

Benedito Rodrigues da Silva Neto
(Organizador)

Pesquisa Científica e Tecnológica em Microbiologia 3



Benedito Rodrigues da Silva Neto
(Organizador)

Pesquisa Científica e Tecnológica em Microbiologia 3



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: Luiza Batista

Edição de Arte: Luiza Batista

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

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

Prof. Dr. Gustavo Henrique Cepolini Ferreira – Universidade Estadual de Montes Claros

Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele 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

Prof. Dr. Luis Ricardo Fernando da Costa – Universidade Estadual de Montes Claros

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
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. 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
Profª Drª Eysler Gonçalves Maia Brasil – Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando 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
Prof. Dr. Luís Paulo Souza e Souza – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Marcus Fernando da Silva Praxedes – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
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
Prof^a Dr^a 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
Prof^a Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof^a Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof^a Dr^a 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. Me. Adalto Moreira Braz – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof^a Dr^a Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof^a Dr^a Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Prof^a Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Prof^a 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^a Dr^a Cláudia Taís Siqueira Cagliari – Centro Universitário Dinâmica das Cataratas
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof^a Ma. Daniela da Silva Rodrigues – Universidade de Brasília
Prof^a 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. Eduardo Gomes de Oliveira – Faculdades Unificadas Doctum de Cataguases
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Prof. Me. Euvaldo de Sousa Costa Junior – Prefeitura Municipal de São João do Piauí
Prof^a Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Dr. Fabiano Lemos Pereira – Prefeitura Municipal de Macaé
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Prof^a Dr^a Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Me. Gustavo Krahl – Universidade do Oeste de Santa Catarina
Prof. Me. Helton Rangel Coutinho Junior – Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro
Prof^a Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Prof^a Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. Jhonatan da Silva Lima – Universidade Federal do Pará
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
 Profª Drª Kamilly Souza do Vale – Núcleo de Pesquisas Fenomenológicas/UFPA
 Profª Drª Karina de Araújo Dias – Prefeitura Municipal de Florianópolis
 Prof. Dr. Lázaro Castro Silva Nascimento – Laboratório de Fenomenologia & Subjetividade/UFPR
 Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
 Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
 Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
 Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
 Prof. Me. Lucio Marques Vieira Souza – Secretaria de Estado da Educação, do Esporte e da Cultura de Sergipe
 Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
 Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual do Paraná
 Prof. Dr. Michel da Costa – Universidade Metropolitana de Santos
 Prof. Dr. Marcelo Máximo Purificação – Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior
 Prof. Me. Marcos Aurelio Alves e Silva – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
 Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
 Prof. Me. Ricardo Sérgio da Silva – Universidade Federal de Pernambuco
 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)	
P474	<p>Pesquisa científica e tecnológica em microbiologia 3 [recurso eletrônico] / Organizador Benedito Rodrigues da Silva Neto. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-5706-143-5 DOI 10.22533/at.ed.435200107</p> <p>1. Microbiologia – Pesquisa – Brasil. I. Silva Neto, Benedito Rodrigues da.</p> <p style="text-align: right;">CDD 579</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

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

APRESENTAÇÃO

Temos o prazer de dar continuidade ao tema de microbiologia inter-relacionado à pesquisa científica e tecnológica iniciado pela editora no ano de 2019. Apresentamos aqui um novo volume deste contexto, denominado “Pesquisa científica e tecnológica em microbiologia, volume 3” contendo trabalhos e pesquisas desenvolvidas em diversos institutos do território nacional contendo análises de processos biológicos embasados em células microbianas ou estudos científicos na fundamentação de atividades microbianas com capacidade de interferir nos processos de saúde/doença.

A microbiologia é um vasto campo que inclui o estudo dos seres vivos microscópicos nos seus mais variados aspectos como morfologia, estrutura, fisiologia, reprodução, genética, taxonomia, interação com outros organismos e com o ambiente além de aplicações biotecnológicas. Como uma ciência básica a microbiologia utiliza células microbianas para analisar os processos fundamentais da vida, e como ciência aplicada ela é praticamente a linha de frente de avanços importantes na medicina, agricultura e na indústria.

A microbiologia como ciência iniciou a cerca de 200 anos, entretanto os avanços na área molecular como a descoberta do DNA elevou a um novo nível os estudos desses seres microscópicos, além de abrir novas frentes de pesquisa e estudo. Sabemos na atualidade que os microrganismos são encontrados em praticamente todos os lugares, e a falta de conhecimento que havia antes da invenção do microscópio hoje não é mais um problema no estudo, principalmente das enfermidades relacionadas aos agentes como bactérias, vírus, fungos e protozoários.

Temas ligados à pesquisa e tecnologia microbiana 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 saúde em seus aspectos microbiológicos. Portanto a obra propõe uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos em alguns campos da microbiologia, abrindo perspectivas futuras para os demais pesquisadores de outras subáreas da microbiologia.

Assim, desejo a todos uma ótima leitura!

