

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE

**FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES
(ORGANIZADOR)**

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE

**FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES
(ORGANIZADOR)**

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: Geraldo Alves

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 de 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)**

C569 Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
 Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
 Modo de acesso: World Wide Web
 Inclui bibliografia
 ISBN 978-65-86002-63-8
 DOI 10.22533/at.ed.638202403

1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia.
I. Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Atualmente, notamos grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências tecnológicas, exatas e da terra cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade. Tais saberes só se tornam possíveis por meio de autores responsáveis por desenvolver pesquisas científicas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Permeados de tecnologia este e-book contempla estudos na área da ciência tecnológicas, exatas e da terra, mostrando a aplicabilidade destas ciências em variados temas cotidianos. Temas ligados a Medicina, saúde, agricultura e ensino, são abordados nos capítulos desta obra, entre outros temas relacionados à produção científico-metodológica nas ciências.

Para o leitor, esta obra intitulada “Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade” tem muito a contribuir com estas áreas, já que cada capítulo aponta para o desenvolvimento, e aprimoramento de pesquisas científicas envolvendo temas diversos, mostrando-se não somente uma base teórica, mas também a aplicação prática de vários estudos.

Boa leitura!

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
INFLUÊNCIA DO OXALATO NA DETERMINAÇÃO ESPECTROFOTOMÉTRICA DE CHUMBO COM VERMELHO DE BROMOPIROGALOL PARA ANÁLISE DE RESÍDUOS DE ARMAS DE FOGO	
Fernanda Bomfim Madeira André Vinícius dos Santos Canuto Sheisi Fonseca Leite da Silva Rocha José Geraldo Rocha Junior	
DOI 10.22533/at.ed.6382024031	
CAPÍTULO 2	11
SISTEMA EMBARCADO PARA CONTROLE DO CONSUMO DE ENERGIA USANDO UMA ABORDAGEM BASEADA NA VISÃO COMPUTACIONAL E RNA	
Leonardo Nunes Gonçalves Joiner dos Santos Sá Carlos Augusto dos Santos Machado Alexandre Reis Fernandes Fabricio de Souza Farias	
DOI 10.22533/at.ed.6382024032	
CAPÍTULO 3	24
MODELAGEM ESPAÇO-TEMPORAL DOS CASOS DE DIABETES MELLITUS NA BAHIA: UMA ABORDAGEM COM O DFA	
Raiara dos Santos Pereira Dias Aloisio Machado da Silva Filho Edna Maria de Araújo Everaldo Freitas Guedes Florêncio Mendes Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.6382024033	
CAPÍTULO 4	37
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA VARIABILIDADE: UMA EXPERIÊNCIA VIVENCIADA NA DOCÊNCIA DE MATEMÁTICA NO 3º ANO DE UM COLÉGIO PÚBLICO	
Gilson De Almeida Dantas Luiz Márcio Santos Farias Aloísio Machado Da Silva Filho	
DOI 10.22533/at.ed.6382024034	
CAPÍTULO 5	56
A MODELAGEM MATEMÁTICA EM UMA PERSPECTIVA CRÍTICA: REFLEXÕES SOB O OLHAR DOS PROFESSORES DA EDUCAÇÃO BÁSICA	
Ana Paula Rohrbek Chiarello Bruna Larissa Cecco Nadia Cristina Picinini Pelinson	
DOI 10.22533/at.ed.6382024035	

CAPÍTULO 6 70

USO DOS RECURSOS TECNOLÓGICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO DE 6º ANO DA ESCOLA PROFESSORA MARIA FIDERALINA DOS SANTOS LOPES NO MUNICÍPIO DE TOMÉ-AÇU/PA

Anne Louise Fernandes de Medeiros
Eliel Viana Rodrigues
Poliana Silva Costa
Renato Araújo da Costa
Maria Bernadete Marques Silva
Rita do Carmo Marinho
André Pires Costa
Cleidiane Cardoso Assunção
Oselita Figueiredo Corrêa
José Francisco da Silva Costa

DOI 10.22533/at.ed.6382024037

CAPÍTULO 7 90

COMO ELEVAR UM NÚMERO A UMA POTÊNCIA COM CELERIDADE

Gilberto Emanuel dos Reis Vogado
Gustavo Nogueira Dias
Pedro Roberto Sousa e Silva
Eldilene da Silva Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.6382024038

CAPÍTULO 8 101

CÁLCULO DE DERIVADA DE FUNÇÕES A UMA VARIÁVEL COM UTILIZAÇÃO DOS NÚMEROS COMPLEXOS

Maurício Emanuel Ferreira Costa
Luane Gonçalves Martins, Lates
Aubedir Seixá Costa
Reginaldo Barros
Sebastião Martins Siqueira Cordeiro
Antonio Maia de Jesus Chaves Neto
Genivaldo Passos Correa
José Francisco da Silva Costa

DOI 10.22533/at.ed.6382024039

CAPÍTULO 9 120

ANÁLISE ESTATÍSTICA DO MONITORAMENTO SISMOGRÁFICO DE CAVIDADES FERRÍFERAS. MINAS DE N4 E N5, CARAJÁS, BRASIL

Adimir Fernando Rezende
Rafael Guimarães de Paula
Marcelo Roberto Barbosa
Leandro Alves Caldeira Luzzi
Iuri Viana Brandi

DOI 10.22533/at.ed.63820240310

CAPÍTULO 10 135

AValiação DO RESSECAMENTO DA CAMADA DE COBERTURA UTILIZANDO SOLO COM ADIÇÃO DE FIBRAS PET POR MEIO DE ANÁLISE DE IMAGENS

Conceição de Maria Cardoso Costa
Tomás Joviano Leite da Silva

Jaqueline Ribeiro dos Santos
Luís Fernando Martins Ribeiro
Claúdia Márcia Coutinho Gurjão

DOI 10.22533/at.ed.63820240311

CAPÍTULO 11 150

O USO DE TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL

Gustavo Nogueira Dias
Pedro Roberto Sousa e Silva
Washington Luiz Pedrosa da Silva Junior
José Edimilson de Lima Fialho
Victor Hugo Chacon Britto

DOI 10.22533/at.ed.63820240312

CAPÍTULO 12 160

POTENCIALIDADE BACTERICIDA DO AÇO INOXIDÁVEL MARTENSÍTICO 17-4 PH

Rogério Erbereli
Italo Leite de Camargo
João Fiore Parreira Lovo
Carlos Alberto Fortulan
João Manuel Domingos de Almeida Rollo

