

# Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

# Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química

Jéssica Verger Nardeli  
(Organizadora)

*2020 by Atena Editora*

Copyright © Atena Editora

Copyright do Texto © 2020 Os autores

Copyright da Edição © 2020 Atena Editora

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

**Diagramação:** Karine de Lima

**Edição de Arte:** Lorena Prestes

**Revisão:** Os Autores



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

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

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

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie di Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

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

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

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

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
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  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

### **Conselho Técnico Científico**

Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo  
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza  
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba  
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico  
 Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia  
 Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais  
 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. Ma. Cláudia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo  
 Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará  
 Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco  
 Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás  
 Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil  
 Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita  
 Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora  
 Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas  
 Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo  
 Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária  
 Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná  
 Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia  
 Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College  
 Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho  
 Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay  
 Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco  
 Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará  
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ  
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás  
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados  
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá  
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
 Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados  
 Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal  
 Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo  
 Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana  
 Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

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

A946 Avanços das pesquisas e inovações na engenharia química 1  
[recurso eletrônico] / Organizadora Jéssica Verger Nardeli. –  
Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF  
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.  
 Modo de acesso: World Wide Web.  
 Inclui bibliografia  
 ISBN 978-65-86002-53-9  
 DOI 10.22533/at.ed.539202003

1. Engenharia química – Pesquisa – Brasil. I. Nardeli, Jéssica Verger.

CDD 660.76

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

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

## APRESENTAÇÃO

A coleção “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 1” é uma obra que tem como foco principal a discussão e divulgação científica por meio de trabalhos com diferentes funcionalidades que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada trabalhos, pesquisas que transiram nos vários caminhos da engenharia química de forma mais aplicada tanto para pesquisa como indústria.

O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos correlacionados a estudo cinético, termodinâmico, físico-químico, caracterização de materiais por meio de várias técnicas (Microscopia eletrônica de varredura, análise de difração de raio-X dentre outras) e abordagens (tamanho de partícula, tratamento estatístico) desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à caracterização, aplicação, otimização de procedimentos e metodologias, dentre outras abordagens importantes na área de exatas e engenharia. O avanço das pesquisas e divulgação dos resultados tem sido um fator importante para o desenvolvimento da ciência e estímulo de inovação.

Temas diversos e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área de exatas e engenharia química aplicada e educacional. Possuir um material que demonstre evolução de diferentes metodologias, abordagens, otimização de processos, caracterização com técnicas substanciais é muito relevante, assim como abordar temas atuais e de interesse tanto no meio acadêmico como social.

Deste modo a obra “Avanços das Pesquisas e Inovações na Engenharia Química volume 1” apresenta estudos fundamentados nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. 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 explorarem e divulgarem seus resultados.

Jéssica Verger Nardeli

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
RESINA BENZOAZINA: OBTENÇÃO E POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL	
Cirlene Fourquet Bandeira	
Aline Cristina Pereira Trofino	
Sérgio Roberto Montoro	
Michelle Leali Costa	
Edson Cocchieri Botelho	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020031</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>13</b>
ANÁLISE MORFOLÓGICA E LIXIVIAÇÃO DA LAMA VERMELHA APÓS TRATAMENTO TÉRMICO	
Bruno Marques Viegas	
Keize Lorena Martins dos Passos	
Edilson Marques Magalhães	
Josiel Lobato Ferreira	
Diego Cardoso Estumano	
José Antônio da Silva Souza	
Emanuel Negrão Macêdo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020032</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>24</b>
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020033</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>36</b>
ESTUDO FÍSICO-QUÍMICO DE LICORES DE CUPUAÇU ( <i>THEOBROMA GRANDIFLORUM</i> SCHUM) COMERCIALIZADOS EM BELÉM DO PARÁ	
João Pedro dos Reis Lima	
Allyson Allennon Pinheiro do Rosário	
José Marcos Nobre de Moura Junior	
Ewerton Carvalho de Souza	
Ivan Carlos da Costa Barbosa	
Ewerton Reginaldo dos Santos Neves	
Ronaldo Magno Rocha	
Charles Alberto Brito Negrão	
Regina Celi Sarkis Müller	
Antonio dos Santos Silva	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020034</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>45</b>
INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DE SÓLIDOS TOTAIS NA ELEVAÇÃO DO PONTO DE EBULIÇÃO DE SOLUÇÕES DE LEITE/SACAROSE	
Marcio Augusto Ribeiro Sanches	
Rodrigo Rodrigues Evangelista	
Daniele Penteadó Rosa	
Tiago Carregari Polachini	
Javier Telis Romero	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5392020035</b>	

