

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
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 BENZOXAZINA: 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

LIPASE EXTRACELULAR DO FUNGO *Metarhizium anisopliae* PRODUZIDA A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRAIS

Data de submissão: 03/12/2019

Data de aceite: 11/03/2020

Fabriele de Sousa Ferraz

Universidade Federal do Tocantins, Aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/0817244256931066>

Laiane Martins Duarte

Universidade Federal do Tocantins, Aluno de Graduação em Engenharia de Alimentos, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/9235651186183499>

Isadora Souza Santos Dias

Universidade Federal do Tocantins, Aluno de Graduação em Engenharia de Alimentos, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/3445507140570580>

Lina María Grajales

Universidade Federal do Tocantins, Docente do Curso de Engenharia de Alimentos e do Programa de Pós-Graduação em Agroenergia, Palmas – TO
<http://lattes.cnpq.br/3869745078999097>
<https://orcid.org/0000-0003-3311-9270>

EXTRACELLULAR LIPASE OF THE FUNGUS *Metarhizium anisopliae* PRODUCED FROM AGRO-INDUSTRIAL RESIDUES

RESUMO: A presente pesquisa dá suporte ao desenvolvimento de um biorreator de bandejas

para a produção do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* por Fermentação em Estado Sólido, utilizando resíduos agroindustriais como substratos. O objetivo deste trabalho foi produzir lipases do fungo *M. anisopliae* utilizando bagaço de coco de babaçu e arroz tipo I como suportes à fermentação. Fermentações preliminares foram realizadas para determinar a concentração de suporte a ser utilizado. As fermentações foram realizadas em frascos de erlenmeyer com 10g de meio de cultura, a 28°C durante 14 dias. Posteriormente, a atividade lipolítica (U. mL⁻¹) foi determinada pelo método titulométrico. De forma geral, as fermentações realizadas revelaram que o tratamento somente com arroz tipo I teve maior atividade lipolítica, com valor de 8,33 U. mL⁻¹, e a mistura bagaço do coco babaçu - arroz tipo I, em relação 8:2, teve uma atividade lipolítica considerável de 5,57 U. mL⁻¹.

PALAVRAS-CHAVE: Fungo *Metarhizium anisopliae*. Resíduos agroindustriais. Fermentação em Estado Sólido. Enzimas lipolíticas.

ABSTRACT: The objective of the present work was to produce lipases of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* ICBC 425 by Solid State Fermentation (FSS), using for bagasse of coco babaçu and rice Type I as substrates. Preliminary fermentations were

performed to determine the concentration of the substrate to be used. The fermentations were carried out in flasks of Erlenmeyer flask with 10g of culture medium, at 28 ° C for 14 days. Subsequently, the lipolytic activity (U/mL) was determined by titrimetric method. For rice type I, Enzyme Activity (AE) was 8.33 ± 2.36 U/mL and for bagasse of coco babaçu the EA was 4.44 ± 2.57 U/mL. These two values were statistically the same, reason for which it was decided to continue the fermentation processes only with for bagasse of coco babaçu as substrate. New fermentations with the inducing agents: olive oil, soybean oil and corn oil were conducted. The highest AE were obtained when using olive oil and soybean oil, being 17.34 ± 1.17 U/mL and 15.08 ± 0.9 U/mL, respectively. These experiments showed that the combination of substrate plus the inducer allowed to obtain a higher production of lipases in relation to its production using only the substrate, showing as a promising system that should be analyzed in detail for a later increase of scale.

KEYWORDS: *Metarhizium anisopliae*. Agroindustrial solid residues. Solid State Fermentation. Lipolytic Enzymes.