DOI 10.22533/at.ed.63820240313

CAPÍTULO 13 171

TENDÊNCIA TEMPORAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA VIOLÊNCIA CONTRA CRIANÇAS E ADOLESCENTES NA ZONA URBANA DE FEIRA DE SANTANA-BA 1998-2009

Raiane de Almeida Oliveira
Edna Maria de Araújo
Roger Torlay Pires
Aloisio Machado da Silva Filho

DOI 10.22533/at.ed.63820240314

CAPÍTULO 14 194

EMULSÕES DE QUITOSANA/GELATINA COM ÓLEOS DE ANDIROBA E DE PRACAXI: AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIMICROBIANA SOBRE *Staphylococcus aureus*

Murilo Álison Vigilato Rodrigues
Crisiane Aparecida Marangon
Pedro Marcondes Freitas Leite
Virginia da Conceição Amaro Martins
Marcia Nitschke
Ana Maria de Guzzi Plepis

DOI 10.22533/at.ed.63820240315

CAPÍTULO 15 204

ANÁLISE DO POTENCIAL DOS ARENITOS DA FORMAÇÃO FURNAS PARA USO COMO AREIA INDUSTRIAL

Ricardo Maahs
Ericks Henrique Testa

DOI 10.22533/at.ed.63820240316

CAPÍTULO 16 213

ESTUDO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE BARES E CASAS NOTURNAS DE FREDERICO WESTPHALEN - RS

Bianca Johann Nery
Carine Andrioli
Marcelle Martins
Eduardo Antônio de Azevedo
Willian Fernando de Borba
Bruno Acosta Flores

DOI 10.22533/at.ed.63820240317

CAPÍTULO 17 219

CARACTERIZAÇÃO ACÚSTICA DO AUDITÓRIO DO CEAMAZON DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ

Thiago Morhy Cavalcante
Yves Alexandrinho Bandeira
Thiago Henrique Gomes Lobato
Wellington José Figueirêdo de Lima

DOI 10.22533/at.ed.63820240318

CAPÍTULO 18 235

APLICAÇÕES ANTIFÚNGICA E ANTIBACTERIANA IN VITRO DE ÓLEOS ESSENCIAS DE CITRUS SPP.: UMA BREVE REVISÃO

Mayker Lazaro Dantas Miranda
Cassia Cristina Fernandes

DOI 10.22533/at.ed.63820240319

CAPÍTULO 19 242

A ORIGEM DA ENERGIA DO SOL

Marcelo Antonio Amorim
Denes Alves de Farias
Edite Maria dos Anjos

DOI 10.22533/at.ed.63820240320

CAPÍTULO 20 251

POLÍMEROS HIPERRAMIFICADOS COMO CARREADORES DE FÁRMACOS: UMA VISÃO SOBRE SÍNTESE, PROPOSTAS DE MECANISMOS, CARACTERIZAÇÃO E APLICABILIDADES

Diego Botelho Campelo Leite
Edmilson Miranda de Moura
Carla Verônica Rodarte de Moura

DOI 10.22533/at.ed.63820240321

CAPÍTULO 21 265

PREY-PREDATOR MODELING OF CO₂ ATMOSPHERIC CONCENTRATION

Luis Augusto Trevisan
Fabiano Meira de Moura Luz

DOI 10.22533/at.ed.63820240322

CAPÍTULO 22	276
EXPERIMENTOS PARA A FEIRA DE CIÊNCIAS MEDIADOS PELO DIAGRAMA V	
Lucas Antônio Xavier	
Breno Rodrigues Segatto	
DOI 10.22533/at.ed.63820240323	
CAPÍTULO 23	289
O USO DA COMPUTAÇÃO COGNITIVA NO COMBATE AO CÂNCER	
Fábio Arruda Lopes	
DOI 10.22533/at.ed.63820240324	
CAPÍTULO 24	296
FERMENTAÇÃO SEMI - SÓLIDA PARA PRODUÇÃO DE LIPASE POR <i>Geotrichum candidum</i> UTILIZANDO TORTA DE MILHO	
Janaína dos Santos Ferreira	
Elizama Aguiar-Oliveira	
Sílvio Aparecido Melquides	
Mariana Fronja Carosia	
Eliana Setsuko Kamimura	
Rafael Resende Maldonado	
DOI 10.22533/at.ed.63820240325	
CAPÍTULO 25	308
ANÁLISE SOBRE AS CARACTERÍSTICAS E O DESEMPENHO DO MREC	
Matheus Amaral da Silva	
Kevin Levrone Rodrigues Machado Silva	
DOI 10.22533/at.ed.63820240326	
CAPÍTULO 26	319
AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DE MINERAIS EM AMOSTRAS DE FARINHAS SEM GLÚTEN	
Júlia de Oliveira Martins	
Rudinei Moraes Junior	
Anagilda Bacarin Gobo	
Alessandro Hermann	
DOI 10.22533/at.ed.63820240327	
CAPÍTULO 27	325
LEVANTAMENTO DO PERFIL SOCIOECONÔMICO E A VLNERABILIDADE AMBIENTAL DOS ATINGIDOS POR INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE JAGUARI - RS	
Thomás Lixinski Zanin	
DOI 10.22533/at.ed.63820240328	
CAPÍTULO 28	346
ESTABILIZAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO COM OPERADOR Δ^{2p} COM TERMO NÃO LINEAR	
Ricardo Eleodoro Fuentes Apolaya	
DOI 10.22533/at.ed.63820240329	

SOBRE O ORGANIZADOR.....	355
ÍNDICE REMISSIVO	356

FERMENTAÇÃO SEMI - SÓLIDA PARA PRODUÇÃO DE LIPASE POR *Geotrichum candidum* UTILIZANDO TORTA DE MILHO

Data de aceite: 17/03/2020

Janáina dos Santos Ferreira

Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC/ EQA, Florianópolis-Santa Catarina, <http://lattes.cnpq.br/2133864300816072>.

Elizama Aguiar-Oliveira

Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual de Santa Cruz, UESC), Ilhéus, Bahia, <http://lattes.cnpq.br/4845203698377260>

Sílvio Aparecido Melquides

Faculdade Municipal Professor Franco Montoro (FMPFM), Mogi Guaçu-São Paulo.