**CAPÍTULO 6 ..... 54**

CINÉTICA DE SECAGEM DE *Alpinia zerumbet* E INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS PROPRIEDADES DO SEU ÓLEO ESSENCIAL

Paulo Sérgio Santos Júnior  
Gustavo Oliveira Everton  
Amanda Mara Teles  
Bárbara De Souza Silva  
Harvey Alexander Villa-Veléz  
Adenilde Nascimento Mouchrek  
Victor Elias Mouchrek Filho

**DOI 10.22533/at.ed.5392020036**

**CAPÍTULO 7 ..... 66**

OSCILAÇÕES AMORTECIDAS EM SISTEMAS DE PARTÍCULAS COM MEMÓRIA ACOPLADA

Jair Rodrigues Neyra  
Rafael Santos da Costa  
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves  
Marcos Vinicius de Souza Araújo  
Paulo Gerson da Cruz Ferreira  
Vinícius Frantinne Brito Alves  
Waldemar Monteiro de Moura  
Eliton Lima Rocha  
Maria Liduína das Chagas  
Thiago Rafael da Silva Moura

**DOI 10.22533/at.ed.5392020037**

**CAPÍTULO 8 ..... 79**

NANOPARTÍCULAS DE FE E PY COMO CATALISADORES DA LIQUEFAÇÃO DO CARVÃO

Rafael Santos da Costa  
Jair Rodrigues Neyra  
José Rodrigues de Souza Chaves Gonçalves  
Marcos Vinícios de Souza Araújo  
Paulo Gerson da Cruz Ferreira  
Vinícius Frantinne Brito Alves  
Waldemar Monteiro de Moura  
Andrew Nunes de Barros Reis  
Maria das Graças Dias da Silva  
Marcos Lima Cardoso  
Thiago Rafael da Silva Moura

**DOI 10.22533/at.ed.5392020038**

**CAPÍTULO 9 ..... 90**

ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO ÓTIMO DE DECANTADOR HORIZONTAL CENTRÍFUGO PARA SEPARAÇÃO DE SISTEMAS CONTENDO FASE OLEOSA DISPERSA

Alex Vazzoler

**DOI 10.22533/at.ed.5392020039**

**CAPÍTULO 10 ..... 99**

LIPASE EXTRACELULAR DO FUNGO *METARHIZIUM ANISOPLIAE* PRODUZIDA A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAS

Fabriele de Sousa Ferraz  
Laiane Martins Duarte  
Isadora Souza Santos Dias  
Lina María Grajales

**DOI 10.22533/at.ed.53920200310**



**CAPÍTULO 11 ..... 107**

SÍNTESE E APLICAÇÃO DE ESFERAS POROSAS DE QUITOSANA NA ADSORÇÃO DE NÍQUEL EM SOLUÇÃO AQUOSA

Flávia Cristina Cardoso Dória  
Elaine Cristina Nogueira Lopes de Lima

**DOI 10.22533/at.ed.53920200311**

**CAPÍTULO 12 ..... 123**

ADSORÇÃO DO COBRE II A PARTIR DA ATIVAÇÃO TÉRMICA DA CASCA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA)

Larissa Tavares Esquerdo  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Yuri Leon dos Santos Silva  
Elinaldo Silva Caldas  
Alacid do Socorro Siqueira Neves  
Reginaldo Sabóia de Paiva  
Disterfano Lima Martins Barbosa

**DOI 10.22533/at.ed.53920200312**

**CAPÍTULO 13 ..... 131**

ISOTERMAS DE SORÇÃO E PROPRIEDADES TERMODINAMICAS DO ABIU (*POUTERIA CAIMITO*)

