

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 Posaque 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
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

CAPÍTULO 1	1
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020031	
CAPÍTULO 2	13
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020032	
CAPÍTULO 3	24
ESTUDOS CINÉTICO E TERMODINÂMICO DA UTILIZAÇÃO DE MESOCARPO DE COCO VERDE NA REMOÇÃO DE ÍONS FLUORETO EM SOLUÇÃO	
César Augusto Canciam	
Nehemias Curvelo Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.5392020033	
CAPÍTULO 4	36
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020034	
CAPÍTULO 5	45
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	
DOI 10.22533/at.ed.5392020035	

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

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

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 11/03/2020

Marcio Augusto Ribeiro Sanches

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6940419114030772>

Tiago Carregari Polachini

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-5012-6416>

Juan A. Cárcel

Grupo de Análisis y Simulación de Procesos Agroalimentarios (ASPA), Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência – Espanha
<https://orcid.org/0000-0002-3796-6146>

Antonio Mulet

Grupo de Análisis y Simulación de Procesos Agroalimentarios (ASPA), Universitat Politècnica de València, Departamento de Tecnología de Alimentos
Valência – Espanha
<https://orcid.org/0000-0001-6748-2663>

Javier Telis-Romero

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas (Ibilce), Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos (DETA)
São José do Rio Preto – São Paulo – Brasil
<https://orcid.org/0000-0003-2555-2410>

RESUMO: A agricultura é um dos setores que gera a maior quantidade de resíduos agroindustriais. Especificamente, as cascas de mandioca é um resíduo fibroso obtido do processamento da mandioca. É um material que apresenta altos teores de celulose e hemicelulose, além de amido residual. Porém, a complexa estrutura formada pelos três principais componentes da biomassa (celulose, hemicelulose e lignina) dificulta o seu acesso e conversão em açúcares fermentescíveis. Por isso, pré-tratamentos como a redução do tamanho de partícula são necessários. O tamanho das partículas é um fator muito importante que pode afetar, não só a eficiência dos processos, bem como o projeto das operações unitárias que envolvem seu transporte. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi identificar e caracterizar as funções de distribuição de tamanho de partícula de farelo da casca de mandioca. Um conjunto de peneiras do tipo Tyler foi utilizado para se

determinar a distribuição do tamanho das partículas de cascas de mandioca. Os modelos teóricos de Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS), Rosin-Rammler-Bennet (RRB) e Gaudin-Meloy Modificado (MGM) foram ajustados aos dados de retenção. O modelo de Rosin-Rammler-Bennet (RRB) foi o modelo capaz de prever com maior precisão as distribuições de tamanhos das partículas.

PALAVRAS-CHAVE: Distribuição de tamanho de partícula; Biomassa lignocelulósica; Resíduos de mandioca.

PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF LIGNICELLULOSIC BIOMASS OF CASSAVA PEEL (BLCM)

ABSTRACT: Agricultural sector is the main responsible for generating agroindustrial wastes. Specifically, cassava peels is a fibrous residue obtained from the cassava processing. It is composed by high contents of cellulose and hemicellulose, besides residual starch. However, the complex structure of biomass (cellulose, hemicellulose and lignin) makes its access and conversion into fermentable sugars more difficult. Because of that, pretreatments such as particle size reduction are a must. Particle size is an important factor that may affect not only the process efficiency but also the design of unit operations related to transport. Thus, the objective of this study was to identify and characterize the functions for particle size distribution of powdered cassava peels. The theoretical models of Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS), Rosin-Rammler-Bennet (RRB) and Gaudin-Meloy Modificado (MGM) were fitted to the retention data. Rosin-Rammler-Bennet model was able to predict the particle size distribution with higher accuracy

KEYWORDS: Particle size distribution; Lignocellulosic biomass; Cassava waste.