Mariana Fronja Carosia

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (FZEA/ USP), Pirassununga-São Paulo, <http://lattes.cnpq.br/7322895394625421>

Eliana Setsuko Kamimura

Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo (FZEA/ USP), Pirassununga-São Paulo, <http://lattes.cnpq.br/8839348384607836>

Rafael Resende Maldonado

Colégio Técnico de Campinas, Universidade Estadual de Campinas (COTUCA/UNICAMP), Campinas-São Paulo, <http://lattes.cnpq.br/2586202325653230>

RESUMO: O aproveitamento de resíduos

agroindustriais através das mais diferentes tecnologias é uma forma de reduzir os impactos ambientais e agregar valor a este tipo de produto, amplamente produzidos no Brasil. Uma alternativa bastante estudada é a aplicação desses resíduos como substratos para produção de enzimas por fermentação em estado sólido. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação semi-sólida em torta de milho (subproduto do processamento do milho) suplementada com NH_4Cl e óleo de milho. A melhor condição para obtenção da enzima foi com 60 g de torta de milho suplementada com NH_4Cl , óleo de milho e água, para atingir 5% m/m de nitrogênio, 15 % m/m de lipídeos e 40 % m/m de umidade, que resultou em 29,4 U lipase/g substrato seco após 48 horas de fermentação a temperatura de 35°C. Este resultado é semelhante aos dados de produção de lipase relatados na literatura para o mesmo fungo utilizando outros substratos e é bastante relevante, uma vez que não há estudos relatando a produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação semi-sólida.

PALAVRAS-CHAVE: lipase, fermentação semi-sólida, torta de milho, óleo de milho

SEMI - SOLID FERMENTATION FOR LIPASE PRODUCTION BY GEOTRICHUM

ABSTRACT: The use of agro-industrial waste through different technologies is a way to reduce environmental impacts and add value to this type of product, largely produced in Brazil. A widely studied alternative is the application of these wastes as substrates for enzyme production by solid-state fermentation. The aim of this study was to evaluate the production of *Geotrichum candidum* lipase by semi-solid fermentation in corn bran (corn byproduct) supplemented with NH₄Cl and corn oil. The best condition for obtaining the enzyme was 60 g of corn bran supplemented with NH₄Cl, corn oil and water, to reach 5% w/w nitrogen, 15% w/w lipids and 40% w/w humidity, which resulted in 29.4 U lipase/g of dry substrate after 48 hours of fermentation at 35°C. This result is similar to the lipase production data reported in the literature for the same fungus using other substrates, and it is quite relevant once there are not studies reporting the production of *Geotrichum candidum* lipase by semi-solid fermentation.

KEYWORDS: lipase, semi-solid fermentation, corn bran, corn oil.

1 | INTRODUÇÃO

Lipases (triacilglicerol acil-hidrolases EC 3.1.1.3) são enzimas de grande interesse industrial e tem sido amplamente investigada devido a sua capacidade de realizar hidrólise reversível de triacilgliceróis e de catalisar reações de esterificação, transesterificação e interesterificação em interfaces óleo/água. Do ponto de vista econômico e industrial, fungos e leveduras são as fontes produtoras de lipases mais utilizadas industrialmente devido à facilidade de produção e de recuperação das enzimas a partir do meio fermentado, uma vez que normalmente são enzimas extracelulares (ARAÚJO, 2009; BAADHE et al., 2014; FERNANDES, 2007; MALDONADO et al., 2016; SALIHU et al., 2015; STERGIOU et al., 2013; TREICHEL et al., 2010; ZHANG et al., 2014). Além disso, destaca-se que as lipases produzidas por microrganismos apresentam propriedades versáteis, atividade em ampla faixa de pH, estabilidade em temperaturas relativamente altas, facilidade de produção em massa (JÚNIOR et al., 2016). Como exemplo, a produção de lipases pelo fungo *Geotrichum candidum* tem sido investigada e tem-se apresentado como um bioprocesso de grande potencial (ASSES et al., 2009; BRABCOVÁ et al., 2013; BURKET et al., 2004 and 2005; MALDONADO et al., 2012A, 2012B, 2014A, 2014B, 2015).

BRABCOVÁ et al. (2013) estudaram 3 diferentes tipos de lipases purificadas produzidas a partir de *Geotrichum candidum* e verificaram que todas apresentaram propriedades catalíticas para serem usadas no âmbito biotecnológico. A lipase produzida por *G. candidum* foi reconhecida pela sua especificidade para ácidos graxos insaturados com ligação dupla na posição cis-9, como ácidos oleico e linoléico, o que levou sua investigação para aplicações industriais como produção de produtos

químicos especiais a partir de gorduras e óleos (MAZZEU et al., 2015).

O cultivo de microrganismos e a produção de suas enzimas de interesse pode ser conduzido de três formas: fermentação submersa em meio líquido (FSm), fermentação em estado sólido (FES) ou fermentação em estado semi-sólido (FSS). A diferença entre FES e FSS é relativa à quantidade de água livre presente. Enquanto na FES os microrganismos crescem em um suporte sólido sem água de fluxo livre, na FSS, o teor de água livre é aumentado para promover uma melhor distribuição de substratos (GERVAIS & MOLIN, 2003; PANDEY et al, 2000). No processo de fermentação submersa, para produção eficiente de lipases é necessário ter disponibilidade de fontes de carbono, nitrogênio e vitaminas para o metabolismo dos microrganismos (JÚNIOR et al., 2016).

A fermentação em meio sólido pode apresentar alguns grandes desafios com relação a homogeneidade dos substratos, limitações nos processos de transferência de massa e dificuldades operacionais em geral. Entretanto, a possibilidade de aplicação de diversos materiais como subprodutos agroindustriais de baixo custo torna este tipo de tecnologia muito interessante. O aumento do conteúdo de água livre no meio de fermentação também é um fator que pode reduzir possíveis inconvenientes do processo.

As técnicas de FES e FSS vêm sendo amplamente empregadas nos mais variados processos de obtenção de enzimas microbianas como hidrolases (CASTRO et al., 2015), tanases (NI et al., 2015), peroxidases de manganês (LI et al., 2014), proteases (ABRAHAM et al., 2014), etc. A produção de diversas lipases por tecnologias semelhantes também tem sido aplicada com os mais variados substratos sólidos como produtos do processamento de suco de laranja (OKINO-DELGADO & FLEURY, 2007), sementes de *Leucaena leucocephala* (SINGH et al., 2014), farelo de cacau (AMORIM et al., 2013), farelo de soja, farelo de arroz e bagaço de cana (FERRAZ et al., 2012; RIGO et al., 2010), resíduo de mamona (GODOY et al., 2009), bolo de óleo de babaçu (GUTARRA et al., 2009; GOMBERT et al., 1999), resíduo de melão (ALKAN et al., 2007), farinha de amêndoa (IDREES & RAJOKA et al., 2002) dentre vários outros substratos.