Emilio Émerson Xavier Guimarães Filho  
Ronaldo Maison Martins Costa  
Julles Mitoura dos Santos Junior  
Nathalia Cristina Ramos Lima  
Audirene Amorim Santana

**DOI 10.22533/at.ed.53920200313**

**CAPÍTULO 14 ..... 143**

CARACTERIZAÇÃO DO OITI *LICANIA TOMENTOSA* (BENTH.) E COMPARAÇÃO DOS PÓS OBTIDOS POR DIFERENTES MÉTODOS DE SECAGEM

Ianê Valente Pires  
Tatyane Myllena Souza da Cruz  
Gisélia de Sousa Nascimento  
Natasha Cunha  
Antonio Manoel da Cruz Rodrigues  
Heloisa Helena Berredo Reis de Medeiros

**DOI 10.22533/at.ed.53920200314**

**CAPÍTULO 15 ..... 153**

EFEITO DO TEOR E DO TIPO DE DOPANTE (MG OU MN) NAS PROPRIEDADES DOS CATALISADORES BASEADOS EM ÓXIDO DE FERRO DESTINADOS A WGRS

Larissa Soares Lima  
Mariana Santos Rodrigues  
Rodrigo Ribeiro de Souza  
Maurício de Almeida Pereira  
Maria Luiza Andrade da Silva

**DOI 10.22533/at.ed.53920200315**

**CAPÍTULO 16 ..... 164**

RESÍDUOS DE FERRO E ALUMÍNIO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Gabriel da Cruz Oliveira  
Lucas Rezende Almeida

Willian Rayol da Silva  
Bruno Henrique Alves Mendes  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Deibson Silva da Costa  
Reginaldo Sabóia de Paiva

**DOI 10.22533/at.ed.53920200316**

**CAPÍTULO 17 ..... 172**

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA (BLBM)

Rodrigo Rodrigues Evangelista  
Tiago Carregari Polachini  
Juan A. Cárcel  
Javier Telis-Romero  
Antonio Mulet

**DOI 10.22533/at.ed.53920200317**

**CAPÍTULO 18 ..... 184**

DISTRIBUIÇÃO DE TAMANHO DE PARTÍCULA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE CASCA DE MANDIOCA (BLCM)

Marcio Augusto Ribeiro Sanches  
Tiago Carregari Polachini  
Juan A. Cárcel  
Antonio Mulet  
Javier Telis-Romero

**DOI 10.22533/at.ed.53920200318**

**CAPÍTULO 19 ..... 196**

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE BIOMASSA LIGNOCELULÓSICA DE BAGAÇO DE MANDIOCA E DE CASCA DE MANDIOCA: INFLUÊNCIA DA DISTRIBUIÇÃO DO TAMANHO DE PARTÍCULA

Tiago Carregari Polachini  
Maria Júlia Neves Martins  
Antonio Mulet  
Javier Telis-Romero  
Juan A. Cárcel

**DOI 10.22533/at.ed.53920200319**

**CAPÍTULO 20 ..... 209**

ANÁLISE DA VARIAÇÃO DA GRANULOMETRIA DA LAMA VERMELHA NAS PROPRIEDADES DOS COMPÓSITOS

Eryck Eduardo Simplicio dos Santos  
Victor Hugo Mafra Monfredo Ferreira  
Brenda Thayssa Figueira Daniel  
Bruno Henrique Alves Mendes  
Deibson Silva da Costa

**DOI 10.22533/at.ed.53920200320**

**SOBRE A ORGANIZADORA..... 217**

**ÍNDICE REMISSIVO ..... 218**

## RESÍDUOS DE FERRO E ALUMÍNIO EM COMPÓSITOS POLIMÉRICOS

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 11/03/2020

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1521124351431087>

### **Reginaldo Sabóia de Paiva**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Ciência e Tecnologia

Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/9461672108039581>

### **Gabriel da Cruz Oliveira**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais  
Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/6781911479120819>

### **Lucas Rezende Almeida**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais  
Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/127253577799700>