1 | INTRODUÇÃO

No cenário atual, agricultura é um dos setores que gera a maior quantidade de resíduos agroindustriais. Cerca de 1,3 bilhões de toneladas de alimentos são desperdiçados a cada ano durante as etapas de produção, manuseio, armazenamento, processamento, distribuição e consumo (DAHIYA et al., 2018). A forma comumente empregada no descarte para gerenciar esses resíduos são aterros, compostagem ou incineração. No entanto, os altos custos de gestão e o impacto ambiental negativo devido à emissão de gases de efeito estufa são as principais preocupações associadas a esses métodos tradicionais (GRESES; TOMÁS-PEJÓ; GÓNZALEZ-FERNÁNDEZ, 2019).

Em especial, os resíduos de frutas e vegetais como cascas de laranja, uva, café, amendoim e bagaço de mandioca, tem despertado interesse pela comunidade científica por serem uma das fontes ricas em nutrientes, sendo materiais adequados para a utilização em bioprocessos, gerando compostos químicos e produtos com alto valor

agregado e ainda contribuindo para a redução dos impactos ambientais (MALAKAR; DAS; MOHANTY, 2020; SARKAR et al., 2019)three-factor optimization study using Response Surface Methodology (RSM. Especialmente, o bagaço de mandioca é um resíduo obtido do processo de extração de amido da mandioca. É um material fibroso que ainda apresenta aproximadamente 50% de amido residual na matéria seca. Além disso, o baixo teor relativo de proteínas e cinzas reforça as vantagens da aplicação de processos de bioconversão (POLACHINI et al., 2016) transformando-os em compostos químicos e produtos com alto valor agregado como enzimas, ácidos orgânicos, aminoácidos, e etanol.

A produção de bioetanol a base de materiais lignocelulósicos tem sido bastante estudada. Substratos agroindustriais, como resíduos amiláceos, apresentam alta disponibilidade, biodegradabilidade e são ricos em nutrientes. Uma variedade de matérias-primas agroindustriais pode ser usada como substrato para a bioconversão em etanol. Resíduos de tubérculos, como batata, batata doce e mandioca, são substratos favoráveis, pois contêm quantidades remanescentes de amido, que podem ser hidrolisadas em açúcares e subsequentemente fermentadas em etanol (CHOHAN et al., 2020. Porém, a complexa estrutura formada pelos três principais componentes da biomassa, a celulose, a hemicelulose e a lignina dificultam sua conversão em açúcares fermentescíveis (DIAS et al., 2013).

Devido a essa complexidade, se faz necessário um pré-tratamento para diminuir a recalcitrância do material e, conseqüentemente, melhorar a eficiência da sacarificação dos polissacarídeos (MENON; RAO, 2012). O objetivo de todos os métodos de pré-tratamento é aumentar a taxa de hidrólise enzimática e obter rendimentos mais altos de açúcares fermentáveis a partir de celulose ou hemicelulose. Para alcançar esses resultados, alterações físicas e químicas são realizadas por técnicas de pré-tratamento (MALAKAR; DAS; MOHANTY, 2020)que incluem métodos químicos (MAITI et al., 2018), tratamento assistido por micro-ondas (MAITI et al., 2018), tratamento assistido por ultrassom (BUNDHOO; MOHEE, 2018; POLACHINI et al., 2019)the kinetics of reducing and total sugar release (extraction/hydrolysis entre outros.

Uma variedade de pré - tratamentos mecânicos está sendo estudado com o objetivo de reduzir o tamanho de partícula da biomassa e aumentar a eficiência do processo. Conforme mencionado na literatura, o tamanho das partículas é um fator muito importante que pode afetar a eficiência dos processos e que tem grande relevância para o estudo das operações unitárias que envolvem partículas e fluidos (TEDESCO; MAC LOCHLAINN; OLABI, 2014) mostrando a importância de seu conhecimento. Com isso, o objetivo deste trabalho foi identificar as funções de distribuição de tamanho de partícula e caracterizar a distribuição de tamanho de partícula de farelo da casca de mandioca.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Biomassa lignocelulósica

As raízes de mandioca foram adquiridas no CEASA – São Jose do Rio Preto - SP, e recepcionadas no laboratório de Engenharia de Processos pertencente à Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de São Jose do Rio Preto - SP. As raízes foram devidamente lavadas em água corrente até a remoção dos resíduos do solo, em seguida, foram higienizadas com hipoclorito de sódio (250 ppm) por 10 min e secas à temperatura ambiente. Raízes injuriadas e/ou insalubres foram descartadas. As cascas foram retiradas manualmente, cortadas e pesadas. Na Figura 1 é apresentado o fluxograma do processo de obtenção de BLCM.