Microrganismos do gênero *Geotrichum* também vem sendo aplicados em diferentes processos de fermentação semi-sólida, tais como: detoxificação (SUN et al., 2008), aumento de valor nutricional (ZHANG et al., 2006), produção de enzimas como inulinase e poligalacturonase (CANIL & KURBANOGLU, 2012; IIIKOVÁ et al, 2012), produção de etanol (WANG & LIU, 2009), crescimento celular (ALDARF et al., 2004 e 2005), bioconversão de lipídeos (KHORAMMIA et al., 2014), dentre outros. Entretanto não foram encontrados relatos na literatura até o momento da aplicação da FES com *Geotrichum candidum* para produção de lipases.

Diante das diversas aplicações em fermentação semi-sólida citadas tanto para

lipases como para cultivo de *Geotrichum*, o presente estudo teve como objetivo avaliar as condições para produção de lipase por fermentação semi-sólida (FSS) por *Geotrichum candidum* NRRLY-552 utilizando torta de milho, um subproduto do processamento do milho.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Inóculo

Geotrichum candidum NRRLY-552 foi cultivado em meio Yeast Malt Agar [0,3% m/v de extrato de levedura; 0,3% m/v de extrato de malte; 0,5% m/v de peptona; 1,0% m/v de glicose e 3% m/v de ágar] por 72 horas a 30°C. Após este período, uma área circular ($\phi = 1$ cm) do meio sólido contendo esporos do microrganismo foi recortada com auxílio de um tubo de ensaio estéril e transferida para um recipiente contendo água estéril para preparar uma suspensão de esporos (Maldonado et al., 2014A and 2014B). A quantidade de água adicionada variou em cada experimento de acordo com a umidade final fixada para cada condição. Esta suspensão foi utilizada como inóculo sobre o substrato sólido (torta de milho).

2.2 Fermentação Semi-Sólida

O substrato empregado para o cultivo de *G. candidum* e a produção de lipase foi a torta de milho [18,2% (m/m) de proteína, 8,4% (m/m) de óleo e 10% (m/m) de umidade], um subproduto sólido obtido da extração da torta de germe do milho, substrato este gentilmente doado por uma empresa de processamento de milho da região de Mogi Guaçu, São Paulo, Brasil.

Na primeira etapa do estudo foram empregados Erlenmeyers de 400 mL com quantidade total de substrato sólido de 60 g de torta de milho suplementada com NH_4Cl , óleo de milho e água destilada de forma que as concentrações do meio atingissem 5% (m/m) de nitrogênio total, 12,5% (m/m) de óleo de milho e 30% (m/m) de umidade (em base seca). Após a inoculação, os frascos foram mantidos em estufa a 35°C, sem agitação, por 48 horas e foram coletadas amostras de 2 g do material fermentado em 24 e 48 horas para determinação da atividade lipolítica.

Com base nos resultados apresentados na primeira etapa, foi realizado um delineamento fatorial fracionário 2^{4-1} para avaliar as variáveis independentes: concentrações de nitrogênio total (4-6% m/m), de óleo de milho (10-15% m/m), de umidade (20-40% m/m) e quantidade de substrato sólido (20-60 g). Todas as concentrações foram calculadas como sendo a quantidade em massa do nutriente pela quantidade em massa do substrato seco (% m/m). As condições de cada ensaio realizado encontram-se na Tabela 2. Para atingir as concentrações indicadas no

delineamento, a torta de milho foi suplementada com quantidades suficientes de NH_4Cl , óleo de milho e água. As fermentações foram realizadas em Erlenmeyers de 400 mL acondicionados em estufa a 35°C sem agitação. Foram coletadas amostras de 2 g do fermentado nos tempos de 24, 48 e 72 horas para determinação da atividade de lipase.

Na terceira etapa, foram realizados novos experimentos variando-se apenas a concentração de nitrogênio total no meio em 6, 8 e 10% (m/m) com as demais variáveis fixas em 15% m/m de óleo, 40% m/m de umidade e 60 g de substrato. Estas fermentações foram realizadas em triplicata em Erlenmeyers de 400 mL acondicionados em estufa a 35°C , sem agitação, e foram coletadas amostras de 2 g do material fermentado nos tempos de 24, 48 e 72 horas para determinação da atividade de lipase.

2.3 Determinação da atividade de lipase

As amostras de material fermentado (2 g) foram misturadas e homogeneizadas com 10 mL de água destilada e este material foi utilizado para determinação da atividade de lipase, realizada por método titulométrico. Para isto, preparou-se uma emulsão composta por goma arábica (7% m/v) e óleo de oliva, na proporção de 75:25% (v/v), respectivamente. A mistura foi homogeneizada utilizando um mixer por 3 minutos. Em seguida, 5 mL da emulsão foram misturados com 2 mL de solução tampão fosfato 0,1 mol/L (pH = 7,0) e adicionou-se 1 g da amostra preparada conforme descrito anteriormente. O sistema de reação foi incubado a 40°C por 30 minutos em banho termostaticado com agitação de 200 rpm. Após este período a reação enzimática foi paralisada pela adição de 10 mL de uma solução de acetona:etanol (1:1 v/v) e os ácidos graxos liberados foram titulados utilizando-se solução de NaOH 0,05 mol/L e fenolftaleína como indicador. Realizou-se uma determinação em branco e a concentração de ácidos graxos liberados pela enzima foi determinada através de uma curva padrão de ácido oléico. O valor da atividade enzimática foi expresso em U/g de substrato seco, sendo que uma unidade (U) é definida como a quantidade de enzima que libera 1 μmol de ácido graxo por minuto de reação (Macedo & Pastore, 1997, Maldonado et al., 2012A and 2014A).

2.4 Análise estatística dos resultados

Para o delineamento fatorial fracionário 2^{4-1} os resultados obtidos foram analisados através dos efeitos principais das variáveis estudadas. Nos experimentos univariáveis os dados foram analisados por análise de variância e através do teste de média de Tukey com nível de confiança de 95% ($p < 0,05$) com o auxílio do programa Statistica 8.0 - StatSoft®.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no primeiro experimento para produção de lipase por *Geotrichum candidum* NRRLY-552 usando fermentação semi-sólida em torta de milho estão apresentados na Tabela 1. A partir destes resultados, foi possível verificar que *G. candidum* foi capaz de produzir lipase utilizando torta de milho suplementada como substrato dentro das condições analisadas.

Experimento	Atividade da lipase (U/g)*	
	24 h	48 h
1	2,89	13,06
2	20,51	16,81
3	20,51	15,88

Tabela 1 – Produção de lipase em fermentação semi-sólida (FSS) por *Geotrichum candidum* com 60 g de torta de milho suplementada até uma composição final (m / m) de: 5% de nitrogênio, 12,5% de óleo de milho e 30% de umidade. Os experimentos foram realizados a 35° C sem agitação.