### **Willian Rayol da Silva**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais Ananindeua – Pará

<http://lattes.cnpq.br/3159881848539480>

### **Bruno Henrique Alves Mendes**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Química  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/5787125242125490>

### **Brenda Thayssa Figueira Daniel**

Universidade Federal do Pará, Programa de Pós-  
graduação em Engenharia Mecânica  
Belém – Pará

<http://lattes.cnpq.br/1993134397856983>

### **Deibson Silva da Costa**

Universidade Federal do Pará, Faculdade de  
Engenharia de Materiais

**RESUMO:** A crescente preocupação ambiental tem impulsionado o desenvolvimento de materiais alternativos visando o reaproveitamento de resíduos gerados em processos industriais. Neste trabalho, foram confeccionados compósitos de resina polimérica utilizando resíduos industriais de alumínio (Al) e de ferro (Fe). As proporções do resíduo variaram entre 0 %, 10 %, 20 % e 30 % em massa com granulometria de 100 mesh. Os constituintes foram homogeneizados com resina isoftálica juntamente com catalisador (1 % v/v) e acelerador de cobalto (1,5 % v/v). A fabricação seguiu o processo de laminação manual “*hand lay up*”. Realizaram-se ensaios físicos (NBR 12766), mecânicos de tração (ASTM 3039) e flamabilidade (ASTM 635) conforme as normas. Os ensaios físicos apresentaram valores variantes de acordo com as proporções das fases dispersas e uma propagação semelhante entre os resíduos. O valor da resistência à tração apontou bons resultados conforme a dispersão do particulado

dentro da matriz, ou seja, a menor fração para os compósitos de Al e Fe, de modo aos seus comparativos proporcionarem resultados com valores próximos. Os materiais tiveram tendência de retardante à chama, agregando uma taxa de queima (mm/min) baixa quando comparadas as normas e com outras literaturas, tendo valores de redução próximos de 100 %.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compósitos, Alumínio, Ferro, Resíduo.

## IRON AND ALUMINUM RESIDUES IN POLYMERIC COMPOSITES

**ABSTRACT:** The growing environmental concern has driven the development of alternative materials aimed at reusing waste generated in industrial processes. In this work, polymerresin composites were made using industrial waste of aluminum (Al) and iron (Fe). The proportions of the residue ranged from 0 %, 10 %, 20 % and 30 % in bulk with granulometry of 100 mesh. The constituents were homogenized with isophthalic resin together with catalyst (1 % v/v) and cobalt accelerator (1.5 % v/v). Manufacturing followed the manual lamination process “*hand lay up*”. Physical tests (NBR 12766), traction mechanics (ASTM 3039) and flamability (ASTM 635) were performed according to the standards. Physical tests showed varying values according to the proportions of the scattered phases and a similar spread between the residues. The value of tensile strength showed good results according to the dispersion of the particulate within the matrix, that is, the lowest fraction for al and fe composites, so their comparisons provide results with close values. The materials had a delayed tendency to the flame, adding a low burning rate (mm/min) when comparing the norms and with other literatures, with reduction values close to 100 %.

**KEYWORDS:** Composites, Aluminum, Iron, Residue.

## 1 | INTRODUÇÃO

Atualmente, a exigência de novos materiais acompanha a demanda da criação de tecnologias capazes de substituir os materiais convencionais, de modo a agregar recursos naturais ou visando o reaproveitamento a fim de obter menor custo. Nesse sentido, os compósitos ganham destaque por apresentar flexibilidade de aplicação e a capacidade de melhorias de acordo com a ferramenta desejada.

Os compósitos formulam o princípio da ação combinada, que descreve que o material multifásico possui propriedades que sejam uma combinação benéfica (sinergia) das propriedades das duas ou mais fases que o constituem (CALLISTER, 2012).

Proveniente do beneficiamento da bauxita, o óxido de alumínio classifica propriedades fundamentais que quando combinadas com uma matriz polimérica agrega valores importantes, de modo a atribuir melhores condições para o comportamento do material, bem como boas propriedades térmicas e mecânicas (OLIVEIRA, 2019).