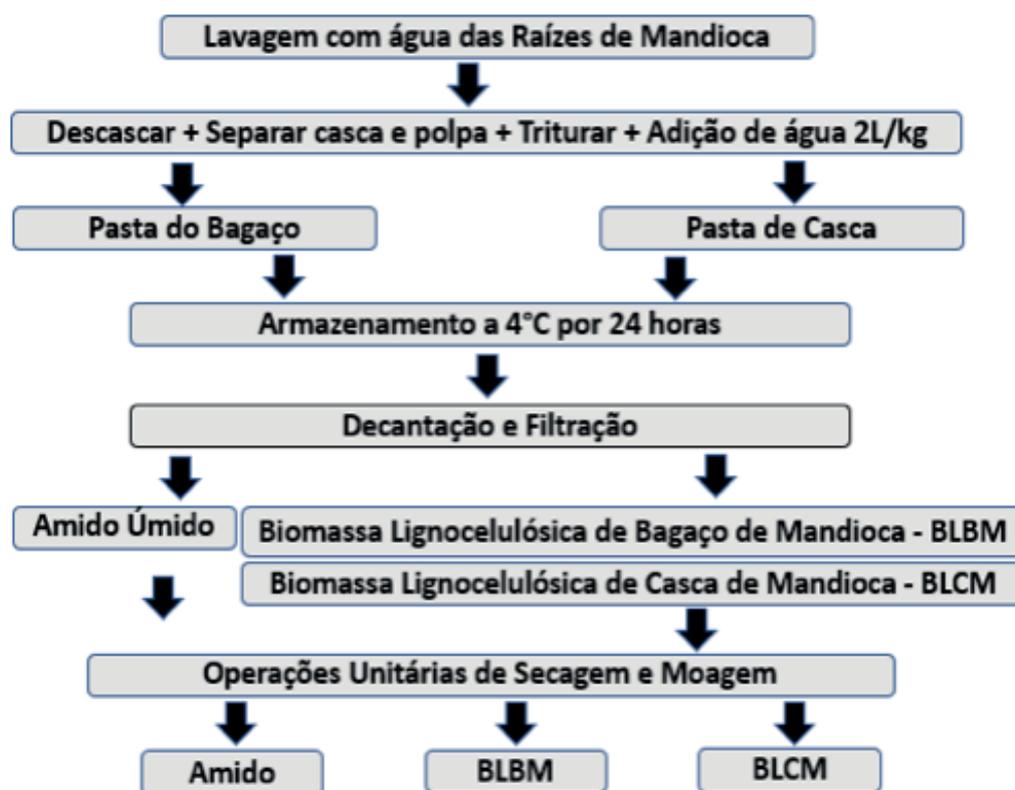


Figura 1. Processo de obtenção de BLCM.

As cascas foram retiradas manualmente, em seguida foram cortadas e pesadas. Para realizar o processo de trituração, foi utilizado o Liquidificador profissional alta performance marca Philips Walita R12137/81. As cascas foram misturadas com água destilada em uma proporção de 2L.kg⁻¹ de cascas das raízes, resultando em uma pasta. Essa pasta foi armazenada a 4°C por 24 horas (LEITE; ZANON; MENEGALLI, 2017). Durante este período, o amido e as fibras decantaram em duas fases, sendo separadas por filtragem. O amido foi lavado com água destilada várias vezes e submetido ao processo de secagem a 40°C até peso constante, moagem e por fim resultando o amido de mandioca. A biomassa lignocelulósica de casca de mandioca (BLCM) foram desidratadas na temperatura de 40°C, em seguida triturada em moinho

de facas modelo MA380 (Marconi, Piracicaba, Brasil) em três diferentes granulometrias: $\leq 0,417$; $\leq 0,833$ e $\leq 2,0$ mm com a finalidade de fazer misturas e obter amostras com granulometrias diferentes da BLCM, obtendo fragmentos com tamanho de partícula entre 1651 a 246,38 μm . Terminada a moagem, as amostras foram embaladas e armazenadas à temperatura ambiente (28 ± 2 °C).