*1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

Uma vez confirmada a capacidade de produção de lipase em torta de milho, foi realizado um delineamento fatorial fracionário (2^{4-1}) para avaliar as variáveis independentes: concentração de nitrogênio total, concentração de óleo de milho, umidade e quantidade de substrato sendo a atividade lipolítica a variável resposta analisada, a matriz do planejamento e os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. A partir dos dados obtidos foi possível calcular o efeito de cada uma das variáveis sobre a produção de lipase. A Tabela 3 apresenta os efeitos calculados para os tempos de 24 e 48h, em que foram observadas maiores atividades lipolíticas.

Corrida	Nitrogênio (% m/m)	Óleo de milho (%m/m)	Umidade (%m/m)	Torta de milho (g)	Atividade da lipase (U/g)*		
					24h	48h	72h
1	4,0(-1)	10(-1)	20(-1)	20 (-1)	8,29	7,09	2,27
2	6,0 (+1)	10 (-1)	20 (-1)	60 (+1)	11,86	3,46	9,46
3	4,0(-1)	15(+1)	20 (-1)	60 (+1)	5,84	5,84	0,00
4	6,0 (+1)	15(+1)	20 (-1)	20 (-1)	11,79	14,18	7,03
5	4,0(-1)	10 (-1)	40 (+1)	60 (+1)	8,15	3,99	3,99
6	6,0 (+1)	10 (-1)	40 (+1)	20 (-1)	16,37	10,85	6,72
7	4,0(-1)	15(+1)	40 (+1)	20 (-1)	5,32	9,42	5,32
8	6,0(+1)	15(+1)	40 (+1)	60 (+1)	18,92	21,64	16,19
9	5,0 (0)	12,5 (0)	30 (0)	40 (0)	11,42	7,57	5,00
10	5,0 (0)	12,5 (0)	30 (0)	40 (0)	10,13	5,00	5,00
11	5,0 (0)	12,5 (0)	30 (0)	40 (0)	8,85	6,28	7,57

Tabela 2 - Delineamento Fatorial Fracionário 2^{4-1} para produção de lipase por fermentação semi-sólida (FSS) por *Geotrichum candidum*, com a composição (% m/m) de nitrogênio total, óleo

de milho, umidade e torta de milho (como substrato sólido) as quatro variáveis independentes estudadas e a atividade da lipase a variável resposta analisada. Os experimentos foram realizados a 35° C sem agitação.

*1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

Variáveis (% m/m)	24h				48 h			
	Efeito (U/g)*	Erro padrão (U/g)*	t(6)	p	Efeito (U/g)*	Erro padrão (U/g)*	t(6)	p
Média	10,59	0,71	14,97	<0,01*	9,21	1,08	8,46	<0,01*
Nitrogênio	7,84	1,63	4,80	< 0,01*	5,94	2,51	2,37	0,05*
Óleo de milho	-0,43	1,63	-0,27	0,79	6,82	2,51	2,84	0,03*
Umidade	2,74	1,63	1,68	0,14	3,82	2,51	1,52	0,18
Torta de milho	0,74	1,63	0,46	0,66	-1,66	2,51	-0,66	0,53

Tabela 3 – Análise do efeito da composição do meio na atividade da lipase após 24 e 48 h de fermentação a partir do Delineamento Fatorial Fracionário 2⁴⁻¹ com *Geotrichum candidum* na fermentação semi-sólida em torta de milho como substrato sólido.

1 μmol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

^aValores estatisticamente significativos para $p \leq 0,05$.

A análise dos efeitos (Tabela 3) mostrou que, em média, a produção de lipase foi maior no tempo de 24 horas do que em 48 horas. Após 24 horas de fermentação apenas a concentração de nitrogênio apresentou um efeito positivo e estatisticamente significativo ($p < 0.05$) de 7.84 U/g. Já para o tempo de 48 horas de fermentação, além da concentração de nitrogênio, também a concentração de óleo de milho apresentou um efeito positivo e estatisticamente significativo ($p = 0.03$) de 6.82 U/g.

De posse destes resultados, foram estabelecidas novas condições para a produção de lipase por *Geotrichum candidum* utilizando a torta de milho suplementada como substrato. Foram avaliadas as concentrações de 6, 8 e 10% (m/m) para o nitrogênio total tendo em vista seu efeito positivo e significativo nos dois tempos de fermentação analisados. O óleo de milho teve sua composição fixa no nível +1 (15 % m/m) devido ao seu efeito significativo em 48 h; já a umidade e a quantidade de torta de milho foram fixadas nas condições que resultaram no maior valor de atividade lipolítica (ensaio 8): 40% (m/m) de umidade e 60 g de torta de milho. Os resultados obtidos nesta etapa de estudo univariável estão apresentados na Tabela 4.

Nitrogênio Total (% m/m)	Atividade lipolítica (U/g)*		
	24 h	48h	72h
6	9,2 ± 2,1	12,4 ± 3,6	7,4 ± 3,9
8	6,9 ± 1,4	11,0 ± 2,7	6,9 ± 3,6
10	17,3 ± 4,1	29,4 ± 2,1	26,2 ± 3,4

Tabela 4 – Influência da concentração total de nitrogênio (% m/m) na produção de lipase por

Geotrichum candidum em fermentação semi-sólida (FSS) com torta de milho como substrato sólido. Os experimentos foram realizados em triplicata, a 35° C sem agitação e com as composições fixas (% m/m) de 15% de óleo de milho e 40% de umidade.

*1 μ mol de ácido graxo livre liberado por minuto por grama de peso seco do substrato

De acordo com a Tabela 4, verificou-se que as maiores produções de lipase ocorreram depois de 48 horas de fermentação, fato este que está de acordo com o que foi observado na melhor condição do delineamento fracionário (ensaio 8, Tabela 2). Sendo assim, para comparar as três condições avaliadas foi feita a análise de variância (ANOVA) para produção de lipase no tempo de 48 horas de fermentação conforme apresentado na Tabela 5.

Fonte de variação	Grau de liberdade	SQ	SQM	F-value	p-value
Ensaios	2	628,81	314,41	26,52	<0,01*
Replicas	2	1,62	0,81	0,07	0,93
Resíduo	4	47,42	11,85		
Total	8	677,84			

Tabela 5 – Análise de variância (ANOVA) para a produção de lipase por *Geotrichum candidum* em fermentação semi-sólida (SSF) com torta de milho.