Do mesmo modo o resíduo de minério de ferro gerado em uma das etapas do ferro-gusa quando aderidos em uma matriz polimérica agrega valor ao material, obtendo uma melhor combinação de propriedades visando sua aplicação em novos materiais.

O presente trabalho avalia o comportamento do compósito com resíduo de alumínio (Al) e o compósito com resíduo de ferro (Fe) conforme as caracterizações físicas, mecânica e flamabilidade, de modo a obter comparações dos resultados.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de fabricação dos compósitos de poliéster insaturado foi o método manual *Hand Lay-up*, confeccionando placas para composições em termos percentuais de 0 %, 10 % (Al-10/Fe-10), 20 % (Al-20/Fe-20) e 30 % (Al-30/Fe-30) de cada resíduo.

As cargas de Alumínio e Ferro foram pesadas e classificadas na peneira de 100 mesh da série Tyler. Em seguida, aquecidos na estufa com temperatura de aproximadamente 105° C para remoção de umidade por um tempo de 24 h.

Para os compósitos, os resíduos foram adicionados e fabricados separadamente, de modo a utilizar o recurso de homogeneização na resina poliéster isoftálica através de uma mistura manual para melhor distribuição das partículas. Na reação, utilizou-se o agente de cura, o iniciador MEK-P (Butanox) na proporção 1 % (v/v), e o acelerador de cobalto na proporção 1,5 % (v/v).

A agitação manual foi conduzida por um período próximo ao ponto de gel, 7 min, minimizando, assim, o tempo de inércia do material e a tendência à sedimentação da carga. A solução foi despejada em um molde metálico de aço inox com formato retangular, nas dimensões 320x170 mm. Adiante, submetidos a uma compressão de 25 kN por 20 min por um prensador manual.

As placas de compósitos de cada resíduo foram separadas e colocadas sobre cargas de modo a manter o formato linear até atingir o tempo de reação final. Por fim, realizou-se o corte das placas para o preparo dos corpos de prova de acordo com as dimensões recomendadas para os ensaios físicos (Norma NBR 12766/1992), ensaios mecânicos (ASTM 3039) e ensaios de resistência a chamas (ASTM D 635).

A Figura 1 mostra o processo resumido de fabricação do compósito de matriz polimérica, visto que a metodologia tem por fim avaliar as etapas de fabricação.

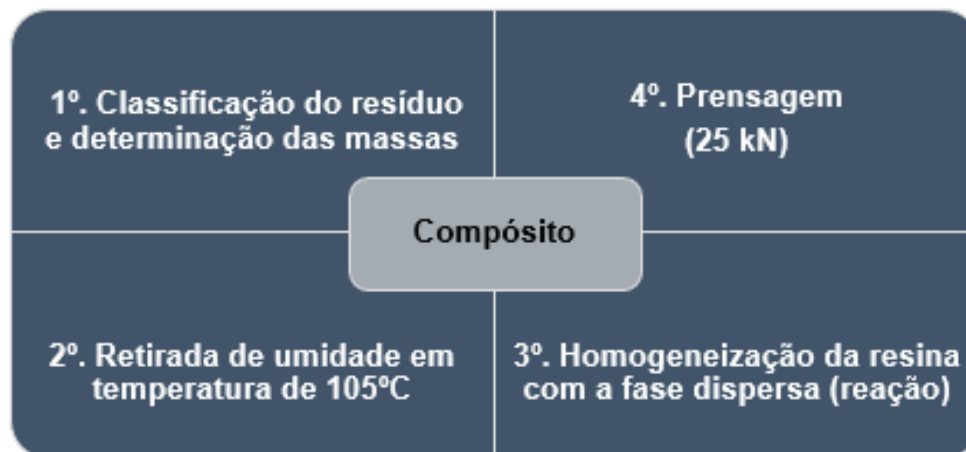


Figura 1: Fluxograma de fabricação dos compósitos.

Fonte: Autores (2019).

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.1 Caracterização Física

A Tabela 1 apresenta os resultados de absorção de água (AA), porosidade aparente (PA) e Massa específica aparente (MEA) para os compósitos de resíduo de alumínio (Al) e ferro (Fe).