Benedito Rodrigues da Silva Neto

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE FITOQUÍMICA E ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE EXTRATOS DA CASCA DOS FRUTOS DE <i>Hymenaea courbaril</i> L SOBRE <i>Staphylococcus aureus</i>	
Diogo Siebra Alencar Gleilton Weyne Passos Sales Suelen Carneiro de Medeiros Mary Anne Medeiros Bandeira Nádia Accioly Pinto Nogueira	
DOI 10.22533/at.ed.4352001071	
CAPÍTULO 2	12
ATIVIDADE ANTIBACTERIANA DE EXTRATOS DE FOLHAS E CASCA DE <i>Jacaratia spinosa</i> (Aubli) A. DC. (MAMOEIRO-BRAVO)	
Katiele Pelegrini João Augusto Firmino de Carvalho Jakson José Ferreira Graciele Fernanda de Souza Pinto	
DOI 10.22533/at.ed.4352001072	
CAPÍTULO 3	18
AVALIAÇÃO DA TOXICIDADE AGUDA E DA CITOTOXICIDADE DOS EXTRATOS ETANÓLICOS DA MACRÓFITA <i>Hydrocotyle bonariensis</i> Lam (APIACEAE)	
Andreza Larissa do Nascimento Joyce Bezerra Guedes Antônia Ângela Bezerra José Fabricio de Carvalho Leal Maria do Socorro Meireles de Deus Ana Paula Peron Márcia Maria Mendes Marques Duque Ana Carolina Landim Pacheco	
DOI 10.22533/at.ed.4352001073	
CAPÍTULO 4	35
O ESTADO DA ARTE DO COMPLEXO <i>Cryptococcus neoformans</i> E DA CRIPTOCOCOSE	
Lucas Daniel Quinteiro de Oliveira Lúcia Kioko Hasimoto e Souza Benedito Rodrigues da Silva Neto	
DOI 10.22533/at.ed.4352001074	
CAPÍTULO 5	57
<i>Corynebacterium pseudotuberculosis</i> PROTEIN EXTRACT INDUCES IP10 PRODUCTION IN BLOOD SAMPLES OF INDIVIDUALS WITH PULMONARY TUBERCULOSIS	
Rogério Reis Conceição Samanta Queiroz dos Santos Zunara Victória Santana Batista Ramon Mendes dos Santos Silvânia Maria Andrade Cerqueira Caio Lopes Borges Andrade Soraya Castro Trindade Fúlvia Soares Campos de Sousa Lília Ferreira de Moura-Costa Marcos Borges Ribeiro	

Roberto Meyer
Songelí Menezes Freire
DOI 10.22533/at.ed.4352001075

CAPÍTULO 6 66

EFFECTS OF SUB-INHIBITORY CONCENTRATION OF ANTIMICROBIALS IN *Bacteroides fragilis* STRAINS ISOLATED FROM INTRA-ABDOMINAL INFECTIONS

Marcela Abreu Menezes
Priscila Simão Costa
João Paulo Amaral Haddad
Cristina Dutra Vieira
Luiz de Macêdo Farias
Simone Gonçalves dos Santos

DOI 10.22533/at.ed.4352001076

CAPÍTULO 7 83

EFICÁCIA DE ÁLCOOL GEL COMO ANTIMICROBIANO DE SUPERFÍCIES INERTES

Cristiane Coimbra de Paula
Fabrício Caram Vieira
João Pedro Castoldo Passos
Caroline Aquino Vieira de Lamare
Walkiria Shimoya-Bittencourt

DOI 10.22533/at.ed.4352001077

CAPÍTULO 8 91

EVALUACIÓN DE GENES DE RESISTENCIA A ANTIMICROBIANOS EN BACTERIAS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL DE NOVILLOS ALIMENTADOS CON EXTRACTO DE ORÉGANO

Maria Juliana Moncada Diaz
Luciano Antônio Ritt
Michele Bertoni Mann
Ana Paula Guedes Frazzon
Jeverson Frazzon
Vivian Fischer

DOI 10.22533/at.ed.4352001078

CAPÍTULO 9 100

OBTENÇÃO DE CELULASES MICROBIANAS: UMA BREVE REVISÃO

Tatielle Pereira Silva
Alexsandra Nascimento Ferreira
Cledson Barros de Souza
Dávida Maria Ribeiro Cardoso dos Santos
Marta Maria Oliveira dos Santos
Hugo Juarez Vieira Pereira

DOI 10.22533/at.ed.4352001079

SOBRE O ORGANIZADOR..... 111

ÍNDICE REMISSIVO 112

OBTENÇÃO DE CELULASES MICROBIANAS: UMA BREVE REVISÃO

Data de aceite: 01/06/2020

Data de submissão: 29/04/2020

Tatielle Pereira Silva

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós Graduação em Química e
Biotecnologia, Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/3857886655819881>

Alexsandra Nascimento Ferreira

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós Graduação em Química e
Biotecnologia, Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/2304631709377574>

Cledson Barros de Souza

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós Graduação em Química e
Biotecnologia, Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/8206252182609269>

Dávida Maria Ribeiro Cardoso dos Santos

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós Graduação em Bioquímica e
Biologia Molecular, Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/8548200518407877>

Marta Maria Oliveira dos Santos

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós Graduação em Química e
Biotecnologia, Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/5925280745485828>

Hugo Juarez Vieira Pereira

Universidade Federal de Alagoas
Programa de Pós Graduação em Química e
Biotecnologia, Maceió – Alagoas
<http://lattes.cnpq.br/3682743268696668>

RESUMO: As celulases são enzimas hidrolíticas do complexo celulolítico que clivam as ligações O-glicosídicas da celulose, sendo divididas em três grupos, de acordo com o seu local de ação no substrato celulósico: endoglucanases (EnG), que dão início a hidrólise e clivam ligações internas da fibra celulósica, na região amorfa; exoglucanases (ExG), que atuam na região externa da celulose; e β -glicosidases (BG), que hidrolisam oligossacarídeos solúveis em glicose. Constituem uma grande proporção do grupo de enzimas coletivamente conhecidas como celulases, que estão entre as três enzimas mais vendidas em todo o mundo e têm aplicações em várias indústrias. São utilizadas para catalisar reações de vários processos em muitos setores industriais, como têxteis, papel, produtos farmacêuticos, alimentos e ração animal. Os custos para a produção de enzimas ainda é um impedimento, uma vez que, são macromoléculas de grande valor agregado, no entanto muitos estudos vêm sendo realizados

a fim de baratear os custos de produção, empregando técnicas tais como fermentação em estado sólido que utilizam resíduos agroindustriais como meio de cultura alternativo. Neste trabalho de revisão, pretendeu-se fornecer uma visão geral sobre as pesquisas que vêm sendo desenvolvidas para a obtenção, purificação e aplicação biotecnológica de celulases microbianas produzidas em meios de cultura de baixo custo.

PALAVRAS-CHAVE: Endoglucanase. Exoglucanase. β -glicosidase. Purificação. Fermentação.