2.2 Distribuição de Tamanho do BLCM

Foram utilizadas 12 peneiras, divididas em 2 baterias de 6 cada uma como mostra a Tabela 1. Optou-se por uma série de peneiras devido à grande dispersão de tamanho das partículas e com o objetivo de se obter um resultado satisfatório de distribuição de tamanho e de diâmetro médio.

1a Bateria		2a Bateria	
Tyler (mesh)	Abertura (μm)	Tyler (mesh)	Abertura (μm)
10	1651,00	28	589,28
12	1397,00	32	495,30
14	1168,40	35	416,56
16	990,60	42	350,52
20	833,12	48	294,64
24	701,04	60	246,38
Fundo	0	Fundo	0

Tabela 1. Série de peneiras empregadas na análise da distribuição de tamanho de BLCM.

As peneiras foram inicialmente pesadas e posteriormente empilhadas na seguinte ordem, começando na parte inferior: a bandeja inferior ou fundo, 60, 48, 42, 35, 32, 28, 24, 20, 16, 14, 12 e 10 mesh. Aproximadamente 100,0 g de casca de mandioca foram colocados na parte superior da série de peneiras e estas foram presas em um agitador eletromagnético sendo agitadas durante 15 min. Após este período, as peneiras foram pesadas para determinar a massa retida em cada uma delas. Todos os testes de peneiras foram realizados em triplicata.

2.3 Funções de distribuição de tamanhos de partículas

Três funções de distribuição de tamanho foram escolhidas, baseadas na sua aplicação com sistemas particulados encontrados em processos da indústria de alimentos, na sua simplicidade matemática e na capacidade de reproduzir resultados em outras condições de processo. Os modelos utilizados foram o de Gates-Gaudin-Schuhmann (GGS), Rosin-Rammler (RRB) e Gaudin-Meloy modificado (MGM).

De acordo com Tadini et al. (2016), os modelos de distribuição do tamanho de partícula GGS (Equação (1)) e RRB (Equação (2)) são representados pelas equações a seguir:

$$Y = \left(\frac{x}{k}\right)^m \quad (1)$$

Em que Y é a fração mássica do material acumulado mais fino do que a abertura da peneira x [kg.kg⁻¹ total]; x é a abertura da peneira de ordem n (m); k é o parâmetro que representa o tamanho médio das partículas [m]; e m é o parâmetro que representa a dispersão (adimensional), também chamado de derivada de Schuhmann.

$$Y = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{x_R}\right)^n\right] \quad (2)$$

Em que Y é a fração mássica do material acumulado mais fino do que a abertura da peneira x [kg.kg⁻¹ total]; x é a abertura da peneira de ordem n (m); x_R é o parâmetro que representa o tamanho médio das partículas [m]; e n é o parâmetro que representa a dispersão (adimensional).

De acordo com Yan & Barbosa-Cánovas, (1997), o modelo de distribuição do tamanho de partícula MGM é representado pela a Equação (3):

$$Y = \left[1 - \left(1 - \frac{x}{x_0}\right)^r\right]^m \quad (3)$$

Em que Y é a fração mássica do material acumulado mais fino do que a abertura da peneira x [kg.kg⁻¹ total]; x é a abertura da peneira de ordem n (m); x₀ é o parâmetro relacionado ao tamanho máximo das partículas [m]; m é o parâmetro que representa a dispersão (adimensional), também chamado de derivada de Schuhmann, e r é a relação de x₀ ao modulo de tamanho. A vantagem deste modelo é o fornecimento de informações uteis com relação ao máximo tamanho das partículas numa amostra (YAN; BARBOSA-CÁNOVAS, 1997).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados experimentais e os parâmetros calculados para a amostra “A” de Biomassa Lignocelulósica de Casca de Mandioca (BLCM-A) são mostrados respectivamente na Tabela 2.