Resíduo (%)	AA (%)	PA (%)	MEA (g/cm <sup>3</sup> )
Resina	0,28±0,05	0,34±0,06	1,22±0,0006
Al-10	0,47±0,04	0,69±0,06	1,47±0,0044
Al-30	0,36±0,04	0,74±0,09	2,06±0,0026
Fe-10	0,38±0,08	0,60±0,14	1,56±0,0053
Fe-30	0,29±0,04	0,64±0,09	2,21±0,0084

Tabela 1: Propriedades físicas dos compósitos de Al e Fe.

Fonte: Autores (2019).

O comportamento físico dos compósitos descreve que a adição de particulado aumenta a absorção de água devido à presença de falhas, porém, a Tabela 1 mostra que o valor reduziu gradativamente de acordo com a quantidade da fase dispersa. O fenômeno está atribuído aos dois resíduos, de modo a considerar que ambos apresentam conduta semelhante. Esse aspecto pode ser explicado devido às estruturas das moléculas do Al e Fe, uma vez que fisicamente esses materiais se comportam de maneira hidrofóbica (ABAL, 2004).

Avaliando os valores para porosidade aparente, nota-se que nas intercalações das proporções (Al-10)-(Al-30) e (Fe-10)-(Fe-30) houve um aumento da porosidade aparente, explicado pela incompatibilidade de fases e presença de vazios internos, além de trincas e bolhas formadas no decorrer da reação, relacionando principalmente

a dificuldade de percolação dos fluídos e molhabilidade (CALLISTER, 2012).

Observa-se que a massa específica aparente aumenta de acordo com a quantidade de particulado, atribuindo assim à regra da mistura, onde cada fase constituinte do material contribui para as propriedades efetivas do mesmo (CALLISTER, 2012).

### 3.2 Caracterização Mecânica

Os corpos de prova dos compósitos de matriz polimérica com reforço de Al e Fe foram submetidos a esforços mecânicos para avaliar o comportamento da resistência à tração do material. Os resultados do ensaio são apresentados na Tabela 2.

Resíduo/Proporção	Tensão de Resistência (MPa)
Resina	21,34±7,06
Al-10	25,47±4,76
Al-20	21,48±3,41
Fe-10	29,06±1,68
Fe-20	23,08±0,41

Tabela 2: Resultados do ensaio de resistência à tração.

Fonte: Autores (2019).

Conforme os dados mostrados na Tabela 2, observou-se que com o aumento das proporções de resíduo dentro da matriz a resistência à tração diminui, logo, a fração de Al-10 e Fe-10 proporcionaram melhor resultado, o que pode ser indicativo de uma boa dispersão da fase particulada.

O comparativo dos compósitos tiveram valores satisfatórios, indicando que o comportamento das massas tende se propagar na resina poliéster de modo similar por justamente se tratar de dois materiais metálicos.

Segundo Mendes (2019), a adição de resíduo na matriz polimérica reflete em uma perda de resistência à tração. O autor utiliza o caulim como fase dispersa, admitindo que o melhor resultado também fosse para a fração de 10%, embora não se tenha observado esse efeito de modo expressivo no trabalho realizado.

A Tabela 3 faz um comparativo dos resultados da tensão de resistência (MPa) dos compósitos de Al e Fe com o melhor resultado do autor Mendes (2019).

Resíduo/Proporção	Tensão de Resistência (MPa)	Fonte
Al-10	25,47±4,76	Este trabalho
Fe-10	29,06±1,68	Este trabalho
CCF-10	19,76±1,62	Mendes (2019)

Tabela 3: Comparativo dos melhores resultados com outras literaturas.

Fonte: Autores (2019).

### 3.3 Flamabilidade

A Tabela 4 mostra os resultados do ensaio de flamabilidade horizontal para cada fração em relação ao poliéster insaturado (Resina), determinando sua resistência térmica por minuto de acordo com a norma.