*Valor estatisticamente significativo a $p \leq 0,05$

A análise de variância (Tabela 5) demonstrou que existe diferença significativa ($p < 0,01$) entre as três concentrações de nitrogênio avaliadas (6, 8 e 10 %) e que não há diferença significativa entre as replicatas realizadas em cada condição ($p = 0,93$). A partir disso foi feito um teste de média de Tukey para determinar a menor diferença significativa (MDS) com $p < 0,05$. O resultado obtido foi MDS = 10,02, o que indica que as condições 6% e 8% são estatisticamente iguais (diferença de média = 1,4) e a condição 10% é estatisticamente diferente tanto da condição 6% (diferença de média = 17) quanto da condição 8% (diferença de média = 18,4).

Dessa forma, a melhor condição para produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação semi-sólida utilizando torta de milho suplementada foi de 10% (m/m) de nitrogênio total, 15% (m/m) de óleo de milho, 40% (m/m) de umidade e 60 g de torta de milho como substrato, que levou a uma produção de 29,4 U/g de substrato seco após 48 horas de fermentação a 35°C sem agitação, dentro das condições avaliadas.

Comparativamente, a produção de lipase obtida por *Geotrichum candidum* em fermentação semi-sólida usando torta de milho foi menor do que a obtida com *Penicillium simplicissimum* usando torta de babaçu (90 U/g), com *Penicillium* sp. utilizando farelo de soja (140 U/g) e com *Aspergillus niger* utilizando borra de milho (329 U/g) (Gutarra et al., 2009; Rigo et al., 2010). Entretanto, os resultados obtidos

são comparáveis aos obtidos com *Penicillium simplicissimum* utilizando resíduo de mamona (44,8 U/g), *Penicillium restrictum* utilizando resíduo de babaçu (30,3 U/g) e maior do que com *Aspergillus niger* utilizando farelo de cacau (11,67 U/g) (GODOY et al., 2009; GOMBERT et al., 1999; AMORIM et al., 2013).

Em relação aos substratos utilizados, FERNANDES (2007) verificou um aumento na produção de lipase utilizando a torta de milho suplementada com óleo de milho por *Burkholderia cepacia* com o aumento da concentração de óleo de milho de 0 para 5% na fermentação semi-sólida com 55% de umidade e temperatura de 29°C. Em outro trabalho, DAMASO et al. (2008) obtiveram uma produção de 62,7 U/g de lipase de *Aspergillus niger* utilizando borra de milho como indutor em fermentação em estado sólido.

A respeito do microrganismo utilizado, não foram encontrados na literatura relatos da utilização do *Geotrichum candidum* para produção de lipase por fermentação semi-sólida. No entanto, os resultados obtidos nesse estudo foram superiores ou similares aos valores encontrados para produção da lipase de *Geotrichum candidum* em fermentação submersa, que de acordo com a literatura consultada variaram entre 11 e 31 U/mL (JÚNIOR et al. 2016; RIBEIRO & MALDONADO, 2014; MALDONADO et al., 2015, 2014A e 2014 B; MALDONADO et al., 2012A e 2012B; ASSES et al., 2009; BURKERT et al., 2005).

4 | CONCLUSÃO

O estudo trouxe como novidade a aplicação da fermentação semi-sólida na produção de lipase por *Geotrichum candidum*, ainda não relatada na literatura. A produção de lipases por *Geotrichum candidum* utilizando torta de milho suplementada como substrato mostrou ser um processo viável do ponto de vista da obtenção da enzima. A melhor condição para produção da enzima foi obtida utilizando-se 60 g de torta de milho suplementada com NH_4Cl , óleo de milho e água para atingir as concentrações de 10% m/m de nitrogênio, 15% m/m de lipídeos e 40% m/m de umidade que levou a produção de 29,4 U/g de lipase após 48 horas de fermentação a 35°C. A produção de lipase obtida foi comparável aos dados citados na literatura tanto para produção de lipase utilizando *Geotrichum candidum* quanto para processos de produção de lipase por FSS.

REFERÊNCIAS

ABRAHAM, J.; GEA, T. & Sánchez, A. **Substitution of chemical dehairing by proteases from solid-state fermentation of hair wastes.** *Journal of Cleaner Production*, v. 74, p. 191-198, 2014.

ALDARF, M.; FOURCADE, F & AMRANE, A. **Solid-state culture of *Geotrichum candidum* and**

***Penicillium camembertii* on a glutamate and lactate based medium.** *Enzyme and microbial technology*, v. 36(2-3), p. 159-167, 2005.

ALDARF, M.; FOURCADE, F.; AMRANE, A. & PRIGENT, Y. **Diffusion of lactate and ammonium in relation to growth of *Geotrichum candidum* at the surface of solid media.** *Biotechnology and Bioengineering*, v. 87(1), p. 69-80, 2004.

ALKAN, H.; BAYSAL, Z.; UVAR, F & Dogru, M. **Production of lipase by a newly isolated *Bacillus coagulans* under solid-state fermentation using melon wastes.** *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 136(2), p. 183-192, 2007.

AMORIM, G. M.; DOS SANTOS, T. C.; PACHECO, C. S. V.; BARRETO, I. M. A.; FREIRE, D. M. G. & FRANCO, M. **Fermentação de farelo de cacau por *Aspergillus niger* para obtenção de lipase.** *Estudos Tecnológicos em Engenharia*, 8(1), 24-27, 2013.

ARAÚJO, L.T.C. **Aplicações de lipases. Monografia,** Pós-Graduação em Microbiologia, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

ASSES, N.; AYED, L.; BOUALLAGUI, H.; REJEB, I. B.; GARGOURI, M. & HA,DI, M. **Use of *Geotrichum candidum* for olive mill wastewater treatment in submerged and static culture.** *Bioresource Technology*, v. 100(7), p. 2182-2188, 2009.

BAADHE, R.R.; POTUMARTHI, R. & GUPTA, V.K. **Lipase-Catalyzed Biodiesel Production: Technical Challenges.** In *Bioenergy Research: Advances and Applications* (pp. 119-129). Elsevier, 2014.

BURKERT, J. F. D. M.; MALDONADO, R. R.; FILHO, F. M. & RODRIGUES, M. I. **Comparison of lipase production by *Geotrichum candidum* in stirring and airlift fermenters.** *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, v. 80(1), p. 61-67, 2005.

BRABCOVÁ, J., DEMIANOVÁ, Z., VONDRÁSEK, J.; JÁGR, M.; ZAREVÚCKA, M. & PALOMO, J. M. **Highly selective purification of three lipases from *Geotrichum candidum* 4013 and their characterization and biotechnological applications.** *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 98, p. 62-72, 2013.