OBTAINING MICROBIAL CELLULASES: A BRIEF REVIEW

ABSTRACT: Cellulases are hydrolytic enzymes of the cellulolytic complex that cleave the O-glycosidic bonds of cellulose, being divided into three groups, according to their site of action on the cellulosic substrate: endoglucanases (EnG), which initiate hydrolysis and cleave internal bonds cellulosic fiber, in the amorphous region; exoglucanases (ExG), which act on the outer region of the cellulose; and β -glycosidases (BG), which hydrolyze glucose-soluble oligosaccharides. They constitute a large proportion of the group of enzymes collectively known as cellulases, which are among the three best-selling enzymes worldwide and have applications in various industries. They are used to catalyze reactions of various processes in many industrial sectors, such as textiles, paper, pharmaceuticals, food and animal feed. The costs for the production of enzymes is still an impediment, since they are macromolecules of great added value, however many studies have been carried out in order to lower production costs, employing techniques such as solid state fermentation that use residues agribusiness as an alternative culture medium. In this review work, it was intended to provide an overview of the research that has been developed for obtaining, purifying and biotechnological application of microbial cellulases produced in low-cost culture media.

KEYWORDS: Endoglucanase. Exoglucanase. β -glycosidase. Purification. Fermentation.

1 | INTRODUÇÃO

Celulases são enzimas sintetizadas por uma grande diversidade de microrganismos, incluindo fungos e bactérias, durante seus crescimentos em materiais celulósicos. Estes microrganismos podem ser aeróbicos, anaeróbicos, mesofílicos ou termofílicos (SUN e CHENG, 2002). São enzimas hidrolíticas que compõem o grupo das celulases as endo-1,4- β -glucanases (EC 3.2.1.4), as exo-1,4- β -glucanases ou celobiohidrolases (EC 3.2.1.91) e as 1,4- β -glucosidases (EC 3.2.1.21) atuam de forma sinérgica na degradação da celulose.

Desempenha um papel fundamental na hidrólise da ligação β -1,4-glicosídica da celulose, um componente dominante da parede celular das plantas. A produção de celulases é uma importante área de pesquisa. No mercado industrial, ocupa a terceira posição no ranking mundial, representando 20% do volume total de enzimas comercializadas (YOON

et al., 2014). Podem ser obtidas por distintas técnicas, tais como a fermentação submersa e fermentação em estado sólido (KASANA et al., 2008). Possuem grande importância econômica, podendo ser aplicadas em uma ampla variedade de atividades industriais. As principais aplicações são nas indústrias alimentícias, ração animal, têxtil, detergente e cervejarias. Outras áreas incluem a indústria de polpa e papel, gestão de resíduos e indústria médico-farmacêutica (BHAT e BHAT, 2000).

Diante da importância desta temática, e ascensão do uso das celulases em diversos setores biotecnológicos e industriais, o presente trabalho teve como objetivo revisar a literatura acerca da obtenção de celulases microbianas, ressaltando suas principais características, as técnicas de fermentação utilizadas durante a sua produção, métodos de purificação e principais aplicações biotecnológicas.

2 | COMPLEXO CELULOLÍTICO

A celulose é o principal componente da parede celular das plantas, constituída de polímero de glicoses ligadas por ligação do tipo β -1-4. E muitos microrganismos possuem a capacidade de degradar a celulose para obter energia para seu desenvolvimento, entre eles estão: as bactérias e os fungos sejam filamentosos aeróbios ou anaeróbios ou leveduras. Os microrganismos utilizam um complexo celulolítico constituído por três enzimas: endoglucanases, β -glicosidase e exoglucanases (WANG et al., 2014).

A hidrólise completa da biomassa celulolítica requer o sinergismo das três enzimas do complexo celulolítico: endoglucanases (EC 3.2.1.4), exoglucanases (EC 3.2.1.91) e β -glicosidase (EC 3.2.1.21). Estruturalmente, as enzimas possuem dois domínios separados, o primeiro um domínio de ligação à celulose (CBM) e o segundo um domínio catalítico proeminente (CD) contendo resíduos ativos que formam uma fenda ou bolsa catalítica. Ambos os domínios de proteína modular são conectados por uma região de ligação flexível, rica em treonina e serina, e o CBM contém cerca de 35 resíduos de aminoácidos. As enzimas celulolíticas agem sinergicamente para converter a celulose em glicose, as endoglucanases atuam em primeiro lugar, clivando a cadeia linear de celulose, atuando nas ligações β -1-4 internas, posteriormente, as exoglucanases atuam em resíduos expostos pela ação da endoglucanase e liberam a celobiose que é convertido em glicose livre pela β -glicosidase (AKRAM et al., 2018; WATANABE and TOKUDA, 2010).

2.1 Características das endoglucanases

É responsável por iniciar a hidrólise dos polímeros de glicose, atuam em regiões aleatórias da cadeia, liberando novas extremidades na cadeia de celulose, que são alvos das exoglucanases. As endoglucanases com propriedades importantes quanto ao pH ótimo e temperatura ótima variam de acordo com os microrganismos de origem. Microrganismos termófilos como: *Sporotrichum sp.*, *Thermoascus aurantiacus*, *Talaromyces emersonii*,

apresentam atividade ideal a 70 a 80°C. (Ishihara et al., 1998, Murray et al., 2001), mostrando excelência estabilidade térmica. Contudo, a maioria das endoglucanases apresentam temperaturas ótimas entre 50° a 70°C (Dashtban and Qin, 2009), a exemplo da endoglucanase isolado do *Botrytis ricini*, que apresentou temperatura ótima de 50°C. (SILVA et al., 2018).

As endoglucanases fúngicas tem suas maiores atividades em pH 4,0 a 6,0, pHs acima de 7 reduzem significativamente a atividade das endoglucanases (QIN et al., 2008). Estudos sugerem que alterações em alguns resíduos de aminoácidos que aumentam a cadeia lateral hidrofóbica da enzima, aumentem a estabilidade da enzima em pH alto (QIN et al., 2008).