Resíduo/Proporção	Taxa (mm/min)
Resina	22,60±1,52
Al-10	18,74±1,40
Al-20	17,35±0,27
Al-30	11,17±0,49
Fe-10	21,42±0,96
Fe-20	3,91±1,13
Fe-30	0,61±0,14

Tabela 4: Taxas de flamabilidade para as frações estudadas.

Fonte: Autores (2019).

Desse modo, notou-se que os valores para os compósitos de alumínio indicaram uma significativa redução na taxa de queima conforme a adição da carga em todas as frações. Fisicamente esse aspecto pode ser explicado pela diminuição da resina plena, uma vez que o poliéster seja um material com características tipicamente inflamáveis.

O compósito com ferro obteve o mesmo comportamento de acordo com a quantidade de resíduo na matriz, além de que nas proporções Fe-20 e Fe-30 as chamas se apagaram, conferindo-o uma natureza de resistência à chama.

Estatisticamente as frações são significativamente diferentes, indicando que as cargas de Al e Fe mostraram valores promissores por apresentarem comportamento de retardância a chamas de acordo com o aumento gradual da fase dispersa. Dessa forma, as amostras Al-30 e Fe-30 que tiveram melhor resultado, foram comparadas com outras literaturas e as resoluções CONTRAN nº 675 e ASTM D 635 como mostrado na Tabela 5.

Resíduo/Proporção	Taxa (mm/min)	Fonte
CONTRAN 675	250,00	-
ASTM D 635	40,00	-
Al-30	11,17	Este trabalho
Fe-30	0,61	Este trabalho
CV 30 %	18,42	Ferreira et al., (2018)

Tabela 5: Comparativo entre as taxas de queima com as normas e literaturas.

Fonte: Autores (2019).

Segundo Ferreira et al., (2018), o corpo de prova de caulim (CV 30 %) se adequou aos parâmetros exigidos, justificando que o aumento da carga de caulim reduz à



propagação da resina, assim, a resistência de queima é maior.

Observou-se na Tabela 5 que as proporções Al-30 e Fe-30 apresentaram resultados satisfatórios quando comparados com as normas, tendo uma redução de 99,75 % na taxa de Fe-30 (melhor resultado) em comparação a norma CONTRAN nº 675 e uma redução de 98,47 % para resolução ASTM D 635.

#### 4 | CONCLUSÃO

Os ensaios mecânicos de tração conforme aumentou-se a proporção de resíduo, houve uma diminuição da resistência mecânica, obtendo a melhor tensão de resistência na composição de 10 % para ambos os resíduos. Houve um aumento da resistência à tração em relação a matriz plena de 19,35 % para o resíduo de alumínio e 36,17 % para o resíduo de ferro.

O ensaio de flamabilidade horizontal assegurou uma classificação HB para os materiais confeccionados, de acordo com a norma ASTM D 635. Os compósitos de composição de ambos os resíduos obtiveram resultados excelentes segundo a resolução CONTRAN 675, com diminuição de 95,53 % para proporção de Al-30 e 99,75 % para proporção de Fe-30.

É importante ressaltar que o resíduo de ferro nas proporções de 20 % e 30 % as chamadas se extinguíram, conferindo-o uma natureza de resistência a queima.

O reaproveitamento de resíduos industriais contribui de maneira significativa na redução de impactos ambientais, sendo uma alternativa viável a sua incorporação em material compósito tornando assim um resíduo com alto valor agregado.

#### REFERÊNCIAS

ABAL **Fundamentos do Alumínio e suas Aplicações**. São Paulo, Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT)- NBR 12766, **Determinação da massa específica aparente, porosidade aparente, absorção de água aparente**. 1992. 2p.

ASTM D 635 “**Rate of Burning and/or Extent and Time of Burning of Plastics in a Horizontal Position**” Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials, 2010.

CALLISTER W. **Ciência e Engenharia de Materiais - uma introdução**. 8 Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012..

Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Resolução nº. 675- “**Requisitos aplicáveis aos materiais de revestimento interno do habitáculo de veículos e dá outras providências**.” Diário Oficial da União, Seção 1, página 13534, 09 de setembro de 1986.