CANI, O. & KURBANOGU, E. B. **Application of low magnetic field on inulinase production by *Geotrichum candidum* under solid state fermentation using leek as substrate.** *Toxicology and industrial health*, v. 28(10), p. 894-900, 2012,

CASTRO, A. M.; CASTILHO, L. R. & FREIRE, D. M. **Performance of a fixed-bed solid-state fermentation bioreactor with forced aeration for the production of hydrolases by *Aspergillus awamori*.** *Biochemical Engineering Journal*, v. 93, p. 303-308, 2015.

DAMASO, M. C. T., PASSIANOTO, M. A., FREITAS, S. C. D., FREIRE, D. M. G., LAGO, R. C. A. & COURI, S. **Utilization of agroindustrial residues for lipase production by solid-state fermentation.** *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 39(4), p. 676-681, 2008.

FERNANDES, M.L.M. **Produção de lipases por fermentação no estado sólido e sua utilização em biocatálise.** *Tese de doutorado*, Universidade Federal do Paraná, 2007.

FERRAZ, L. R.; DE OLIVEIRA, D. D. S.; SILVA, M. F.; RIGO, E.; DI LUCCIO, M.; OLIVEIRA, J. V.; OLIVEIRA, D. & TREICHEL, H. **Production and partial characterization of multifunctional lipases by *Sporobolomyces ruberrimus* using soybean meal, rice meal and sugarcane bagasse as substrates.** *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 1(3), p. 243-252, 2012.

GERVAIS, P. & MOLIN, P. **The role of water in solid-state fermentation.** *Biochemical Engineering Journal*, v. 13(2-3), p. 85-101, 2003.

GODOY, M. G.; GUTARRA, M. L.; MACIEL, F. M., FELIX, S. P.; BEVILAQUA, J. V.; MACHADO, O. L. & FREIRE, D. M. **Use of a low-cost methodology for biodegradation of castor bean waste and lipase production.** *Enzyme and Microbial Technology*, v. 44(5), p. 317-322, 2009.

GOMBERT, A. K.; PINTO, A. L., CASTILHO, L. R. & FREIRE, D. M. **Lipase production by *Penicillium restrictum* in solid-state fermentation using babassu oil cake as substrate.** *Process Biochemistry*, v. 35(1-2), p. 85-90, 1999.

GUTARRA, M. L., GODOY, M. G., MAUGERI, F., RODRIGUES, M. I.; FREIRE, D. M. & CASTILHO, L. R. **Production of an acidic and thermostable lipase of the mesophilic fungus *Penicillium simplicissimum* by solid-state fermentation.** *Bioresource Technology*, v. 100(21), p. 5249-5254, 2009.

IDREES, S. & RAJOKA, M. I. **Production of lipases by *Rhizopus oligosporus* by solid-state fermentation.** *Process Biochemistry*, v. 37(6), p. 637-641, 2002.

IIKOVÁ, K.; ZEMKOVÁ, Z., FLODROVÁ, D.; JAGER, J.; BENKOYSKÁ, D.; OMELKOVÁ, J. & STRATILOVÁ, E. **Production of *Geotrichum candidum* polygalacturonases via solid state fermentation on grape pomace.** *Chemical Papers*, v. 66(9), p. 852-860, 2012.

JÚNIOR, W.G.M.; KAMIMURA, E. S.; PESSELA, B. C.; CARDOSO, V. L. & de RESENDE, M. M. **Optimization of the production and characterization of lipase from *Candida rugosa* and *Geotrichum candidum* in soybean molasses by submerged fermentation.** *Protein Expression and Purification*, 123, 26-34; 2016.

LI, H.; ZHANG, R.; TANG, L.; ZHANG, J. & MAO, Z. **Manganese peroxidase production from cassava residue by *Phanerochaete chrysosporium* in solid state fermentation and its decolorization of indigo carmine.** *Chinese Journal of Chemical Engineering*, v. 23(1), p. 227-233, 2015.

MACEDO, G. A. & PASTORE, G. M. **Lipases microbianas na produção de ésteres formadores de aroma.** *Food Science and Technology (Campinas)*, 17(2), 115-119, 1997.

MALDONADO, R. R.; LOPES, D. B.; AGUIAR-OLIVEIRA, E., KAMIMURA, E. S. & MACEDO, G. A. **A review on geotrichum lipases: production, purification, immobilization and applications.** *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, v. 30(4), p. 439-454. 2016.

MALDONADO, R. R., AGUIAR-OLIVEIRA, E., POZZA, E. L., COSTA, F. A. A., MAZUTTI, M. A., MAUGERI, F. & RODRIGUES, M. I. **Application of yeast hydrolysate in extracellular lipase production by *Geotrichum candidum* in shaken flasks, stirred tank, and airlift reactors.** *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, v. 93(9), p. 1524-1530, 2015.

MALDONADO, R. R.; AGUIAR-OLIVEIRA, E., POZZA, E. L., COSTA, F. A. A., MAUGERI FILHO, F., & RODRIGUES, M. I. **Production of lipase from *Geotrichum candidum* using corn steep liquor in different bioreactors.** *Journal of the American Oil Chemists' Society*, v. 91(12), p. 1999-2009, 2014A.

MALDONADO, R. R., MACEDO, G. A. & RODRIGUES, M. I. **Lipase production using microorganisms from different agro-industrial by-products.** *International Journal of Applied Science and Technology*, v. 4(1), p.108-115, 2014B

MALDONADO, R. R., BURKET, J. F. M., MAZUTTI, M. A., MAUGERI, F. & RODRIGUES, M. I. **Evaluation of lipase production by *Geotrichum candidum* in shaken flasks and bench-scale stirred bioreactor using different impellers.** *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, v. 1(2), p. 147-151, 2012A.

MALDONADO, R. R.; PANCIERA, L. A.; MACEDO, A. G.; MAZUTTI, M. A.; MAUGERI, F. & RODRIGUES, I. M. **Improvement of lipase production from *Geotrichum sp.* in shaken**

flasks. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly/CICEQ*, v. 18(3), p. 459-464, 2012B.

MAZZEU, C. J., RAMOS, E. Z., DA SILVA CAVALCANTI, M. H., HIRATA, D. B. & VIRTUOSO, L. S. **Partitioning of *Geotrichum candidum* Lipase from fermentative crude extract by aqueous two-phase system of polyethylene glycol and sodium citrate.** *Separation and Purification Technology*, v. 156, p. 158-164, 2015.