2.2. Características das exoglucanases

Na hidrólise da celulose as exoglucanases atuam nos oligossacarídeos provenientes da ação das endoglucanases, agem nas extremidades das cadeias gerando celobiose, um dissacarídeo que será hidrolisado pela β -glicosidase. (HAN and CHEN, 2010). A temperatura ótima das exoglucanases difere das endoglucanases, as exoglucanases atuam com máxima atividade com temperatura em torno de 30°C, com o aumento da temperatura observa-se uma diminuição da atividade enzimática. (HANIF et al., 2004). Segundo Hanif et al., 2004, o pH ótimo das exoglucanases é entre o pH 6,0 e 7,0. Duas faixas acima do pH ótimo para as endoglucanases.

2.3 Características das β -glicosidase

A última enzima do complexo enzimático a agir, atuando na hidrólise da celobiose, um dissacarídeo proveniente da ação das exoglucanases e gerando glicose livre. (SHASTRI, 2016). As β -glicosidases atuam clivando as ligações glicosídicas entre as moléculas de glicose.

A temperatura ótima para as β -glicosidase isoladas de fungos filamentosos variam entre 50° a 70°C, a exemplo da β -glicosidase isolada do *Penicillium sp* com atividade máxima entre 50° e 60°C.(ROSA et al., 2018). As maiores atividades das β -glicosidases em pH 4,0 a 5,0, em pH 6,0 a atividade enzimática cai significativamente. (SHASTRI, 2016). Como observado em β -glicosidase isoladas de *P. funiculosum*, (pH 4,8) (CASTRO et al., 2010), *P. citrinum* (pH 5,0) (DUTTA et al., 2008).

3 | OBTENÇÃO DE CELULASES MICROBIANAS

As celulases microbianas podem ser produzidas por bactérias, fungos e actinobactérias por estática e agitando o meio de cultura (MOHITE; PATIL, 2016). As duas principais estratégias para a produção de celulases por micro-organismos são a

fermentação no estado sólido (FES) e a fermentação submersa (FS) (KASANA et al., 2008). A produção comercial de celulasas realizadas por FES e FS contêm celulose em diferentes graus de pureza, ou como substratos lignocelulósicos brutos (SUKUMARAN; SINGHANIA; PANDEY, 2005).

A produção de celulase é possível tanto com o uso de fermentação submersa e de estado sólido. Existem muitas pesquisas sobre a produção microbiana de celulasas utiliza tecnologia de fermentação submersa (FS) e o organismo amplamente estudado usado na produção de celulase é *T. reesei*. A fermentação submersa destaca-se por ser uma técnica favorável em muitos casos, sendo fácil de manusear e monitorar as variáveis. Essa técnica provou ser vantajoso em escala industrial por produzir muitas enzimas úteis. (CHAKRABORTY et al., 2019).

Já a fermentação em estado sólido (FES) para produção de celulasas está rapidamente ganhando interesse como uma tecnologia econômica, pois desencadeia uma redução de dez vezes no custo comparando a FS, sendo que para produção industrial de enzimas também se aplica na tecnologia para produção de celulase. (SUKUMARAN; SINGHANIA; PANDEY, 2005). FES é uma técnica utilizada para produzir produtos de alto valor final sendo comum a utilização de resíduos agroindustriais e nutrientes (CHAKRABORTY et al., 2019).

Sendo assim comparando as duas técnicas podemos afirmar que FS é o método mais utilizado para a produção de enzimas, pois oferece vantagens como um biorreator bem desenvolvido, equipado com técnicas de monitoramento e controle; no entanto esse método tem rendimento moderado, com alto custo e gerar grandes quantidades de água como resíduo, já a FES supera as desvantagens por obter vantagens econômicas em que requer substrato de baixo custo, como resíduos lignocelulósicos e fornece uma plataforma para melhor interação de microrganismos e um substrato que resulta em maior concentração enzimática (ARORA; RANI; GHOSH, 2018).

Utilizando as duas técnicas existem uma grande variedade de microrganismos (várias espécies de fungos e bactérias) que foram aplicados até a fonte de celulasas microbianas tabela 1.

Microrganismos	Métodos
<i>Aspergillus niger</i> A 20	FS
<i>A. niger</i> NRRL3	FES
<i>Bacillus pumilus</i>	FS
<i>Bacillus sp</i> KSM N252	FS
<i>B. subtilis</i>	FES
<i>B. subtilis</i>	FES
<i>Chaetomium thermophilium</i> CT2	FS
<i>Melnocarpus albomyces</i> Mixed culture: <i>T. reesei</i> ,	FS
<i>A. niger</i>	FES

<i>Mucor circinelloidens</i>	FS
<i>Neurospora crassa</i>	FS
<i>Penicillium decumbans</i>	FES
<i>P. occitanis</i>	FS
<i>P. janthinellum</i>	FS
<i>Phaenerocheate chrysosporium</i>	FS
<i>Rhodothermus marinus</i>	FS
<i>Streptomyces sp T3-1</i>	FS
<i>S. drodowiczii</i>	FS
<i>Thermoascus auranticus</i>	FES
<i>Thermotoga marítima</i>	FS
<i>T. reesei</i>	FS
<i>T. reesei RUT C30</i>	FS
<i>T. reesei RUT C30</i>	FS
<i>T. reesei ZU 02</i>	FES
<i>T. reesei ZU-02</i>	FS
<i>T. viridae</i>	FS

Tabela 1. Produção de celulase – Métodos e microrganismos

Fonte: Adaptado por Sukumaran et.al

4 | PURIFICAÇÃO

Sabe-se que o interesse por processos de purificação de biomoléculas está intimamente ligado ao desenvolvimento da biotecnologia e às demandas industriais de diferentes indústrias, tais como, alimentos, farmacêutica e química. Os processos de purificação são dados por etapas e isso por sua vez ao longo dos anos vem sendo discutidos por vários pesquisadores. Silva et al. (2018) purificaram uma endoglucanase halotolerante de *Botrytis ricini* URM 5627 em duas etapas, fracionamento salino com sulfato de amônio e cromatografia de exclusão por tamanho em uma coluna Sephacryl S-100 (60x0,5 cm), pré-equilibrada com tampão acetato de sódio (0,1 M, pH 5), com recuperação final de 48,22%, a enzima apresentou peso molecular de 39 kDa. Celulases de *Pleurotus ostreatus* e *Cellulomonas uda* NCIM 2353 também foram purificadas por cromatografia de exclusão por tamanho, usando colunas Sephadex G-100 (Okereke et al. 2017; Swathy et al. 2019).