Mesh Tyler	Abertura peneira (μm)	BLCM-A (g)	Fração retida (%)	(1-Y) *	(Y) **
10	1651,00	9,036 \pm 3,24	9,03	0,090	0,909
12	1397,00	10,26 \pm 0,38	10,26	0,193	0,807
14	1168,40	14,12 \pm 0,57	14,12	0,334	0,665
16	990,60	13,37 \pm 0,64	13,37	0,468	0,531
20	833,12	10,37 \pm 0,24	10,37	0,571	0,428
24	701,04	8,87 \pm 1,22	8,87	0,660	0,339
28	589,28	10,09 \pm 1,36	10,09	0,761	0,238
32	495,30	6,55 \pm 0,73	6,55	0,827	0,173
35	416,56	5,04 \pm 0,80	5,04	0,877	0,122
42	350,52	3,86 \pm 0,16	3,86	0,916	0,084
48	294,64	3,64 \pm 0,22	3,64	0,952	0,047
60	246,38	2,33 \pm 0,09	2,33	0,975	0,024
Fundo	0	2,08 \pm 1,17	2,08	0,996	0,003

Tabela 2. Análise granulométrica e parâmetros calculados de BLCM-A.

* (1-Y) é a fração mássica do material acumulada das peneiras com abertura maior que x [kg.kg⁻¹ total]; ** Y é a fração mássica do material acumulado mais fino do que a abertura da peneira x [kg.kg⁻¹ total];

Observa-se na Tabela 2 que a amostra BLCM-A possuiu a maior quantidade de partículas retida em peneiras com 12, 14, 16 e 20 mesh, sendo peneiras com maiores aberturas, enquanto que as menores porcentagens foram retidas em peneiras com 42, 48 e 60 mesh, variando de \approx 2 a 3% sendo peneiras com menores aberturas. A quantidade retida na peneira do fundo, (que possui a menor granulometria), apresentou uma fração retida de \approx 2% sendo a menor quantidade de partículas.

A Tabela 3 mostra o ajuste dos dados experimentais da amostra BLCM-A aos modelos teóricos de Rosin Rammler-Bennet (RRB), Gattes-Gaudin Schuhmann (GGS) e Gaudin-Meloy Modificado (MGM) e os parâmetros obtidos para cada modelo.

Os modelos que melhor se ajustaram aos dados experimentais foram RRB e MGM, visto que apresentaram coeficiente de determinação mais próximos a 1. O modelo MGM predisse um tamanho máximo da partícula de 2579,69 μm através do parâmetro X_0 . Já o modelo RRB (parâmetro XR) predisse o tamanho médio das partículas de 1105,9 μm .

Os dados experimentais e os parâmetros calculados para a amostra "B" de Biomassa Lignocelulósica de Casca de Mandioca (BLCM-B) são apresentados respectivamente na Tabela 4. Os resultados mostraram que BLCM-B apresentou a maior quantidade de partículas (\approx 27%) retida em peneiras com a segunda maior abertura, cerca de 1397,00 μm (12 Mesh). A porção mais fina do peneiramento (60 mesh) obteve uma baixa quantidade retida, cerca de 0,55 %. A peneira do fundo apresentou uma fração retida de 0,23%.

Modelo	Parâmetros	BLCM-A
--------	------------	--------

Gates-Gaudin- Schuhmann (GGS)	K	1682,04 μm
	m	1,329
	R ²	0,981
Rosin-Rammler-Bennet (RRB)	X	1105,9 μm
	n	2,095
	R ²	0,998
Gaudin-Meloy Modificado (MGM)	X ₀	2579,69 μm
	m	2,490
	r	3,171
	R ₂	0,999

Tabela 3. Parâmetros calculados para os modelos GGS, RRB, MGM.

K e X_R são parâmetros que representam o tamanho médio das partículas [m]; m e n representam a dispersão (adimensional); x₀ é o parâmetro relacionado ao tamanho máximo das partículas; m é o parâmetro que representa a dispersão (adimensional); r é a relação de x₀ ao modulo de tamanho.