1 | INTRODUÇÃO

As lipases (triacilglicerol éster hidrolases, EC 3.1.1.3) são enzimas que catalisam, entre outras reações, a hidrólise das ligações éster de lipídeos gerando álcoois e ácidos graxos (Freire *et al.*, 1997). As lipases de origem microbiana constituem um importante grupo de enzimas com alto potencial biotecnológico no setor industrial, porém sua aplicação é bastante reduzida devido ao seu alto custo de produção (Colla *et al.*, 2012). Esta poderia se tornar economicamente viável se realizada por processos de Fermentação em Estado Sólido (FES) (Castilho *et al.*, 2000), no qual o crescimento dos microrganismos se realiza sobre substratos sólidos (resíduos agroindustriais) e sem a presença de água livre, minimizando assim, os custos de produção (Oliveira e Pinotti., 2015). Outra vantagem apresentada por este tipo de processos é a economia de espaço para a realização das fermentações e a simplicidade dos equipamentos utilizados (Mahadik *et al.*, 2002).

A cadeia produtiva do babaçu (*Atalleia spp.*) é uma das mais representativas do extrativismo vegetal no Brasil, em razão da área de abrangência da palmeira babaçu (13 a 18 milhões de hectares em 279 municípios, situados em 11 Estados), bem como das inúmeras potencialidades e atividades econômicas que podem ser desenvolvidas a partir dela (Carrazza *et al.*, 2012). Os resíduos gerados após o processamento do babaçu podem ser aproveitados como substratos em processos FES, pois a matéria orgânica presente neste material pode ser usada como fonte de energia para o crescimento de microrganismos e para a síntese de biomassa celular e dos produtos do metabolismo microbiano (Santana, 2012).

Por outra parte, o fungo filamentosso *Metarhizium anisopliae* é um bom produtor proteases, quitinases e lipases (Saxena *et al.*, 1999; Silva, 2005). Silva *et al* (2005)

e Shaukat (2009) realizaram estudos utilizando o fungo *M. anisopliae*, a partir de diferentes fontes de lipídeos e encontraram uma boa produção de lipases. Assim, é possível supor que o binômio microrganismo-substrato: *M. anisopliae*-bagaço de babaçu, possa se tornar um sistema produtor de lipases promissório. Pelos motivos mencionados, este trabalho propõe analisar a produção de lipases utilizando o fungo *Metarhizium anisopliae* e empregando resíduos de coco de babaçu e arroz tipo I como substratos.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Materiais

Microrganismo: O fungo entomopatogênico *M. anisopliae* cepa ICBC 425 foi adquirido sob a forma de esporos puros em pó e foram armazenados à temperatura de -4 °C. A cepa foi comprada no laboratório Biocontrol, localizada na cidade de Sertãozinho-SP. A repicagem do microrganismo foi feita por um período de 7 dias a 28°C no meio de batata-dextrose-ágar.

Bagaço do coco de babaçu: o bagaço foi o resultado final do processo de compressão da retirada do sumo da amêndoa do coco babaçu e armazenado em freezer a -12 °C até o momento da sua utilização.

Arroz tipo I: O arroz Tipo I foi adquirido em beneficiadora de grãos localizada na cidade de Palmas-TO.

2.2 Metodologia

Obtenção do inóculo: A cepa foi cultivada em meio de batata-dextrose-ágar (BDA) em erlenmeyers de 250 mL, fechados com tampões de algodão revestidos por tecido do tipo “tecido não tecido” (TNT) e esterilizados a 121°C por 20 minutos. Após, o meio solidificar, com os frascos inclinados, o fungo foi incubado durante 07 dias em câmara climatizada BOD marca Adamo à temperatura de 28 ± 1 °C.

Preparação da solução nutriente e suspensão inoculante: Após 07 dias de incubação, foi preparada a suspensão de conídios adicionando ao erlenmeyer uma solução nutriente, previamente esterilizada, composta por 100 mL de água destilada, 0,065g de Cloreto de Potássio (KCl), 0,033g de extrato de levedura e 100µL Tween 80 (Dallastra, 2016). A concentração dos conídios foi determinada em câmara de Neubauer, padronizada em 10⁷ conídios/mL e reservada para posterior inoculação dos substratos.

Preparo dos Meios de Cultivo: O arroz tipo I foi cozido por imersão em água à 80 °C durante 4 minutos, e posteriormente, deixado à temperatura ambiente por duas

horas sobre papel kraft até atingir de 40%. O bagaço do coco de babaçu foi deixado descongelar até a temperatura ambiente.

