue from aqueous solution. **Journal of colloid and interface science**, v. 446, p. 298-306, 2015.

MANOJ, B.; KUNJOMANA, A. G. Study of stacking structure of amorphous carbon by X-ray diffraction technique. **Int. J. Electrochem. Sci**, v. 7, n. 4, p. 3127-3134, 2012.

PACHECO, E. A.; HINOJOSA, A. R. C.; OLIVEIRA, C. M.; SANTOS, H. R. M.; SANTOS, L. O.; GONZALES, L. N.; DE SOUZA, A. **Produção de catalisadores para a reação de Fenton heterogêneo**. In: Atividades de ensino e de pesquisa em química [*recurso eletrônico*] / Org. Juliano Carlo Rufino de Freitas, Ladjane Pereira da Silva Rufino de Freitas. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.

SCHULZ, D.; MCCARTHY, G.; GRANT-IN AID, I. C. D. D. North Dakota State University. **Fargo, North Dakota, USA, ICDD Grant-in-Aid**, 1987.

TAKAGI, H.; MARUYAMA, K.; YOSHIZAWA, N.; YAMADA, Y.; SATO, Y. XRD analysis of carbon stacking structure in coal during heat treatment. **Fuel**, v. 83, n. 17-18, p. 2427-2433, 2004.

WANG, N.; ZHENG, T.; ZHANG, G.; WANG, P. A review on Fenton-like processes for organic wastewater treatment. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, n. 1, p. 762-787, 2016.

YOUSSEF, N. A., SHABAN, S. A., IBRAHIM, F. A., MAHMOUD, A. S. Degradation of methyl orange using Fenton catalytic reaction. **Egypt. J. Pet.** 25, 3, 317-321, 2016.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidente de Trabalho 208, 209, 210, 211, 212, 213, 217, 218, 219, 220, 223, 224  
AIB 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43  
Artemia Salina 77, 78  
Ataque Químico 143

### B

Bagaço de Malte 47, 48, 49, 50, 51  
Biblioteca Cross Plataform 228  
Bioadsorvente 86  
Biocontrole 78  
Bots 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 127, 128, 129, 130

### C

Cariofileno 78  
Centros de Cor 52  
Coulomboscópio 64, 65, 66, 68, 72  
Criminalidade 26, 27, 34

### D

Datação Isotópica via U-Pb 143  
Densidade de Traços de Fissão 143  
Dependência Espacial 26, 29, 30  
Design Thinking 235, 236, 237, 240  
Detecção de Atenção em Dispositivos Móveis 228  
Detector de Contas Bots 111, 112  
Dolomita 187, 188, 189  
Dosagem de Íons 178

### E

Electrospinning 52, 53, 54, 56, 57, 58, 61, 62, 63  
Eletrostática 64  
Engenharia de Software 235, 236, 237, 239  
Espectros 15, 16, 20, 21, 22, 23, 24, 107, 170, 171  
Espectroscópio Caseiro 15, 16, 20, 21

Estaquia 36, 45, 46

Estatística Espacial 26, 27

Experimento de Baixo Custo 64

## **F**

Fíler Calcário 187, 188, 189, 190, 191, 192, 194, 195, 196, 197

FRXDE 178

Fungo Pós-Colheita 78

## **G**

Gestão Municipal 1, 10

## **H**

Hidratação 187, 189, 192, 194, 195, 196

## **I**

Inovação das Ideias 235

## **M**

Metal Pesado 86, 95

Método de Traços de Fissão 143, 154

Mineral Zircão 143

Mitigação 1, 5, 9, 187

Mogno Brasileiro 36

## **O**

OFDM 200, 201, 203, 204, 205, 206, 207

## **P**

Perovskita 100, 101, 102, 104, 107, 109, 110

Poluentes Orgânicos 167

Propagação Vegetativa 36, 37, 45, 46

Propriedades Ópticas 52, 61, 62

## **R**

Reação de Fenton Heterogêneo 167

Reaproveitamento 47, 49, 50, 98

Recursos Hídricos 167, 176

Redes Sociais 111, 112, 113, 129

Resíduos Agroindustriais 47, 48, 96, 98

Reuso 9, 86, 88, 96, 128

## **S**

Sangue Total 178

Série Triboelétrica 64, 65, 70, 71, 72

Sincronismo 200, 201, 206

Sistema CIELa\*b\* 52

Solução Computacional 208

STO 141, 200, 201, 203, 206, 207

## **T**

Teste Clínico 178

Transposiçón Didáctica 132, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 141, 142

## **W**

Weeping Angel 228

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 4

[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) 

# Ciências Exatas e da Terra: Exploração e Qualificação de Diferentes Tecnologias

## 4

[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) 