FERREIRA, V.H. et al., (2018), “**Cinzas Volantes em Compósitos Poliméricos: Análise Mecânica e Flamabilidade**”, Anais do 23º CBECIMAT 2018- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu- PR.

MENDES, B. H. A. (2019), **Estudo da Influência da Incorporação de Resíduo de Beneficiamento de Caulim nas Propriedades de Compósitos de Matriz Polimérica Reforçada com Fibra de Bambu**, Belém - PA, 80p. (dissertação de mestrado).

OLIVEIRA, G.C. et al., (2019), “**Resíduo de Alumínio como Aditivo Retardante de Chama em Poliéster**”, Anais do I COAMA 2019- Congresso Amazônico de Mineração, Metalurgia e Materiais, Marabá-PA.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Acidez 36, 39, 40, 41, 128  
Adsorção de níquel 107, 117  
Análises de difração de raios X 17, 22  
Ativação térmica da casca 123

### B

Biomassa 10, 33, 34, 100, 129, 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 201, 205, 206

### C

Calor isostérico de sorção 131, 132, 139, 140, 141  
Calor latente de vaporização 132, 136  
Caracterização físico-química 38, 43, 141  
Casca de Buriti 123, 124, 129  
Catalisadores baseados em óxido de ferro 153, 156, 159, 160, 161  
Cinética de secagem 54, 56, 60, 61, 64, 65, 150  
Composição química 14, 16, 29, 33, 47, 49, 50, 196, 200, 205, 206  
Compósitos 2, 3, 8, 10, 11, 23, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 205, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216  
Compósitos poliméricos 164, 170, 210

### D

Decantador horizontal 90, 91, 95  
Densidade 6, 10, 36, 37, 39, 40, 59, 62, 82, 90, 95, 97, 145, 172, 175, 196, 198  
Determinação dos carboidratos 202

### E

Energia livre de Gibbs 27, 31, 33, 132, 135  
Entropia diferencial 133, 139, 140  
Equação de Gibbs- Helmholtz 135  
Esferas porosas 107, 110, 111, 119  
Espectrofotômetro 112, 127, 156, 202  
Estudo físico-químico 36

### F

Forças de atração intermolecular 136

### G

Granulometria 164, 179, 190, 200, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215

## I

Indústria aeroespacial 1, 2, 3, 5, 6, 9

Isotermas de sorção 131, 133, 134, 137, 138, 139

## L

Lama vermelha 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23, 209, 210, 212, 213, 214, 215, 216

Licores 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 44

Licores de cupuaçu 36, 37, 38, 43

Lignocelulósica 172, 173, 174, 175, 176, 178, 180, 181, 182, 184, 185, 187, 189, 190, 192, 194, 196, 198, 199, 200, 206

Liofilizador 143, 144, 146

Lipase extracelular 99

## M

Microscopia eletrônica de varredura 13, 15, 17, 22

## N

Nanopartículas de ferro 81

## O

Óleo essencial 54, 55, 56, 59, 62

## P

Partículas com memória acoplada 66

pH 25, 26, 28, 30, 33, 36, 37, 38, 40, 41, 102, 109, 112, 113, 119, 120, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 156, 162, 202, 203

Polpa de Oiti 148

Propriedades dos catalisadores 153, 156

Propriedades dos compósitos 209, 215

Propriedades termodinâmicas 131, 133, 135, 136, 139

## Q

Quimiometria 37

Quitosana na adsorção de níquel 107

## R

Refractance Window 143, 144, 145, 149, 151

Resíduos de ferro 164

Resina benzoxazina 1, 4, 5, 6, 9, 10, 11

Resinas fenólicas 1, 2, 3, 5, 9

## T

Tamanho de partículas 175, 198, 200

Teor de lignina insolúvel 201

Tipo de dopante 153, 160

Tratamento térmico 13, 16, 17, 21, 22

Tratamento térmico-hidrometalúrgico 13, 16, 22

## U

Utilização de mesocarpo de coco verde 24

## V

Viscosidade 36, 37, 39, 40, 41, 95, 97, 205

 **Atena**  
Editora

**2 0 2 0**