Mudasir et al. (2019) purificaram uma celulase de *Bacillus tequilensis* G9 em quatro etapas de purificação, precipitação com sulfato de amônio, precipitação com acetona, diálise e cromatografia de troca iônica usando uma coluna dietilaminoetil (DEAE) - celulose (25x2 cm) equilibrada com tampão fosfato salino (20 mM, pH 7,4), as frações foram eluídas com um gradiente linear de NaCl (0,1 - 0,5M), com rendimento final de 10% a enzima apresentou 43 kDa de peso molecular. A cromatografia de troca iônica ainda foi usada por Mohapatra et al. (2018) e Prajapati et al. (2018) para purificar celulase de *Aspergillus fumigatus* (CWSF-7) e *Aspergillus tubingensis*, utilizando as colunas Sepharose G100 e

DEAE celulose-52, respectivamente.

Liu et al. (2019) purificaram uma celulase de *Bacillus velezensis* A4 por sistema aquoso de bifásico (SAB) usando metodologia de superfície de resposta. Observaram que as variáveis peso molecular do polietilenoglicol (PEG), a concentração do PEG e o pH afetam significativamente a taxa de recuperação e o fator de purificação. A recuperação máxima da enzima foi 67,8% e o fator de purificação 1,14, encontrados nas condições de PEG 4000 (20,75%, p/p), K_2HPO_4 (8,5%, p/p), pH 8,5. O peso molecular da celulase foi 35 kDa. Ho et al. (2017) também purificaram uma carboximetil celulase (CMCase) de *Bacillus subtilis* por SAB de PEG/citrato de sódio.

Bernardes et al. (2019) purificaram uma celulase clonada, por cromatografia de afinidade metálica. Usaram uma coluna His-trap HP equilibrada com tampão A (TRIS 20mM, pH 7,5, NaCl 300mM, glicerol 5%, fluoreto de fenilmetanossulfonil 1mM e β -mercaptoetanol 4,3M), as eluições de proteínas foram realizadas com um gradiente de imidazol usando o tampão B (TRIS 20 mM pH 7,5, NaCl 150 mM, imidazol 300 mM, glicerol 5% e β -mercaptoetanol 4,3 M). Por fim, utilizaram uma cromatografia de gel filtração em sistema FPLC, conectado a uma coluna Superdex 75. Além disso, Maleki et al. (2020) purificaram duas celulases clonadas por cromatografia de afinidade utilizando o Kit Ni-NTA Fast Start.

5 | APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS

As celulases possuem um grande potencial biotecnológico, podendo ser empregadas em diferentes indústrias. No refino e na modelagem da polpa de celulose, se reduz de 20-40% do gasto de energia e se produzem menos detritos sólidos quando são utilizadas celulases, além de facilitar a remoção de pigmentos da polpa e do papel, além de auxiliar na secagem da celulose sem comprometer a resistência e a clareza do mesmo, podendo até melhorar esses processos, diminuindo ou eliminando o uso de bases nos processos de fabricação e prevenindo amarelamento, como documentado para as celulases dos fungos *Aspergillus niger* e *Trichoderma sp.* (KUHAD, GUPTA et al., 2011; PERE et al., 2001; BHAT, 2000; MAI; EFRATI et al., 2013). Celulases ativas em pH ácido são mais eficientes no bioprocessamento de celulose que aquelas básicas ou neutras (BHAT, 2000). Celulases podem ser usadas na produção de papel higiênico, papel toalha, papelão e na remoção de papel aderido (HSU & LAKHANI, 2002; SHARYO et al., 2002; ZHANG et al., 2013; LIU & HU, 2012).

O uso de celulases na fabricação de jeans apresenta vantagens sobre o processo tradicional de polimento como maior eficiência do maquinário, menor danificação das fibras, menor impacto ambiental e menos trabalho manual (KUHAD, GUPTA & SINGH, 2011). Celulases também facilitam o processamento de tecidos celulósicos amalgamando ou não com fibra sintética, removendo imperfeições na superfície dos tecidos, sujidades

presas entre as fibras, aumentando brilho e maciez (KUHAD, GUPTA & SINGH, 2011; SHARMA et al., 2016). Celulases dos fungos *Aspergillus Niger* e *Trichoderma reesei* já foram usadas no processamento de tecidos de algodão e daqueles compostos por algodão e poliéster respectivamente (NOREEN et al., 2014), bem como na remoção de partículas indesejas na fabricação de lã bruta, substituindo o uso de ácido sulfúrico, que é corrosivo, perigoso e poluente (SHARMA et al., 2016; SHAH, 2013). Um complexo com atividade celulolítica isolado de fungo do gênero *Neocallimastix* foi aplicado à fabricação de pão, diminuindo esfarelamento, tornando-o mais macio e de fácil mastigação (YURDUGUL et al., 2012).

Usando digestão anaeróbica e fermentação fúngica aeróbica, foi possível, através da ação combinada de celulases e amilases sobre palha de milho e estrume, obter biodiesel com grade eficácia de maneira sustentável (ZHONG et al., 2015). São usados resíduos vegetais tratados com enzimas celulósicas para enriquecer o solo, diminuindo utilização de fertilizantes minerais (TEJADA et al., 2008; ESCOBAR & HUE, 2008). Resíduos da agroindústria, geralmente sem valor comercial, são usados para fins importantes, como por exemplo, a obtenção de enzimas, açúcares, biocombustíveis e fontes para fermentação de microrganismos (KUHAD, GUPTA & SINGH, 2011; MILALA et al., 2005; ABU et al., 2000).