Fermentações: Em erlenmeyers tampados foram colocados 10 g de substrato e os conjuntos (erlenmeyer+substrato) foram esterilizados em autoclave à temperatura de 120 °C por 20 minutos. Posteriormente, o conjunto foi deixado resfriar até a temperatura ambiente e foi inoculado 1mL da solução nutriente e da suspensão inoculante. O sistema foi mantido em incubadora BOD a 28°C por 14 dias.

Extração da enzima: Uma vez concluída a fermentação, a enzima foi extraída do material fermentado com uma solução composta por 20 mL de tampão McIlvaine pH 7,0 e 0,25% de espalhante adesivo Tween 80 . A mistura de sólido fermentado (10 g) e a solução extratora (20 mL) foram submetidas à agitação manual até homogeneização e desprendimento dos conídios que continham as lipases na sua superfície. Em seguida, o material foi filtrado em TNT, conforme a Figura 1. Esse filtrado ou extrato enzimático bruto foi congelado até a determinação de atividade lipolítica.



Figura 1- Extrato bruto enzimático sendo filtrado.

Atividade enzimática: A atividade lipolítica foi determinada de acordo com o método descrito por Freire *et al.* (1997) com algumas alterações. Em frascos erlenmeyer de 125 mL foram adicionados 19 mL de emulsão (1% de triton X-100 e 5% de azeite de oliva) em tampão McIlvaine pH 7,0. Essa emulsão foi homogeneizada em shaker por 3 min a 37 °C e 200 rpm, em seguida foi adicionado 1 mL do extrato enzimático bruto e incubada por 30 min a 28 °C e 200 rpm. Após a incubação, a reação foi detida com 20 mL de solução de acetona: etanol 1:1 (v/v) e os ácidos graxos liberados foram titulados com solução de NaOH 0,1 M até pH final 11. A atividade enzimática (U. mL⁻¹) foi determinada de acordo com a Equação 1:

$$Atividade.enzimatica = \frac{(Vt_f - Vt_i) \times 100 \times Fd \times M}{t} \quad (1)$$

Onde:

V_{t_f} é o volume de NaOH após a reação, V_{t_i} é o volume de NaOH usado para titular o branco, M é concentração normal de NaOH, t é o tempo total de reação e Fd é o fator de diluição.

Uma unidade de atividade lipolítica foi definida como a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ácido graxo por minuto, nas condições descritas.

Planejamento experimental e análise estatística: Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente casualizado, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Computacional Assisat, versão 7.7. Os níveis das variáveis analisadas se encontram na Tabela 1. No total foram realizados 06 tratamentos, com 03 repetições, para um total de 3 parcelas.

Tratamento	Arroz tipo I (g)	Bagaço do coco babaçu (g)
A	10	0
B	8	2
C	6	4
D	4	6
E	2	8
F	0	10

Tabela 1. Concentrações dos substratos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Figura 2 mostraram que a maior atividade enzimática obtida foi para o tratamento “A”, aquele realizado unicamente com arroz tipo I, sendo esta de 8,33 U. mL⁻¹. Este valor é superior ao obtido por Silva et al. (2005), no qual a atividade lipolítica foi de 4,48 U. mL⁻¹ para um sistema de fermentação submersa utilizando o arroz como substrato.

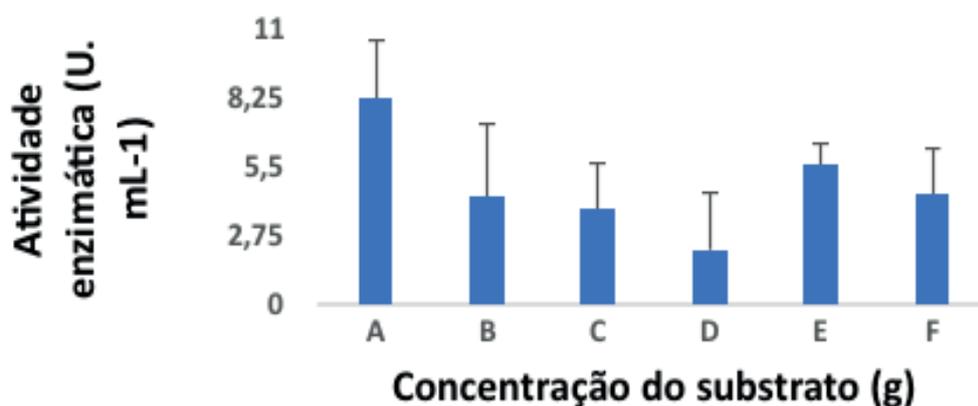


Figura 2 - Média da atividade enzimática e desvio padrão.