Mesh Tyler	Abertura peneira (μm)	BLCM-B (g)	Fração retida (%)	(1-Y) *	(Y) **
10	1651,00	9,23 \pm 2,16	9,23	0,092	0,907
12	1397,00	27,49 \pm 0,89	27,49	0,367	0,632
14	1168,40	22,29 \pm 1,08	22,29	0,590	0,409
16	990,60	14,07 \pm 0,97	14,07	0,731	0,269
20	833,12	9,54 \pm 0,20	9,54	0,826	0,173
24	701,04	6,29 \pm 0,34	6,29	0,889	0,110
28	589,28	3,88 \pm 0,03	3,88	0,928	0,071
32	495,30	2,59 \pm 0,13	2,59	0,954	0,045
35	416,56	1,76 \pm 0,07	1,76	0,971	0,028
42	350,52	1,16 \pm 0,01	1,16	0,983	0,016
48	294,64	0,81 \pm 0,01	0,81	0,991	0,008
60	246,38	0,55 \pm 0,37	0,55	0,997	0,002
Fundo	0	0,23 \pm 0,19	0,23	0,999	0,000

Tabela 4. Análise granulométrica e parâmetros calculados de BLCM-B.

*(1-Y) é a fração mássica do material acumulada das peneiras com abertura maior que x [kg.kg⁻¹ total]; *Y é a fração mássica do material acumulado mais fino do que a abertura da peneira x [kg.kg⁻¹ total];

A Tabela 5 apresenta o ajuste dos dados experimentais da amostra BLCM-B e os parâmetros obtidos para cada modelo.

Modelo	Parâmetros	BLCM-B
Gates-Gaudin- Schuhmann (GGS)	K	1709,9 μm
	m	2,399
	R ²	0,999

Rosin-Rammler-Bennet (RRB)	X	1367,1 μm
	n	3,546
	R ²	0,993
Gaudin-Meloy Modificado (MGM)	X ₀	1748,8 μm
	m	2,768
	r	1,170
	R ²	0,999

Tabela 5. Parâmetros calculados para os modelos GGS, RRB, MGM.

K e XR são parâmetros que representam o tamanho médio das partículas [m]; m e n representam a dispersão (adimensional); x₀ é o parâmetro relacionado ao tamanho máximo das partículas [m]; m é o parâmetro que representa a dispersão (adimensional); r é a relação de x₀ ao módulo de tamanho.

Os três modelos testados obtiveram ajustes satisfatórios. Entretanto, apesar do ajuste obtido para o modelo de GGS ser satisfatório, o diâmetro médio das partículas predito não condiz com os dados experimentais, sendo um valor superestimado. Em relação ao diâmetro médio das partículas, RRB foi o modelo que melhor representa os dados obtidos, retratando um diâmetro médio das partículas de 1367,1 μm . O modelo de MGM apresentou um diâmetro máximo das partículas de 1748,8 μm .

Mesh Tyler	Abertura peneira (μm)	BLCM-C (g)	Fração retida (%)	(1-Y) *	(Y) **
10	1651,00	6,45 \pm 0,14	6,45	0,064	0,935
12	1397,00	31,25 \pm 0,61	31,25	0,377	0,622
14	1168,40	24,52 \pm 1,87	24,52	0,622	0,377
16	990,60	15,41 \pm 2,84	15,41	0,776	0,223
20	833,12	9,93 \pm 0,88	9,93	0,875	0,124
24	701,04	5,79 \pm 0,17	5,79	0,933	0,066
28	589,28	2,67 \pm 0,07	2,67	0,960	0,039
32	495,30	1,63 \pm 0,10	1,63	0,976	0,023
35	416,56	0,98 \pm 0,04	0,98	0,986	0,013
42	350,52	0,60 \pm 0,04	0,60	0,992	0,007
48	294,64	0,33 \pm 0,09	0,33	0,996	0,003
60	246,38	0,21 \pm 0,12	0,21	0,998	0,001
Fundo	0	0,07 \pm 0,07	0,07	0,999	0,001

Tabela 6. Análise granulométrica e parâmetros calculados de BLCM-C.