As celulases se mostraram capazes de facilitar a obtenção com grande rendimento de polifenóis com atividade antioxidante, servindo como carreadores de radicais livres, combatendo processos relacionados a diferentes doenças (HUANG et al., 2008; BHANJA, KUMARI & BANERJEE, 2009; DO et al., 2009; SHARMA et al., 2016). Celulases podem ser usadas na extração de carotenoides de vegetais para utilização como corantes, que são naturais e que possuem propriedades benéficas para a saúde (SHARMA et al., 2016). A indústria também já desenvolve suplementos alimentares contendo celulase, para combater algumas desordens metabólicas (KARMAKAR et al., 2011). O consumo de diversos alimentos leva à ingestão de fibra não digerível pelo ser humano, fibras que podem servir de suporte para bactérias no intestino (SHARMA et al., 2016).

6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado nessa revisão de literatura, vários trabalhos abordam o grande interesse na obtenção e utilização das celulases em aplicações industriais bem como biotecnológicas, tais como, indústrias alimentícias, têxtil, ração animal, farmacêuticos, produtos químicos, produção de biocombustíveis, entre outros. Mesmo em meio aos obstáculos, que estão intimamente ligados aos custos na produção, bem como na possível reutilização desse catalisador biológico muitos esforços pela redução de custos na produção de enzimas tem proporcionado o aumento das pesquisas na sua produção através da utilização de cepas microbianas associadas às técnicas de fermentação. No

que diz respeito a utilização de técnicas de purificação de celulases, muitos estudos vem sendo realizados para o desenvolvimento e ampliação de metodologias que apresentem baixo custo, alto rendimento e maior pureza.

Diante disso vê-se a importância de abordar e revisar essa temática, uma vez que muitos esforços vêm sendo realizados a fim de ampliar e fomentar essas linhas de pesquisa que tanto cresce no âmbito científico e biotecnológico.

REFERÊNCIAS

- Abu et al., **Cellulase production from sorghum bran by *Aspergillus niger* SL:1: an assessment of pretreatment methods**, Commercialization and Food Security (ICBCFS '00), pp. 153–159, Abuja, Nigeria, 2000.
- AKRAM, F. HAQ, I. UL. IMRAM, W. MUKHTAR, H. **Insight perspectives of thermostable endoglucanases for bioethanol production: A review**. Renewable Energy 122 (2018) 255-238.
- ARORA, S.; RANI, R.; GHOSH, S. **Bioreactors in solid state fermentation technology : Design , applications and engineering aspects**. Journal of Biotechnology, v. 269, n. January, p. 16–34, 2018.
- BERNARDES, A., PELLEGRINI, V.O.A., CURTOLO, F., CAMILO, C.M., MELLO, B.L., JOHNS, M.A., SCOTT, J.L., GUIMARAES, F.E.C., POLIKARPOV, I. **Carbohydrate binding modules enhance cellulose enzymatic hydrolysis by increasing access of cellulases to the substrate**. Carbohydrate Polymers, v.211, p.57-68, 2019.
- BHAT, MK14538100. **Cellulases and related enzymes in biotechnology**. Biotechnology advances, v. 18, n. 5, p. 355-383, 2000.
- BHANJA, TAPATI; KUMARI, ANJALI; BANERJEE, RINTU. **Enrichment of phenolics and free radical scavenging property of wheat koji prepared with two filamentous fungi**. Bioresource Technology, v. 100, n. 11, p. 2861-2866, 2009.
- Castro, M. A. Carvalho, A. L. A. Leite, S. G. F. Pereira Jr. N. **Cellulases from *Penicillium funiculosum*: production, properties and application to cellulose hydrolysis**. J Ind Microbiol Biotechnol (2010) 37: 151-158
- CHAKRABORTY, S.; YADAV, G.; SAINI, J. K.; KUHAD, R. C. **Comparative Study of Cellulase Production Using Submerged and Solid-State Fermentation**. Springer, Cham n. abril, p. 99-113, 2019.
- DAR, M. A., PAWAR, K. D., RAJPUT, B. P., RAHI, P., PANDIT, R. S. **Purification of a cellulase from cellulolytic gut bacterium, *Bacillus tequilensis* G9 and its evaluation for valorization of agro-wastes into added value byproducts**. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v.20, p.101219, 2019.
- DASHTBAN, M. SCHRAFT, H. QIN, W. **Fungal Bioconversion of lignocellulosic residues: Opportunities e Perspectives**. Int. J. Biol. Sci. 2009, 5.
- DO, YOUN-KYUNG et al. **Enhancement of polyphenol bio-activities by enzyme reaction**. Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 56, n. 2-3, p. 173-178, 2009.
- DUTTA, T. SAHOO, R. SENGUPTA, R. RAY, S. S. BHATTACHARJEE, S. G. **Novel cellulases from an extremophilic filamentous fungi *Penicillium citrinum*: Production and characterization**. J. Ind Microbiol Biotechnol (2008) 35: 275-282

HAN, Y. CHEN, H. **Biochemical characterization of a maize stove β -exoglucanase and its use in lignocellulose conversion.** *Bioresource Technology* 101 (2010) 6111-6117.

HANIF, A. YASMEEN, A. RAJOKA, M. I. **Induction , production, repression, and de-repression of exoglucanase synthesis in *Aspergillus niger*.** *Bioresource Technology* 94 (2004) 311-319.

HO, S. L., LAN, J. C. W., TAN, J. S., YIM, H. S., NG, H. S. **Aqueous biphasic system for the partial purification of *Bacillus subtilis* carboxymethyl cellulase.** *Process Biochemistry*, v.58, p.276-281, 2017.

HSU, JAY C.; LAKHANI, NAUMAN N. **Method of making absorbent tissue from recycled waste paper.** U.S. Patent n. 6,413,363, 2 jul. 2002.

HUANG, D. et al. **The health-promoting function and the application of konjac mannooligosaccharides (KMOS).** *Food Science and Technology (China)*, v. 10, n. 10, p. 159-161, 2007.

KARMAKAR, M. et al. **Current trends in research and application of microbial cellulases.** *Res J Microbiol*, v. 6, n. 1, p. 41-53, 2011.