No tratamento “E” (80% do bagaço do babaçu mais 20% de arroz tipo I) também houve uma atividade enzimática considerável, de 5,57 U. mL⁻¹, onde o fungo *M. anisopliae* apresentou uma boa adaptação ao bagaço do coco babaçu. Cordova *et al.*, (1998) obteve 1,73 U. mL⁻¹ utilizando bagaço de cana e o agente fermentador *Rhizomucor pusillus*, já Fleuri *et al.* (2014) obteve uma atividade enzimática de 14.4 U.mL⁻¹ através do fungo *Aspergillus sp.* utilizando resíduo agroindustrial (farelo de trigo) ambos os autores utilizaram o processo de FES, confirmando assim o potencial que os resíduos agroindustriais possuem como meios de cultura para a produção de enzimas de alto valor agregado.

O valor de atividade lipolítica para o tratamento “F”, foi de 4,44 U.mL⁻¹, quando utilizado somente o resíduo do coco do babaçu. Pinheiro (2006) realizou um experimento em fermentação submersa e obteve um valor de atividade lipolítica de 3,15 U.mL⁻¹ em meio sintético, além de ser uma atividade menor, o custo de produção se eleva devido ao alto custo do meio, o que reduziria a possibilidade de produzir a enzima em escala industrial através deste processo. Ao se comparar a produção de lipase por resíduos em meio sintético observa-se que, o meio de fermentação composto por resíduos agroindustriais teve maior atividade lipolítica, demonstrando a viabilidade da produção de lipase. O resíduo agroindustrial como substrato oferece suporte nutricional e de crescimento ao microrganismo durante a fermentação, a FES apresenta-se como um processo mais vantajoso e de baixo custo em relação à fermentação submersa, além de ter altos rendimentos e proporciona uma facilidade na recuperação dos produtos gerados (Sharma *et al.*, 2001).

Em termos estatísticos, a ANOVA revelou efeito não significativo para os tratamentos (Tabela 2), indicando que não existem diferenças significativas entre os mesmos. Este fato sugere que já que não existe diferença estatística entre os tratamentos, o bagaço do coco babaçu é um substrato promissor para a produção de lipases, devido ao baixo custo e às vantagens ambientais, onde o resíduo é utilizado em vez de ser descartado no meio ambiente.

FV	GL	QM	F	P
Tratamentos	5	10,0104100	2,0557	0,1483 *
Resíduo	11	4,8695		
Total	16	10,3616580		
CV%	47,88			

Tabela 2. ANOVA para a atividade lipolítica.

* Não significativo ao nível de 5% de probabilidade ($p \geq 0,05$)

Os resultados demonstraram que foi possível produzir lipases pelo processo de fermentação em estado sólido utilizando o bagaço do coco de babaçu, porém será necessário realizar estudos mais aprofundados, os quais incluam maior variação nas

concentrações de substrato e produção em uma escala maior, primeiramente em escala piloto e depois em larga escala, vencendo os desafios próprios da ampliação de escala.

4 | CONCLUSÃO

Foi possível produzir as lipases por fermentação em estado sólido através do fungo *M. anisopliae* utilizando arroz tipo I e bagaço do coco babaçu como substratos. Os resultados desses experimentos poderiam viabilizar a produção de lipases com baixo custo, porém será necessário realizar estudos mais aprofundados, os quais incluam maior variação nas concentrações de substrato e produção em uma escala maior, primeiramente em escala piloto e depois em larga escala, vencendo os desafios próprios da ampliação de escala.