*(1-Y) é a fração mássica do material acumulada das peneiras com abertura maior que x [kg.kg⁻¹ total]; **Y é a fração mássica do material acumulado mais fino do que a abertura da peneira x [kg.kg⁻¹ total];

Os dados experimentais e os parâmetros calculados para a amostra “C” de Biomassa Lignocelulósica de Casca de Mandioca (BLCM-C) são apresentados respectivamente na Tabela 6.

Quanto a amostra BLCM-C, os resultados mostraram que a maior quantidade de partículas foi retida em peneiras com maior abertura, com cerca de 12, 14 e 16

mesh, similar a amostra BLBM-B que também apresentou esse comportamento. Uma pequena quantidade de partículas ($\cong 0,21\%$) foi retida na peneira com a menor abertura (60 mesh). A peneira do fundo apresentou cerca de $\cong 0,076\%$ do material.

A Tabela 7 mostra os ajustes dos dados experimentais da amostra BLCB-C e os parâmetros obtidos para os três modelos.

Modelo	Parâmetros	BLCM-C
Gates-Gaudin- Schuhmann (GGS)	K	1679,9 μm
	m	2,808
	R ²	0,997
Rosin-Rammler-Bennet (RRB)	X	1375,6 μm
	n	4,334
	R ²	0,995
Gaudin-Meloy Modificado (MGM)	X ₀	1727,8 μm
	m	3,701
	r	1,288
	R ²	0,999

Tabela 7. Parâmetros calculados para os modelos GGS, RRB, MGM.

K e X_R são parâmetros que representam o tamanho médio das partículas [m]; m e n representam a dispersão (adimensional); X₀ é o parâmetro relacionado ao tamanho máximo das partículas [m]; m é o parâmetro que representa a dispersão (adimensional); r é a relação de x₀ ao modulo de tamanho.

Semelhante as amostras de BLCM-B, os três modelos apresentaram ajustes satisfatórios, porém o diâmetro médio das partículas predito pelo modelo GGS, é um valor superestimado, não condizendo com os dados experimentais.

RRB é o modelo que melhor representa os dados obtidos com relação ao diâmetro médio das partículas, apresentando um diâmetro médio das partículas de 1375,6 μm . O modelo de MGM apresentou um diâmetro máximo das partículas de 1727,8 μm .

De maneira geral, os dados experimentais mostraram que BLCM – A, BLCM – B, BLCM – C apresentaram maior presença de partículas em peneiras com maior abertura, sendo de 12, 14 e 16 mesh. Isso pode ser justificado levando em consideração o auto teor de fibras que provavelmente estão presentes nas cascas de mandioca. Os resultados então de acordo com o estudo de JORDAN et al. (2016) que encontraram duas populações de partículas com tamanhos distintos em bagaço de cana, compostas basicamente por pó (menores partículas) e por fibras da casca sendo as maiores partículas.

4 | CONCLUSÕES

O modelo de Rosin-Rammler-Bennet (RRB) foi capaz de predizer com boa precisão ($R^2 > 0,99$) as distribuições de tamanhos das partículas dos três lotes de

biomassa lignocelulósica da casca de mandioca. Apesar do modelo de Gaudin-Meloy Modificado apresentar bons coeficientes de correlação, os parâmetros resultaram em valores superestimados de acordo com os intervalos em que houve maior frequência de aparição.

5 | AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (Processo nº. 2017/06518-2) pelo auxílio financeiro prestado e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Código Financeiro 001; Processo nº 88887.468140/2019-00 e nº 88881.132626/2016-01).

REFERÊNCIAS

BUNDHOO, Z. M. A; MOHEE, R. **Ultrasound-assisted biological conversion of biomass and waste materials to biofuels: A review.** Ultrasonics sonochemistry, v. 40, p. 298-313, 2018.