KASANA, R. C.; SALWAN, R.; DHAR, H.; DUTT, S.; GULATI, A. **A Rapid and Easy Method for the Detection of Microbial Cellulases on Agar Plates Using Gram's Iodine.** *Current Microbiology*, v. 57 (5), n. Setembro, p. 503-507, 2008.

KUHAD, RAMESH CHANDER; GUPTA, RISHI; SINGH, AJAY. **Microbial cellulases and their industrial applications.** *Enzyme research*, v. 2011, 2011.

LIU, JUN; HU, HUIREN. **The role of cellulose binding domains in the adsorption of cellulases onto fibers and its effect on the enzymatic beating of bleached kraft pulp.** *BioResources*, v. 7, n. 1, p. 0878-0892, 2012.

LIU, Y., GUO, H., GU, J., QIN, W. **Optimize purification of a cellulase from *Bacillus velezensis* A4 by aqueous two-phase system (ATPS) using response surface methodology.** *Process Biochemistry*, v.87, p.196-203, 2019.

MAI, C.; KÜES, U.; MILITZ, H. **Biotechnology in the wood industry.** *Applied microbiology and biotechnology*, v. 63, n. 5, p. 477-494, 2004.

MALEKI, M., SHAHRAKI, M. F., KAVOUSI, K., ARIAEEENEJAD, S., SALEKDEH, G. H. **A novel thermostable cellulase cocktail enhances lignocellulosic bioconversion and biorefining in a broad range of pH.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 154. P. 349-360, 2020.

MILALA, M. A. et al. **Studies on the use of agricultural wastes for cellulase enzyme production by *Aspergillus niger*.** *Research journal of agriculture and biological sciences*, v. 1, n. 4, p. 325-328, 2005.

MOHAPATRA, S., PADHY, S., MOHAPATRA, P. K. D., THATOI, H. N. **Enhanced reducing sugar production by saccharification of lignocellulosic biomass, *Pennisetum* species through cellulase from a newly isolated *Aspergillus fumigatus*.** *Bioresource Technology*. v. 253, p.262-272, 2018.

MOHITE, B. V; PATIL, S. V. **Impact of Microbial Cellulases on Microbial Cellulose Biotechnology. *Novos e futuros*** *Desenvolvimentos em Biotecnologia Microbiana e Bioengenharia*. n. Agosto, p. 31-40, 2016.

NOREEN, HAFIZA et al. **Optimization of bio-polishing of polyester/cotton blended fabrics with cellulases prepared from *Aspergillus niger*.** 2014.

O.E OKEREKE, H.O AKANYA, E.C EGWIM. **Purification and characterization of an acidophilic cellulase from *Pleurotus ostreatus* and its potential for agrowastes valorization.** *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. v.12, p.253-259, 2017.

- PERE, Jaakko et al. **Action of purified *Trichoderma reesei* cellulases on cotton fibers and yarn.** Journal of biotechnology, v. 89, n. 2-3, p. 247-255, 2001.
- PRAJAPATI, B. P., SURYAWANSHI, R. K., AGRAWAL, S., GHOSH, M., KANGO, N. **Characterization of cellulase from *Aspergillus tubingensis* NKBP-55 for generation of fermentable sugars from agricultural residues.** Bioresource Technology. v. 250, p.733-740, 2018.
- QIN, Y. WEI, X. SONG, X. QU, Y. **Engineering endoglucanase II from *Trichoderma reesei* to improve the catalytic efficiency at a higher pH optimum.** Journal of Biotechnolog 135 (2008) 190-195.
- ROSA, P. S. S. SOUZA, A. L. ROQUE, R. A. ANDRADE, E. V. FILHO, S. A. MOTA, A. J. SILVA, C. G. N. **Production of thermostable β -glucosidase and CMCase by *Penicillium* sp. LMI01 isolated from the Amazon region.** Electronic Journal of Biotchnology 31 (2018) 84-92.
- SHARMA, Amita et al. **Cellulases: classification, methods of determination and industrial applications.** Applied biochemistry and biotechnology, v. 179, n. 8, p. 1346-1380, 2016.
- SHARYO, Masaki et al. **Method of making sanitary paper from chemical pulp using a single component cellulase that does not contain cellulose-building domain.** U.S. Patent n. 6,468,391, 22 out. 2002.
- SHASTRI, Y. FENILA, F. **Optimal control of enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass.** Resource-Efficient Technologies 2 (2016) S96-S104.
- SILVA, T. P. ALBUQUERQUE, F. S. SANTOS, C. W. V. FRANCO, M. CAETANO, L. C. PEREIRA, H. J. V. **Production, purification, characterization and application of a new halotolerant and thermostable endoglucanase of *Botrytis ricini* URM 5627.** Bioresource Technology 270 (2018) 263-269.
- SUKUMARAN, R. K.; SINGHANIA, R. R.; PANDEY, A. **Microbial cellulases Production , applications and challenges.** Journal of Scientific & Industrial Research, v. 64, n. November, p. 832–844, 2005.
- SUN, Y.; CHENG, J. **Hidrolisis of lignocellulosic materials for ethanol production: a review.** Bioresource Technology, v. 83, p.1-11, 2002.
- SWATHY, R., RAMBABU, K., BANAT, F., HO, S. H., CHU, D. T., SHOW, P. L., **Production and optimization of high grade cellulase from waste date seeds by *Cellulomonas uda* NCIM 2353 for biohydrogen production.** International Journal of Hydrogen Energy, 2019.
- YON,L.W.;ANG,N.T.;NGOH,G.C.;**CHUA,M.S.A.Fungal solid-state fermentation and various methods of enhancement in cellulase production.** Biomass and Bioenergy,v.67,p.319-338.
- YURDUGUL, SEYHUN et al. **The influence of a cellulase bearing enzyme complex from anaerobic fungi on bread staling.** Rom Agric Res, v. 29, p. 2067-5720, 2012.
- WANG, C.H. CHEN, Y.C. HSEU, R.S. **Purification and characterization of a cellulolytic multienzyme complex produced by *Neocallimastix patriciarum* J11.** Biochemical and Biophysical Research Communications 451 (2014) 190-195.
- WATANABE, H. TOKUDA, G. **Cellulolytic Systems in Insects.** Annu. Rev. Entomol. 2010. 55: 609-32.
- ZHANG, ZHENG-JIAN et al. **The beatability-aiding effect of *Aspergillus niger* crude cellulase on bleached simao pine kraft pulp and its mechanism of action.** BioResources, v. 8, n. 4, p. 5861-5870, 2013.
- ZHONG, YUAN et al. **A self-sustaining advanced lignocellulosic biofuel production by integration of anaerobic digestion and aerobic fungal fermentation.** Bioresource technology, v. 179, p. 173-179, 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