REFERÊNCIAS

CARRAZZA, L. R.; SILVA, M. L.; ÁVILA, J. C. C. *Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu*. Brasília – DF. Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN). Brasil, 2012.

CASTILHO, L. R.; POLATO, C. M. S.; BARUQUE, E. A.; SANTANNA JR., G. L.; FREIRE, D.M.G. *Economic analysis of lipase production by *Penicillium restrictum* in solid state and submerged fermentations*. Biochemical Engineering Journal, v. a, p. 239-247, 2000.

COLLA, L. M.; REINEHR, C. O.; COSTA, A. V. *Aplicações e produção de lipases microbianas.*, Revista CIATEC – UPF, v. 4 , p.1-14, 2012.

CORDOVA, J.; NEMMAOUI, M.; ISMAILI-ALAOUI, M.; MORIN, A.; ROUSSOS, S.; RAIMBAULT, M.; BENJILALI B. *Lipase production by solid state fermentation of olive cake and sugar cane bagasse*. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic v.5, p.75–78, 1998.

DALLASTRA, E. D. G.; *Produção de *Metarhizium anisopliae* utilizando arroz tipo i, quirela de arroz, farelo de soja e farelo de trigo como substrato*. Dissertação (Curso de Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2016.

FLEURI LF.; de Oliveira MC.; Arcuri MLC.; Capoville BL.; Pereira MS. *Production of Fungal Lipases Using Wheat Bran and Soybean Bran and Incorporation of Sugarcane Bagasse as a Co-substrate in Solid-state Fermentation*. Food Sci Biotechnol 23: 1199-1205, 2014.

FREIRE, D. M. G.; GOMES, M. P.; BOM, S. P. E. *Lipase production by a new promising strain of *Penicillium restrictum**; Journal of the Brazilian Society for Microbiology, v. 28, p. 6-12, 1997.

MAHADIK, N. D.; PUNTAMBEKAR, U. S.; BASTAWDE, K. B.; KHIRE, J. M.; GOKHALE, D.V. *Production of acidic lipase by *Aspergillus niger* in solid state fermentation*. Process biochemistry, v. 38, p. 715-721, 2002.

OLIVEIRA M. M.;L. M. PINOTTI. *Produção de lipases por *rhizomucor* sp*. Departamento de Engenharias e Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, COBEC, 2015.

PINHEIRO, T. L. F. *Produção de lipases por fermentação em estado sólido e fermentação submersa utilizando *Penicillium verrucosum* como microrganismo*,Dissertação (Departamento de

Ciências Agrárias) Universidade Regional Integrada, Erechim, Rio Grande do Sul, 2006.

SANTANA, R. S. M. *Produção de enzimas amilolíticas através da fermentação em estado sólido*. 2012. 73f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Bahia, 2012.

SAXENA, R.K.; GHOSH, P.K.; GUPTA, R.; DAVIDSON, W.S.; BRADDOO, S.; GULATI, R. *Microbial lipases: potential biocatalysts for the future industry*. *Curr. Sci.* 77:101-115, 1999.

SHARMA, R.; CHISTI, Y.; BANERJEE, U.C. *Production, purification, characterization, and applications of lipases*. *Biotechnology Adv.*, v. 19, p. 627-662, 2001.

SHAUKAT A.; ZHEN H.; REN X. S.; BASHIR M. H.; AFZAL M.; TONG L. *Production and Extraction of Extracellular Lipase from Entomopathogenic Fungus Metarhizium anisopliae (Clavicipitaceae: Hypocreales)*. *Pakistan J. Zool.*, v. 41(5), pp. 341-347, 2009.

SILVA, W.O.B.; MITIDIÉRI, S.; SCHRANK A.; VAINSTEIN M. H. *Production and extraction of an extracellular lipase from the entomopathogenic fungus Metarhizium anisopliae*. *Process Biochemistry* v.40, p.321–326, 2005.

SILVA, W.O.B., *Lipases de Metarhizium anisopliae: purificação parcial, regulação e secreção durante o processo de infecção do carrapato bovino Boophilus microplus*; Dissertação (Programa de pós-graduação em biologia celular e molecular), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

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