CHOHAN, N. A.; ARUWAJOYE, G. S.; SEWSYNKER-SUKAI, Y.; GUEGUIM KANA, E. B. **Valorisation of potato peel wastes for bioethanol production using simultaneous saccharification and fermentation: Process optimization and kinetic assessment.** Renewable Energy, v. 146, p. 1031–1040, 2020.

DAHIYA, S.; KUMAR, A. N.; SHANTHI SRAVAN, J.; CHATTERJEE, S.; SARKAR, O.; MOHAN, S. V. **Food waste biorefinery: Sustainable strategy for circular bioeconomy.** Bioresource technology, v. 248, p. 2-12, 2018.

DIAS, M. O. S.; JUNQUEIRA, T. L.; CAVALETT, O.; PAVANELLO, L. G.; CUNHA, M. P.; JESUS, C. D. F.; MACIEL FILHO, R.; BONOMI, A. **Biorefineries for the production of first and second generation ethanol and electricity from sugarcane.** Applied Energy, v. 109, p. 72–78, 2013.

GRESES, S.; TOMÁS-PEJÓ, E.; GÓNZALEZ-FERNÁNDEZ, C. **Agroindustrial waste as a resource for volatile fatty acids production via anaerobic fermentation.** Bioresource Technology, p. 122486, 2019.

JORDAN, R. A.; BALDASSIN JUNIOR, R.; B CORTEZ, L. A.; A MOTOMIYA, A. **Caracterização granulométrica de biomassa polidispersa pelo método de peneiramento mecânico.** Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering, v. 36, p. 102–113, 2016.

LEITE, A. L. M. P.; ZANON, C. D.; MENEGALLI, F. C. **Isolation and characterization of cellulose nanofibers from cassava root bagasse and peelings.** Carbohydrate Polymers, v. 157, p. 962–970, 2017.

MAITI, S.; GALLASTEGUI, G.; SURESH, G.; PACHAPUR, V. L.; BRAR, S. K.; LE BIHAN, Y.; DROGUI, P.; BUELNA, G.; VERMA, M.; GALVEZ-CLOUTIER, R. **Microwave-assisted one-pot conversion of agro-industrial wastes into levulinic acid: An alternate approach.** Bioresource Technology, v. 265, p. 471–479, 2018.

MALAKAR, B.; DAS, D.; MOHANTY, K. **Optimization of glucose yield from potato and sweet lime peel waste through different pre-treatment techniques along with enzyme assisted hydrolysis towards liquid biofuel.** Renewable Energy, v. 145, p. 2723–2732, 2020.

MENON, V.; RAO, M. **Trends in bioconversion of lignocellulose: Biofuels, platform chemicals & biorefinery concept**. Progress in energy and combustion science, v. 38, n. 4, p. 522-550, 2012.

POLACHINI, T. C.; BETIOL, L. F. L.; LOPES-FILHO, J. F.; TELIS-ROMERO, J. **Water adsorption isotherms and thermodynamic properties of cassava bagasse**. Thermochemica Acta, [s. l.], v. 632, p. 79–85, 2016.

POLACHINI, T. C.; MULET, A.; TELIS-ROMERO, J.; CÁRCEL, J. A. **Influence of high-intensity ultrasound application on the kinetics of sugar release from acid suspensions of artichoke (*Cynara scolymus*) biomass**. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, v. 145, 2019.

SARKAR, D.; PRAJAPATI, S.; PODDAR, K.; SARKAR, A. **Production of ethanol by *Enterobacter* sp. EtK3 during fruit waste biotransformation**. International Biodeterioration and Biodegradation, v. 145, 2019.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. de A. **Operações unitárias na indústria de alimentos**. Grupo Gen-LTC, 2016.

TEDESCO, S.; MAC LOCHLAINN, D.; OLABI, A. G. **Particle size reduction optimization of *Laminaria* spp. biomass for enhanced methane production**. Energy, [s. l.], v. 76, p. 857–862, 2014.

YAN, H.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V. **Size characterization of selected food powders by five particle size distribution functions** *Caracterización del tamaño de partícula de alimentos en polvo mediante cinco funciones de distribuciones de tamaño*. Food Science and Technology International, v. 3, n. 5, p. 361–369, 1997.

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