BENEDITO RODRIGUES DA SILVA NETO - Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade do Estado de Mato Grosso (2005), com especialização na modalidade médica em Análises Clínicas e Microbiologia (Universidade Candido Mendes - RJ). Em 2006 se especializou em Educação no Instituto Araguaia de Pós graduação Pesquisa e Extensão. Obteve seu Mestrado em Biologia Celular e Molecular pelo Instituto de Ciências Biológicas (2009) e o Doutorado em Medicina Tropical e Saúde Pública pelo Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública (2013) da Universidade Federal de Goiás. Pós-Doutorado em Genética Molecular com concentração em Proteômica e Bioinformática (2014). O segundo Pós doutoramento foi realizado pelo Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Aplicadas a Produtos para a Saúde da Universidade Estadual de Goiás (2015), trabalhando com o projeto Análise Global da Genômica Funcional do Fungo *Trichoderma Harzianum* e período de aperfeiçoamento no Institute of Transfusion Medicine at the Hospital Universitätsklinikum Essen, Germany. Seu terceiro Pós-Doutorado foi concluído em 2018 na linha de bioinformática aplicada à descoberta de novos agentes antifúngicos para fungos patogênicos de interesse médico. Palestrante internacional com experiência nas áreas de Genética e Biologia Molecular aplicada à Microbiologia, atuando principalmente com os seguintes temas: Micologia Médica, Biotecnologia, Bioinformática Estrutural e Funcional, Proteômica, Bioquímica, interação Patógeno-Hospedeiro. Sócio fundador da Sociedade Brasileira de Ciências aplicadas à Saúde (SBCSaúde) onde exerce o cargo de Diretor Executivo, e idealizador do projeto “Congresso Nacional Multidisciplinar da Saúde” (CoNMSaúde) realizado anualmente, desde 2016, no centro-oeste do país. Atua como Pesquisador consultor da Fundação de Amparo e Pesquisa do Estado de Goiás - FAPEG. Atuou como Professor Doutor de Tutoria e Habilidades Profissionais da Faculdade de Medicina Alfredo Nasser (FAMED-UNIFAN); Microbiologia, Biotecnologia, Fisiologia Humana, Biologia Celular, Biologia Molecular, Micologia e Bacteriologia nos cursos de Biomedicina, Fisioterapia e Enfermagem na Sociedade Goiana de Educação e Cultura (Faculdade Padrão). Professor substituto de Microbiologia/Micologia junto ao Departamento de Microbiologia, Parasitologia, Imunologia e Patologia do Instituto de Patologia Tropical e Saúde Pública (IPTSP) da Universidade Federal de Goiás. Coordenador do curso de Especialização em Medicina Genômica e Coordenador do curso de Biotecnologia e Inovações em Saúde no Instituto Nacional de Cursos. Atualmente o autor tem se dedicado à medicina tropical desenvolvendo estudos na área da micologia médica com publicações relevantes em periódicos nacionais e internacionais. Contato: dr.neto@ufg.br ou neto@doctor.com

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agentes de Controle 84
Alcaloides 3, 7, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 20
Álcool Gel 83, 84, 85, 88, 89, 90
Allium Cepa 18, 19, 21, 25, 29, 30, 31, 32, 33
antibióticos 16, 92, 99
Antibióticos 92
Antigenicity 58
Antimicrobial Subinhibitory Concentrations. 67
Antimicrobiano 1, 2, 6, 9, 12, 13, 83, 88, 89, 93
Antissepsia 83, 84, 89
Artemia Salina 18, 19, 21, 24, 26, 31, 33, 34

B

Bacteroides Fragilis 66, 67, 68, 73, 74, 81, 82
Bioativos 3, 18, 19, 20, 29, 31
Bovinos 92

C

Corynebacterium Pseudotuberculosis 57, 58, 59, 63, 64
Criptococose 35, 48, 49, 50, 52, 53
Cryptococcus Neoformans 35, 36, 40, 42, 53, 54, 55, 56
Cytokines 58, 59, 60, 62, 63, 64

E

Endoglucanase 101, 102, 103, 105, 110
Exoglucanase 101, 109
Extrato Orgânico 12

F

Fermentação 101, 102, 104, 107
Fitoquímica 1, 4, 7, 10, 12, 14, 15, 17

J

Jatobá 1, 2, 3, 4, 7, 9

M

Microbiota 81, 91, 92, 93, 95, 97

Microrganismos 7, 2, 14, 43, 44, 47, 83, 84, 85, 88, 89, 101, 102, 104, 105, 107

Mycobacterium Tuberculosis 57, 58, 64

P

Pathogenicity 35, 58, 66, 67, 68, 69, 73, 76, 77, 78, 80

Plantas Aquáticas 19, 33

Plantas Medicinais 2, 3, 9, 10, 11, 17, 20, 21, 30, 31

Purificação 101, 102, 105, 106, 108

R

Resistência 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99

S

Staphylococcus Aureus 1, 2, 10, 11, 14

T

Toxicidade 12, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 36, 51, 52

Tracto Gastrointestinal 91, 92, 93, 95, 96

Tratamento 3, 4, 9, 13, 18, 20, 21, 25, 26, 30, 35, 36, 48, 50, 52, 67, 113

Tuberculosis 19, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 113

V

Virulência 9, 35, 36, 38, 39, 43, 44, 46, 47, 48, 113

 **Atena**
Editora

2 0 2 0