NI, H.; CHEN, F.; JIANG, Z. D.; CAI, M. Y.; YANG, Y. F.; XIAO, A. F. & Cai, H. N. **Biotransformation of tea catechins using *Aspergillus niger* tannase prepared by solid state fermentation on tea byproduct.** *LWT-Food Science and Technology*, v. 60(2), p. 1206-1213, 2015.

OKINO-DELGADO, C. H. & FLEURI, L. F. **Obtaining lipases from byproducts of orange juice processing.** *Food Chemistry*, v. 163, p. 103-107, 2014.

PANDEY, A.; SOCOOL, C. R., & MITCHELL, D. **New developments in solid state fermentation: I-bioprocesses and products.** *Process Biochemistry*, v. 35(10), p.1153-1169, 2000.

RIBEIRO, E., MALDONADO, R.R. **Produção de lipase de *Geotrichum candidum* por fermentação submersa utilizando subprodutos do processamento do milho.** *Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química*, Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, 2014.

RIGO, E.; NINOW, J. L.; DI LUCCIO, M., OLIVEIRA, J. V.; POLLONI, A. E., REMONATTO, D., & Treichel, H. **Lipase production by solid fermentation of soybean meal with different supplements.** *LWT-Food Science and Technology*, v.43(7), p.1132-1137, 2010.

SALIHU, A. & ALAM, M. Z. **Solvent tolerant lipases: a review.** *Process Biochemistry*, v. 50(1), p. 86-96, 2015.

SINGH, M. K.; SINGH, J.; KUMAR, M. & THAKUR, I. S. **Novel lipase from basidiomycetes *Schizophyllum commune* ISTL04, produced by solid state fermentation of *Leucaena leucocephala* seeds.** *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, v. 110, p. 92-99, 2014.

STERGIOU, P. Y.; FOUKIS, A.; FILIPPOU, M.; KOUKORITAKI, M.; PARAPOULI, M.; THEODOROU, L. G. & PAPAMICHAEL, E. M. **Advances in lipase-catalyzed esterification reactions.** *Biotechnology Advances*, v. 31(8), p. 1846-1859, 2013.

SUN, Z. T.; LIU, C. & Du, J. H. **Optimisation of fermentation medium for the detoxification of free gossypol in cottonseed powder by *Geotrichum candidum* G07 in solid-state fermentation with response surface methodology.** *Annals of Microbiology*, v. 58(4), p.683, 2008.

TREICHEL, H.; DE OLIVEIRA, D.; MAZUTTI, M. A.; DI LUCCIO, M. & OLIVEIRA, J. V. **A review on microbial lipases production.** *Food and bioprocess technology*, v. 3(2), p. 182-196, 2010.

WANG, F. & LIU, C. Z. **Development of an economic refining strategy of sweet sorghum in the Inner Mongolia region of China.** *Energy & Fuels*, v. 23(8), p. 4137-4142, 2009.

ZHANG, J.; SHI, H.; WU, D.; XING, Z.; ZHANG, A.; YANNG, Y. & LI, Q. **Recent developments in lipase-catalyzed synthesis of polymeric materials.** *Process Biochemistry*, v. 49(5), p. 797-806, 2014.

ZHANG, Y.; LIN, S. M., ZHU, Y. J; LIU, C. J.; DONG, Y.; LI, F. F. & ZHANG, J. H. **Protoplast fusion between *Geotrichum candidum* and *Phanerochaete chrysosporium* to produce fusants for corn stover fermentation.** *Biotechnology Letters*, v. 28(17), p.1351-1359, 2006.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Aço inoxidável 17-4 PH 173

Agricultura 356

Análise química 2, 216, 219, 222

Astronomia 146, 254, 255, 256, 262

Aterro sanitário 148, 150

Auditório 231, 232, 233, 234, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246

B

Balística 1, 10

C

Cálculo integral 162

Camada de cobertura 147, 148

Cavidades naturais 132, 146

Ciência da computação 301, 302, 303, 304, 307

Consumo de energia 11, 12, 14, 40, 46, 47, 48

Criança e adolescente 184

Cubo da soma 102, 109, 110, 111

D

Definição sonora 231, 236, 238, 239, 241, 242, 243, 244, 245

Dfa 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 36

Diabetes mellitus 24, 35, 36

Diagrama v 288, 289, 290, 291, 292, 296, 298, 299, 300

Doença celíaca 331, 332, 335, 336

E

Educação estatística 37, 53, 54

Ensino da matemática 65, 112, 162

Ensino de ciências 82, 83, 85, 87, 88, 91, 92, 93, 99

Envelhecimento por precipitação 172, 173, 181

Espectrometria de absorção atômica 3, 331, 332, 336

F

Fermentação semi-sólida 308, 310, 311, 313, 314, 315, 316

Fitopatógenos 247

Formação de professores 56, 63, 96, 165, 170

Fusão 221, 254, 257, 260, 261, 302

G

Gerenciamento 14, 23, 225, 226, 227, 230, 338, 355, 356

H

Hiperramificados 263, 265, 266, 267, 270, 273, 274

Hospitalização 24, 32, 34

I

Inundações 337, 338, 339, 340, 341, 343, 349, 351, 353, 354

Isolamento sonoro 70

L

Lei 12.305/2010 226

Lipase 308, 309, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319

M

Medicina 168, 263, 273, 301, 304, 305, 307

Medidas de dispersão 37, 187

Método alternativo 113, 114, 130

Método científico 288, 289, 290, 299

Modelagem matemática 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69

Modelo presa-predador 277

Monitoramento sismográfico 132, 133, 134, 138

O

Óleo de pracaxi 207, 208, 209, 212, 213

P

Perfil socioeconômico 337, 338, 341, 349, 353

Polímeros 213, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 271, 272, 273, 274

Q

Quadrado da soma 102, 104, 106, 107

Química forense 1, 3

Quitosana 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213

R

Reciclagem 226, 229, 230

Recomendação 26, 320, 321, 322, 324, 325, 326, 329

Ruído de impacto 70, 71, 72, 76, 78, 80

S

Sedimentologia 216, 219

Sistema embarcado 11, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 22

Sistemas 12, 15, 22, 23, 35, 70, 71, 72, 73, 77, 79, 80, 147, 167, 168, 190, 203, 248, 263, 264, 265, 272, 274, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 320, 321, 322, 323, 325, 329, 356, 357

T

Taxa de fotossíntese 277

Teorema 114, 115, 116, 117, 118, 120, 122, 125, 126, 130, 292

U

Uso de recurso tecnológico 82

V

Violência 2, 9, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

 **Atena**
Editora

2 0 2 0